

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**VINICIUS PEDRO CARRARA**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE  
LABORATÓRIO**

**Princípios Básicos**

**BAURU**

**2009**

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**VINICIUS PEDRO CARRARA**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE  
LABORATÓRIO  
Princípios Básicos**

Monografia apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Profa.Dra.Sirlei Roca

**BAURU**

**2009**

C313g	<p data-bbox="673 1293 987 1329">Carrara, Vinicius Pedro</p> <p data-bbox="673 1367 1398 1499">Gerenciamento de resíduos químicos de laboratório : princípios básicos / Vinicius Pedro Carrara – 2009. 34f.</p> <p data-bbox="724 1539 1190 1572">Orientador: Profa. Dra. Sirlei Roca.</p> <p data-bbox="673 1610 1352 1743">Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP.</p> <p data-bbox="673 1797 1398 1896">1. Resíduos químicos. 2. Disposições finais. 3. Frascos. 4. Norma. 5. Tratamento. I.Roca, Sirlei. II. Título.</p>
-------	--

**VINICIUS PEDRO CARRARA**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE  
LABORATÓRIO  
Princípios Básicos**

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química, sob orientação da Profa.Dra.Sirlei Roca.

---

Profa.Dra. Sirlei Roca  
Universidade do Sagrado Coração

---

Profa.Dra. Márcia Zeferino  
Universidade do Sagrado Coração

---

Profa.Ms. Setsuko Sato  
Universidade do Sagrado Coração

DATA: 25/06/2009

Dedico este trabalho aos meus pais Valdeir Carrara e Marlene da Silva Carrara, aos meus tios Odair F. Andrade e Sirlei Ap. da Silva Andrade, a minha esposa Amanda Marcolino Carrara , aos meus irmãos, primos e avós pelo incentivo, confiança e que durante as dificuldades de toda a jornada me incentivaram e apoiaram , sem jamais deixar de acreditar em meu sonho

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, o nosso grande criador, pelo dom da vida que ele me concedeu, pela força e sustento em toda a minha vida, pois sem ele nada seria.

Aos meus pais, pelo carinho, amor, amizade, formação e base familiar que me forneceram, sempre me incentivando, educando e me preparando para ser um cidadão de respeito e caráter.

Aos meus tios que durante todos esses anos, me orientaram e me ampararam nos momentos de dificuldades, a todo o apoio e carinho sempre que necessitei, guardo a vocês uma dívida de gratidão eterna.

A minha mulher pela compreensão e incentivo durante todos esses anos me ajudando nos momentos de maior dificuldade.

A orientadora e Profa.Dra. Sirlei Roca , o meu agradecimento pela amizade,ensinamento e orientação na elaboração desse trabalho.

“Determinação coragem e auto confiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

## RESUMO

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre gerenciamento e descarte de resíduos químicos de laboratório, para que este possa ser usado como material de referência para empresas, instituições de ensino e para a população em geral. Verificou-se que uma enorme quantidade de reagentes e soluções químicas são potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e são descartadas de maneira incorreta. Pode-se constatar que qualquer material ou substância química que não possa ser mais utilizada na fonte geradora, passa a ser imediatamente um potencial candidato a resíduo químico. Como no caso de resíduos químicos de laboratórios não há uma legislação específica para a classificação, para o tratamento e a disposição dos mesmos, deve-se usar a norma NBR 10004:2004. Para a identificação dos frascos contendo resíduos, é adotada a simbologia conhecida como Diagrama de Hommel ou Diagrama do Perigo, onde cada um dos losangos expressa um tipo de risco, aos quais serão atribuídos graus de risco variando entre 0 e 4. Para o acondicionamento, é de grande importância que os resíduos químicos sejam armazenados em recipientes compatíveis. Se o material é colocado em um recipiente inadequado, este pode se desintegrar ou romper-se, como exemplo, soluções básicas devem ser armazenadas em frascos plásticos. Frascos limpos podem ser reutilizados ou enviados para reciclagem e jamais devem ser reutilizados novamente para estocar água potável, refrigerante ou guardar água na geladeira. As disposições finais mais comuns para os resíduos são aterro sanitário, incineração e coprocessamento.

**Palavras chave:** Resíduos Químicos, Disposições Finais, Frascos, Norma, Tratamento.



## ABSTRACT

There was a literature search about management and disposal of chemical waste from laboratories, to be used as reference material for businesses, educational institutions and for the general population. It was found that a huge amount of reagents and chemical solutions are potentially harmful to the environment and are discarded so wrong. You can see that any material or substance which can not be used in generating source, immediately becomes a potential candidate for chemical residue. As in the case of chemical waste from laboratories there is no specific legislation for classification, for the treatment and disposal of them should be used with standard NBR 10004:2004. For the identification of waste containing bottles, it adopted the symbology known as Hommel chart or diagram of the hazard, where each diamond expresses a kind of risk, which will be awarded degrees of risk ranging from 0 to 4. For packaging, is of great importance that the chemical waste are stored in containers compatible. If the material is placed in an improper container, it can disintegrate or break up, for example, basic solutions should be stored in plastic bottles. Cleaned bottles can be reused or sent for recycling and should never be used again to store drinking water, soda water or store in refrigerator. The final provisions for the most common waste are landfill, incineration and coprocessors.

Keywords: Chemical Waste, Final Disposal, Bottles, Standard, Treatment

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 ORIGEM DOS RESÍDUOS QUÍMICOS .....	12
3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS (NBR 10004:2004) .....	13
4 INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DOS PRODUTOS QUÍMICOS .....	15
4.1 FISPQ.....	15
4.2 Diagrama de Hommel.....	16
5 FORMAS DE DESCARTE DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE LABORATÓRIO	20
5.1 Eliminação através de lixo comum .....	20
5.2 Descarte em aterro de resíduos classe I .....	20
5.3 Resíduos que podem ser descartados diretamente na pia .....	21
5.4 Resíduos que não devem ser descartados diretamente na pia:.....	23
6 REAPROVEITAMENTO E FORMAS DE ESTOCAGEM SEGURA DE RESÍDUOS QUÍMICOS .....	24
6.1 Reciclagem de reagentes.....	24
6.2 Segregação e acondicionamento dos resíduos químicos .....	25
7 FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DOS FRASCOS.....	27
8 ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS NO LABORATÓRIO.....	28
9 DISPOSIÇÃO FINAL PARA OS RESÍDUOS .....	29
9.1 Aterros Sanitários .....	29
9.2 Incineração.....	30
9.3 Co processamento .....	31
10 CONCLUSÃO.....	33
11 REFERENCIAS .....	34

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Berleze et al (2001) resíduo é considerado todo material que pode ser reaproveitado.

Também podemos considerar como material sem utilidade por seu possuidor e pode se tornar perigoso através da interação com outros materiais (UNESP, 2002).

Ultimamente têm-se falado com certa freqüência sobre resíduos, seu descarte, acúmulo e destino final, no Brasil e no mundo (JARDIM, 1998).

A geração de resíduos não é exclusividade das indústrias, pois em laboratórios de universidades, escolas e institutos de pesquisa também são gerados resíduos de elevada diversidade e volume reduzido, mas que podem representar em torno de 1% do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

De acordo com a Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 10004 são classificados como perigosos os resíduos químicos que pelas suas características de inflamabilidade, reatividade, corrosividade ou toxicidade podem apresentar risco à saúde pública e/ou efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma perigosa (ABNT, 1987).

A implementação de um programa de gestão de resíduos exige antes de tudo mudança de atitudes e, por isto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer a reeducação e uma persistência contínua. Portanto, além da Instituição, disposta a implementar e sustentar o programa, o aspecto humano é muito importante, pois o êxito depende muito da colaboração de todos os membros da unidade geradora (AFONSO et al., 2003).

Após o tratamento o que era resíduo químico transforma-se em produto químico recuperado, ficando disponível para reutilização.

Assim, a tomada de uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos químicos busca atingir os denominados 5 R: reduzir, reutilizar, recuperar, reaproveitar e reprojeter. Reduzir a quantidade de

produtos químicos utilizados, reprojetoando o desenho experimental, reutilizando-os após recuperá-los e reaproveitá-los (ALBERGUINI et al, 2003)

Na adoção de um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR), seja em uma empresa ou universidade, várias ações devem ser realizadas simultaneamente, de modo a tornar a atividade gerenciadora possível e eficaz. Primeiramente, é importante que, quando da sua implantação, um programa de gerenciamento contemple dois tipos de resíduos: o ativo, que é fruto das atividades rotineiras da unidade geradora e principal alvo de um programa de gerenciamento, e o passivo, que corresponde ao resíduo estocado, geralmente não caracterizado, aguardando a destinação final adequada.

Ressalta-se, no entanto, que a maioria das universidades não dispõe do passivo, o que facilita o estabelecimento de um programa de gerenciamento, mas, por outro lado, mostra o descaso com que o assunto vem sendo tratado até os dias atuais (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

Através de uma metodologia baseada em pesquisas bibliográfica, este trabalho visa desenvolver um material de consulta para empresas, instituições de ensino e a população em geral sobre a importância da segregação de resíduo químico e como cada um pode contribuir para um mundo melhor e com menos poluição através de um destino final adequado aos resíduos gerados.

## 2 ORIGEM DOS RESÍDUOS QUÍMICOS

Resíduos químicos é todo material (substância ou mistura de substâncias) com potencial de causar danos a organismos vivos, materiais, estruturas ou ao meio ambiente; ou ainda, que pode tornar-se perigoso por interação com outros materiais. (UFScar, 2009)

Micaroni (2008) diz que qualquer material ou substância que deixa de ter utilidade na Unidade Geradora, passa a ser uma fonte geradora de resíduo químico, como exemplos podem ser citados:

- Produtos de reações
- Amostras após análise
- Excesso de reagentes
- Reagentes vencidos
- Reagentes sem utilidade definida
- Embalagens de reagentes

Existem dois tipos de Resíduos: (MICARONI, 2008)

- Geração contínua: programa de gerenciamento de resíduos (substituição de reagentes, minimização de quantidades, de risco, etc);
- Passivo: levantamento e identificação dos resíduos não identificados.

Ainda segundo Micaroni (2008), o acúmulo de grande quantidade de reagentes estocados no laboratório e a grande variedade de misturas e reagentes de natureza variada (oxidantes, redutores, ácidos, bases) misturados pode levar ao risco de explosões e acidentes, além da imagem institucional da empresa ficar comprometida.

Todo laboratório deve ter um sistema ágil de controle de estoque e se possível, proceder as compras de reagentes segundo as necessidades. Embora isto acarrete um trabalho burocrático maior, subsidiará um armazenamento mais seguro. (JARDIM, 1998)

### 3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS (NBR 10004:2004)

De acordo com Micaroni (2008), no caso de resíduos químicos de laboratórios, não há uma legislação específica para a classificação, tratamento e a disposição, para este caso, deve-se usar a Norma NBR 10004:2004 para a classificação de resíduos sólidos.

Neste caso, ainda está incluso os líquidos que não podem ser tratados por sistema convencionais de tratamento de efluentes.

De acordo com a NBR 10004:2004, temos as seguintes classificações para resíduos sólidos:

- Classe I – Perigosos: listado nos anexos A ou B da NBR 10004:2004 ou com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Classe II – Não Perigosos:
  - IIA - Não Inertes: possui constituintes que são solubilizados em concentrações superiores às listadas no anexo G da NBR 10004:2004.
  - IIB – Inertes

Tanto os Resíduos da Classe I ou da IIA: necessitam de tratamento e/ou disposição final específicas.

Segundo a NBR 10004(2004) são considerados resíduos perigosos, os que apresentarem as seguintes características:

#### a) Resíduos perigosos

Apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Podendo ter características inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos . As características de cada classificação são descritas na Tabela 1 seguir.

Tabela 1. Características dos resíduos perigosos.

Classe	Característica
Inflamáveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Líquidos com ponto de fulgor &lt; 60°C</li> <li>▪ Sólidos que produzam fogo por fricção, absorção de umidade ou espontaneamente</li> <li>▪ Oxidante que possa liberar oxigênio e alimentar o fogo</li> <li>▪ Gás comprimido inflamável</li> </ul>
Corrosivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser aquoso e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou superior ou igual a 12,5 ou sua mistura com a água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução com pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5.</li> <li>▪ Ser líquido, ou quando misturado em peso equivalente de água, produzir líquido e corroer o aço, a uma temperatura de 55°C, a uma razão maior que 6,35 mm ao ano .</li> </ul>
Reativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instável e reage de forma violenta,</li> <li>▪ Reagir violentamente com a água.</li> <li>▪ Formar misturas potencialmente explosivas com a água.</li> <li>▪ Gerar gases, vapores e fumos tóxicos.</li> <li>▪ Possuir em sua constituição os íons CN<sup>-</sup> e S<sup>2-</sup>.</li> <li>▪ Ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante.</li> <li>▪ Ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 1 atm.</li> <li>▪ Ser explosivo.</li> </ul>
Tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extrato lixiviado com concentrações superiores às tabeladas no Anexo F da NBR 10004;</li> <li>▪ Considerar as substâncias da NBR 10004 tabeladas nos anexos: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ C – Substâncias que conferem periculosidade</li> <li>○ D – Substâncias agudamente tóxicas</li> <li>○ E – Substâncias tóxicas</li> </ul> </li> <li>▪ Ser letal ao Homem ou apresentar: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ DL<sub>50</sub> oral para ratos &lt; 50 mg/Kg;</li> <li>○ CL<sub>50</sub> inalação para ratos &lt; 2 mg/L;</li> <li>○ DL<sub>50</sub> dérmica para coelhos &lt; 200 mg/Kg</li> </ul> </li> </ul>
Patogênico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contêm microorganismos patogênicos, proteínas virais, DNA, RNA, organismos geneticamente modificados (OGM), plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas nocivas ao Homem, animais ou vegetais.</li> <li>▪ Resíduos de saúde: normas e leis específicas.</li> <li>▪ Resíduos de estações de tratamento de esgotos doméstico se os resíduos sólidos domiciliares não são classificados quanto à patogenicidade.</li> </ul>

Fonte: NBR 10004:2004

## 4 INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DOS PRODUTOS QUÍMICOS

Todo reagente químico deverá vir acompanhado da sua respectiva Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) , nesta ficha irá conter os dados técnicos referente ao produto e as medidas de segurança , primeiros socorros, reatividade e diversas informações importantes para a saúde e segurança das pessoas que irão manipular o reagente.

### 4.1 FISPQ

A Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) é de grande importância e utilidade e deverá ser sempre consultada, auxiliando na identificação dos frascos que contém os resíduos químicos e no preenchimento do Diagrama de Hommel. (MICARONI, 2008)

Estas fichas normalmente apresentam as seguintes informações: identificação do produto, composição, identificação de risco, medidas de primeiros socorros, medidas de combate a incêndio e tratamento de derramamento, manuseio e armazenamento, propriedades físico-químicas, informações toxicológicas, considerações sobre tratamento / disposição final e outras informações. (CETESB, 2009)

Micaroni (2008) comenta que a FISPQ deve conter 16 itens com as seguintes informações técnicas:

- Identificação do produto e da empresa;
- Composição e informações sobre ingredientes;
- Identificação dos perigos;
- Medidas de primeiro socorros;
- Medidas de combate a incêndio;
- Medidas de controle para derramamento ou vazamento;
- Manuseio e armazenamento;
- Controle de exposição e proteção individual;
- Propriedades físico-químicas;



- Estabilidade e reatividade;
- Informações toxicológicas;
- Informações ecológicas;
- Considerações sobre o tratamento e disposição;
- Informações sobre transporte;
- Regulamentações;
- Outras informações.

Na Figura 1 é possível ver uma FISPQ corretamente preenchida.


## 4.2 Diagrama de Hommel

De acordo com Alberguini et. al.(2003), a rotulagem para os frascos, pode ser adotada com a simbologia de risco da National Fire Protection Association (NFPA), dos EUA, também conhecida como Diagrama de Hommel, ou Diamante do Perigo (Figura 2). Nesta simbologia, cada um dos losangos expressa um tipo de risco, aos quais serão atribuídos graus de risco variando entre 0 e 4.

Cada cor refere-se a um tipo de risco:

- Branco: riscos específicos
- Amarelo: reatividade
- Vermelho: inflamabilidade
- Azul: danos a saúde

O Diagrama de Hommel ou Diamante do Perigo possui sinais de fácil reconhecimento e entendimento do grau de periculosidade das substâncias.,quanto mais elevado o número, maior o risco que o produto oferece ( ALBERGUINI et. al., 2003).

Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
1198	FORMALDEÍDO	
<b>Número de risco</b> 38	<b>Classe / Subclasse</b> 8	
<b>Sinônimos</b> ALDEÍDO FÓRMICO ; METANAL ; FORMALINA ; OXIMETILENO ; FORMALDEÍDO, SOLUÇÃO		
<b>Aparência</b> LÍQUIDO AQUOSO, SEM COLORAÇÃO, ODOIR IRRITANTE, AFUNDA E MISTURA COM ÁGUA		
<b>Fórmula molecular</b> HCOH / H2O / CH3OH		<b>Família química</b> ALDEÍDO
<b>Fabricantes</b> Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: <a href="#">ABQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química</a> : Fone 0800-118270 <a href="#">ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal</a> : Fone (11) 3081-5033 <a href="#">Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD</a> : Fone (11) 3826-6899 <a href="#">Programa Agrofit - Ministério da Agricultura</a>		

### MEDIDAS DE SEGURANÇA

#### !elp

#### Medidas preventivas imediatas

EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO.

#### Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

USAR ROUPA DE ENCAPSULAMENTO DE BORRACHA BUTÍLICA OU VITON E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.

RISCOS AO FOGO !elp
<b>Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão</b> EXTINGUIR COM ÁGUA, FO QUÍMICO SECO, ESPUMA DE ALCÓOL OU DÍOXÍDO DE CARBONO. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA.
<b>Comportamento do produto no fogo</b> COMBUSTÍVEL.
<b>Produtos perigosos da reação de combustão</b> PRODUZ VAPORES TÓXICOS.
<b>Agentes de extinção que não podem ser usados</b> DADO NÃO DISPONÍVEL.
<b>Limites de inflamabilidade no ar</b> Limite Superior: 7,3 % Limite Inferior: 7,0 %
<b>Ponto de fulgor</b> (CBS.2)
<b>Temperatura de ignição</b> 430,3 °C
<b>Taxa de queima</b> NÃO PERTINENTE
<b>Taxa de evaporação (éter=1)</b> DADO NÃO DISPONÍVEL.

Figura 1- Exemplo de FISPQ.  
(Fonte:CETESB, 2009)



Figura 2- Diagrama de Hommel  
(Fonte: ALBERGUINI et. al., 2003)

Com relação dos Riscos à Saúde, a escala de 0 a 4 indica:

- 4 - Letal
- 3 - Muito Perigoso
- 2 - Perigoso
- 1 - Risco Leve
- 0 - Material Normal

Já em relação aos Riscos Específicos tem-se:

- OX - Oxidante
- ACID - Ácido
- ALK - Álcali (Base)
- COR - Corrosivo
- W - Não misture com água

Quanto à Inflamabilidade, os códigos dão as seguintes informações:

- 4 - Abaixo de 23°C
- 3 - Abaixo de 38°C
- 2 - Abaixo de 93°C
- 1 - Acima de 93°C
- 0 - Não queima

E por fim, quanto à Reatividade tem-se:

- 4 - Pode explodir
- 3- Pode explodir com choque mecânico ou calor
- 2 - Reação química violenta
- 1 - Instável se aquecido
- 0 – Estável

## 5 FORMAS DE DESCARTE DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE LABORATÓRIO

Neste capítulo veremos as diversas formas de descarte dos resíduos químicos gerados nos laboratórios, quais poderão ser descartados diretamente na pia ou que necessitam de algum descarte específico.

### 5.1 Eliminação através de lixo comum

Em Micaroni (2008) os resíduos químicos, na forma sólida, que se assemelham aos resíduos domésticos podem ser descartados em lixo comum. Alguns exemplos são:

- Compostos com  $DL_{50} > 500$  mg/kg, não inflamáveis, não reativos, não corrosivos, não patogênicos e com toxicidade crônica baixa.
- Açúcares, amido, aminoácidos e sais de ocorrência natural, tais com: ácido cítrico e seus sais (de sódio, potássio, magnésio, cálcio, amônio).
- Ácido láctico e seus sais ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ).
- Fosfato, nitrato e cloreto de  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ .
- Sólidos inertes sem contaminação com produtos perigosos, tais como: cloretos de sódio e cálcio, sulfato de cálcio, alumina, amido, e sílica gel.

### 5.2 Descarte em aterro de resíduos classe I

Para os resíduos químicos perigosos – classe I, que estejam necessariamente no estado sólido, e para os quais não se dispõe de uma alternativa que cause menos impacto ambiental, este seria o descarte mais apropriado (MICARONI, 2008)

São passíveis de disposição neste tipo de aterro os resíduos cujos poluentes podem sofrer algum tipo de atenuação no solo, seja por processos de degradação, seja por processos de retenção (filtração, adsorção, troca iônica, etc).

Os resíduos inflamáveis, reativos e oleosos ou os que contêm poluentes orgânicos persistentes ou líquidos livres não podem ser dispostos em aterro de produtos perigosos.

Este tipo de disposição deve ser avaliado de forma bastante criteriosa, uma vez que, mesmo com toda as restrições construtivas o mesmo pode vir a causar impactos ambientais e a co-responsabilidade do gerador permanece, mesmo após o pagamento à empresa. É importante lembrar que a responsabilidade do gerador é permanente, devendo ele dar destino final para o resíduo gerado.

### **5.3 Resíduos que podem ser descartados diretamente na pia**

Micaroni (2008) nos diz que este tipo de descarte é o mais barato e pode ser o mais adequado para certos tipos de resíduos, mas deve-se tomar cuidado, pois existe várias restrições e os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, se o mesmo possuir tratamento com capacidade e tipo adequado, caso obedecerem às seguintes condições abaixo, de acordo com o decreto brasileiro de 1976:

- I. pH entre 6,0 (seis inteiros) e 10,0 (dez inteiros);
- II. temperatura inferior a 40° C (quarenta graus Celsius);
- III. materiais sedimentáveis até 20 ml/l (vinte mililitros por litro) em teste de 1(uma) hora em "cone Imhoff";
- IV. ausência de óleo e graxas visíveis e concentração máxima de 150 mg/l (cento e cinquenta miligramas por litro) de substâncias solúveis em hexano;
- V. ausência de solventes gasolina, óleos leves e substâncias explosivas ou inflamáveis em geral;

- VI. ausência de despejos que causem ou possam causar obstrução das canalizações ou qualquer interferência na operação do sistema de esgotos;
- VII. ausência de qualquer substância em concentrações potencialmente tóxicas a processos biológicos de tratamento de esgotos;
- VIII. concentrações máximas dos seguintes elementos, conjuntos de elementos ou substâncias:
  - 1000 mg/l: sulfato;
  - 1,5 mg/l: arsênico, cádmio, chumbo, cobre, cromo hexavalente, mercúrio, prata e selênio; ferro solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ );
  - 10,0 mg/l: fluoreto;
  - 5,0 mg/l: cromo total e zinco, fenol;
  - 4,0 mg/l: estanho;
  - 2,0 mg/l: níquel;
  - 1,0 mg/l: sulfeto
  - 0,2 mg/l: cianeto.

Conforme dados mostrados nas Tabelas 2 e 3, pode-se observar a relação total dos valores máximos permitidos para o descarte de resíduos químicos diretamente na rede de efluentes.

Tabela 2. Valores seguros para lançamento de efluentes para material orgânico

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloretoano	1,0 mg/L
Fenóis totais	0,5 mg/L

Fonte: CETESB, 2009.

Tabela 3. Valores seguros para lançamento de efluentes para material inorgânico.

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L
Bário total	5,0 mg/L
Boro total	5,0 mg/L
Cádmio total	0,2 mg/L
Chumbo total	0,5 mg/L
Cianeto total	0,2 mg/L
Cobre dissolvido	1,0 mg/L
Cromo total	0,5 mg/L
Estanho total	4,0 mg/L
Ferro dissolvido	15,0 mg/L
Fluoreto total	10,0 mg/L
Manganês dissolvido	1,0 mg/L
Mercúrio total	0,01 mg/L
Níquel total	2,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L
Prata total	0,1mg/L
Selênio total	0,30 mg/L
Sulfeto	1,0 mg/L
Zinco total	5,0 mg/L

Fonte: CETESB, 2009.

#### 5.4 Resíduos que não devem ser descartados diretamente na pia:

Em Micaroni (2008) cita-se os resíduos que não devem serem descartados diretamente na pia :

- Compostos com ponto de ebulição menor que 50°C não devem ser descartados na pia, mesmo que extremamente solúveis em água e pouco tóxicos;
- Resíduos corrosivos (ácido, base, ...)
- Patogênicos;
- Inflamáveis;
- Reativos;



## **6 REAPROVEITAMENTO E FORMAS DE ESTOCAGEM SEGURA DE RESÍDUOS QUÍMICOS**

Os resíduos não perigosos ou perigosos, preferencialmente devem ser tratados ou destruídos no próprio laboratório que os gerou. Fazer o tratamento químico indicado e descartar logo após o término do experimento, certificando-se da não toxicidade do descarte (UFScar, 2009).

Os resíduos químicos devem ser armazenados em recipientes compatíveis de acordo com suas propriedades. (USP, 2009b)

Segundo UNICAMP (2009a), em termos gerais, a hierarquia apresentada nada mais é do que uma série de atitudes, as quais serão apresentadas em uma ordem decrescente de prioridades:

1. Otimização da Unidade Geradora;
2. Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados;
3. Segregar e concentrar correntes de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora;
4. Reuso interno; ou externamente via transferência de resíduos;
5. Reciclar o componente material ou energético do resíduo;
6. Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento;
7. Dispor o resíduo de maneira segura;

### **6.1 Reciclagem de reagentes**

Em UNICAMP (2009b) está descrito que ao fazer a reciclagem, pode-se utilizar o resíduo ou a sua energia após submetê-lo a algum tipo de processamento. Os pré-tratamentos que se exigem na reciclagem de um resíduo são bem simples, utilizando normalmente a filtração e a destilação. Os resíduos naturalmente candidatos ao processo de reciclagem mais comuns são:

- a-) solventes

- b-) combustíveis em geral
- c-) óleos
- d-) resíduos ricos em metais, principalmente metais preciosos
- e-) ácidos e bases
- f-) catalisadores

De acordo com Micaroni (2008) a reciclagem pode ser realizada para vários tipos de resíduos químicos, dentre eles :

- solventes - exemplos: tolueno, etanol, acetato de etila, clorofórmio, etc.;
- metais preciosos – exemplos: prata, platina e ouro; e,
- metais tóxicos: mercúrio, chumbo e cádmio, dentre outros.

Mas normalmente a prática mostra que em mais de 90% dos casos, a única atividade praticada é a destilação, porém é interessante observar que as condições nas quais o processo era realizado a perda fugitiva do solvente para atmosfera apresentava um grande risco de exposição ambiental ao produto (UNICAMP, 2009a).

Para que uma reciclagem seja viável, o produto obtido após o processo de tratamento deve ser empregado na mesma utilização ou em algum uso menos nobre, o etanol usado para reações químicas pode ser tratado, por destilação, e empregado para a lavagem de vidraria. (MICARONI, 2008)

## **6.2 Segregação e acondicionamento dos resíduos químicos**

Micaroni (2008) diz que a segregação é separação de diferentes tipos de resíduos, e que a sua aplicação viabiliza o reuso ou o reciclo e facilita o tratamento ou destinação final.

A segregação dos resíduos é outra prática importante na hierarquia do gerenciamento, sendo uma importante etapa na escala de prioridades (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

De acordo com UNICAMP (2009a), a maneira menos onerosa e mais correta de se manter o resíduo gerado numa forma que facilite sua destinação final é segregá-lo em diferentes classes.

Em Micaroni (2008) há a indicação que deve-se realizar a segregação quando há incompatibilidade entre os diferentes tipos de resíduos, possibilidade de reuso ou reciclo ou, ainda, quando o tratamento ou disposição final são diferentes para cada tipo de resíduo.

Os resíduos deverão estar armazenados separadamente, evitando-se assim a formação de reações secundárias e a formação de novos produtos, tornando a sua recuperação viável (USP, 2009b).

Essa referência também comenta que os resíduos devem encontrar-se bem acondicionados, para que se evitem os acidentes durante o transporte, devendo sempre respeitar o limite de 80% do seu volume total no preenchimento do frasco.

Os resíduos químicos devem ser armazenados em recipientes compatíveis. Caso seja colocado em um recipiente inadequado, este pode se desintegrar ou romper-se, soluções básicas, por exemplo, devem ser armazenadas em frascos plásticos. (USP, 2009a).

Em UFScar (2009) relata-se que os reagentes deverão estar armazenados separadamente, conforme instruções abaixo, evitando-se assim a promoção de reações secundárias e formação de novos produtos, tornando possível a sua recuperação;

Devem ser armazenados separadamente:

- Soluções ácidas, básicas e aquosas contendo metais pesados;
- Compostos organoclorados (tetracloreto de carbono, clorofórmio, diclorometano, etc);
- Materiais contendo mercúrio (sólido ou líquido);
- Sulfocrômica; DQO;
- Solventes orgânicos ou inorgânicos contendo pesticidas, fungicidas e praguicidas;
- Anilina;
- Piridina;
- Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno ( BTEX)
- Óleos, graxas, lubrificantes, etc;
- Resíduos de banhos eletrolíticos;

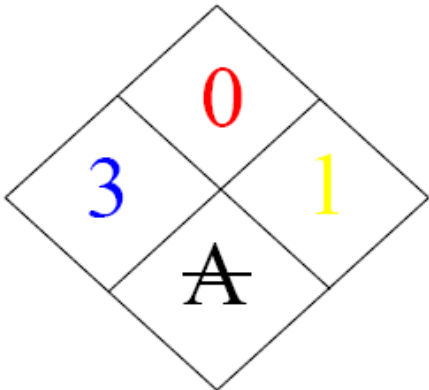
## 7 FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DOS FRASCOS

Micaroni (2008) menciona que as identificações dos frascos devem:

- ser de fácil visualização;
- conter a discriminação de substância química e frase de risco;
- conter todas as informações importantes sobre o resíduo (estado físico, principais componentes), laboratório gerador e responsável pela geração (rastreadabilidade);
- ser colocada em todos os tipos de recipientes.

Poderá ser feita por adesivos, desde que seja garantida a resistência destes aos processos normais de manuseio de sacos e recipientes.

Na Figura 3, pode se verificar um modelo básico para a identificação e preenchimento do rótulo do frasco contendo resíduo químico para ser enviado ao destino final



RESÍDUO QUÍMICO	
Produto Principal:	<u>ÁCIDO SULFÚRICO</u>
Produto Secundário:	<u>MERCÚRIO METÁLICO - Hg</u>
Procedência:	<u>Laboratório X</u>
Responsável	_____
Data:	____/____/____

Figura 3 - Modelo básico para rotulagem de frascos com resíduos químicos

(Fonte: USP, 2009a)

## 8 ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS NO LABORATÓRIO

Segundo USP (2009a), o armazenamento de resíduos no laboratório deve seguir as seguintes recomendações:

- a. Deverão ser armazenados nos laboratórios os resíduos de metais para recuperação e os resíduos passíveis de tratamento/destruição;
- b. Por questões de segurança, recomenda-se não acumular grandes quantidades de resíduos no laboratório. O ideal é que em cada local exista apenas um frasco em uso, para cada tipo de resíduo, os frascos cheios deverão ser tratados ou encaminhados a UGR;
- c. O volume de resíduo NUNCA deverá ultrapassar  $\frac{3}{4}$  da capacidade do recipiente;
- d. Os frascos de resíduos deverão permanecer sempre tampados adequadamente;
- e. NÃO armazenar frascos de resíduos próximos a fontes de calor ou água;
- f. Deve-se colocar em local ventilado principalmente quando contiverem solventes e não deixá-los expostos ao sol.

De acordo com Micaroni (2008), os frascos de hidrocarbonetos, organoalogenados, compostos nitrogenados, álcoois, cetonas deverão após o esgotamento total do frasco, se o solvente for solúvel em água, fazer a primeira lavagem com uma pequena quantidade de água (cerca de 50 mL) que deve ser enviada para incineração, e depois, a tríplice lavagem com água na pia; caso o solvente seja insolúvel em água (exemplo: éter, hexana, clorofórmio,...) fazer a primeira lavagem com uma pequena quantidade de etanol ou acetona (cerca de 50 mL) que deve ser enviado para incineração e depois, a tríplice lavagem com água na pia.

Os frascos limpos podem ser reutilizados ou enviados para reciclagem e jamais deverão ser utilizados para estocar água potável, refrigerante ou guardar água na geladeira (MICARONI, 2008).

## 9 DISPOSIÇÃO FINAL PARA OS RESÍDUOS

De acordo com UNICAMP (2009a), a disposição final de resíduo é o termo utilizado para designar a forma e o local escolhidos para receber o destino final de qualquer resíduo descartado.

Conforme Tavares e Bendassolli (2005) comentam, a unidade geradora de resíduo, deve-se dispor adequadamente os resíduos, o que pode ser realizado em aterros ou outros locais apropriados

Para os resíduos urbanos, a disposição final é geralmente um aterro sanitário (ou lixão), em contrapartida para resíduos químicos, o destino final encontrado pela grande maioria incerto, podendo ser como destino final as pias, ralos, terrenos baldios ou misturado ao lixo doméstico (UNICAMP, 2009a).

Micaroni (2008) classifica a disposição final dos resíduos químicos da seguinte maneira:

- Aterros sanitário ou de produtos perigosos (Classe I ou IIA);
- Incineração;
- Co-processamento em fornos de cimento como fonte de combustível ou matéria-prima.

No Brasil a disposição final de resíduos sólidos e líquidos está sujeita à fiscalização estadual o controle e a fiscalização desta atividade. Já nos Estados Unidos, a legislação específica sobre destinação final de resíduos, embora seja bastante rígida, classifica as unidades geradoras de resíduos de acordo com a quantidade produzida mensalmente (UNICAMP, 2009a).

### 9.1 Aterros Sanitários

Segundo Micaroni (2008), os tipos de aterros são:

- Classe I: podem ser dispostos resíduos como lodos de estação de tratamento de efluentes e galvanicos, borras de retífica e de tintas, cinzas de incineradores, entre outros.

- Classe IIA: destina-se à disposição de resíduos industriais não-perigosos e não-inertes, e também para a disposição de resíduos domiciliares.
- Classe IIB: destina-se a materiais inertes, e devido à esta característica, o Aterro Classe IIB dispensa a impermeabilização do solo.

## 9.2 Incineração

Conforme menciona Micaroni (2008) o processo de incineração visa destruir a fração orgânica do resíduo e reduzir o volume.

O material a ser incinerado é conduzido em equipamentos fechados e especialmente projetados em condições de excesso de ar sob alta temperatura (acima de 900°C), usando ou não combustível auxiliar (MICARONI, 2008).

De acordo com Netresíduos(2009) a incineração é um processo em que resíduos são destruídos por via térmica, geralmente com recuperação de energia.

Um sistema de incineração de resíduos é subdividido em quatro subsistemas básicos: 1) preparação e alimentação do resíduo; 2) câmara (s) de combustão; 3) controle dos poluentes atmosféricos e 4) manuseio das cinzas/resíduos. (CESET, 2009).

Na Figura 4 pode-se observar o fluxograma de todo o processo de incineração e suas fases.

# Fases da Incineração

## FLUXOGRAMA DE INCINERAÇÃO

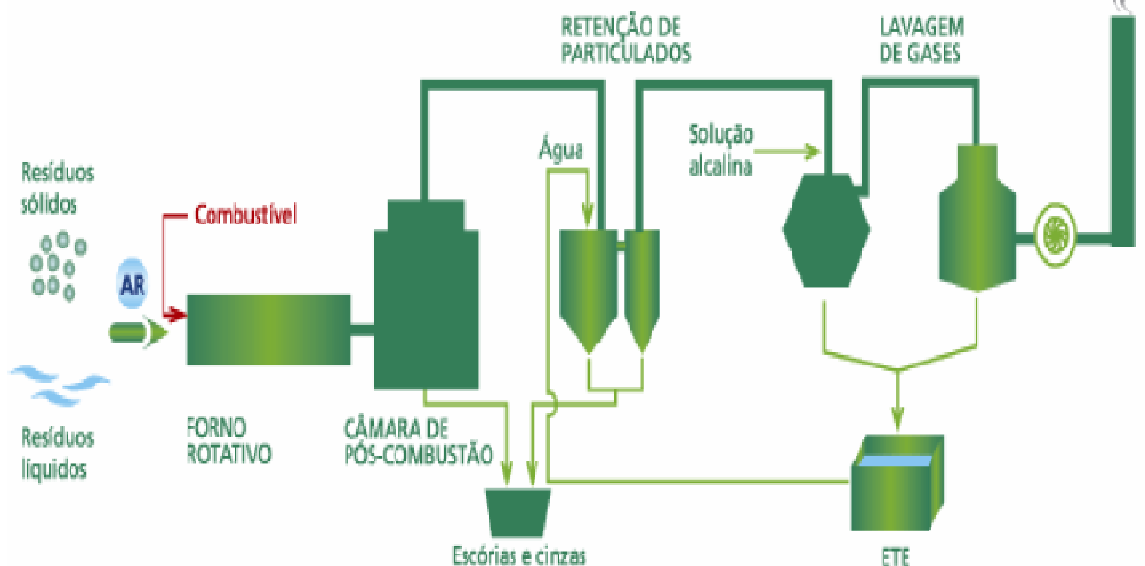


Figura 4. Fluxograma das Fases de Incineração.

(Fonte: MICARONI, 2008).

## 9.3 Coprocessamento

Segundo Celli (2009), o coprocessamento é um processo de oxidação térmica (queima) de resíduos industriais, líquidos, sólidos ou pastosos em fornos de cimento, esta técnica é muito eficiente pois destrói total ou parcialmente os resíduos, e não possui os inconvenientes dos incineradores: de se dispor as cinzas da queima em aterros, e se tratar o efluente líquido gerado da lavagem dos gases da queima.

O coprocessamento é a destruição térmica dos resíduos a altas temperaturas em fornos de clínquer licenciados para este objetivo, ocorrendo o aproveitamento de conteúdo energético ou aproveitamento da fração mineral sendo matéria prima, sem a geração de novos resíduos.(MICARONI, 2008).

De acordo com Celli (2009), o processo de queima propriamente dito é apenas parte de um todo, que consiste em: transporte dos resíduos,



armazenamento dos resíduos, alimentação à planta cimenteira, queima, monitoramento de emissões, segurança e minimização de riscos e acidentes, ambientais e ocupacionais.

A queima no interior do forno de cimento (equipamentos rotativos de 2-6 metros de diâmetro e 40- 70 metros de comprimento) é favorável aos padrões de destruição térmica por possuir altas temperaturas (por volta de 2000°C), bom tempo de residência (aproximadamente 6 segundos) e turbulência interna. Existem dois métodos de se adicionar resíduos ao forno de cimento, via farinha (matéria-prima) e via maçarico (CELLI, 2009).

De acordo com Micaroni (2008), um forno de cimento consome a energia térmica de aproximadamente 01 caminhão de gasolina a cada 03 horas.

## 10 CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu mostrar uma maneira diferente de caracterizar e classificar os resíduos que são provenientes principalmente do final das análises químicas realizadas e de todo os reagentes que por ventura possam passar do seu prazo de validade, orientando a maneira mais adequada para o descarte.

Toda a atenção com o descarte de resíduos químico, se deve com a preocupação ambiental e o nosso compromisso em manter o nosso planeta menos poluído.

A implementação de um programa de gerenciamento em uma empresa ou instituição de ensino, apesar de necessitar de algum investimento financeiro, depende somente da boa vontade dos envolvidos.

O maior desafio será em mudar a mentalidade dos profissionais que já atuam na área há muitos anos , pois toda mudança gera um pouco de desconfiança e resistência.

Todo o investimento será recompensado mediante o resultado positivo que o mesmo trará para o meio ambiente, e os profissionais da área de química poderão desenvolver uma consciência ética com relação ao uso correto e o descarte de produtos com o objetivo da preservação ambiental.

Pode-se concluir que a geração de resíduos químicos nos laboratórios necessita ser adaptada adequadamente para que haja uma minimização em todo o volume gerado de resíduos, além de incentivar e implementar o seu correto descarte e destinação final.

## 11 REFERENCIAS

AFONSO, J. C. et al, Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Quím. Nova**, São Paulo, v.26, n.4, Ago. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000400027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400027&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 13 mar. 2009.

ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O., Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos: resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Quím. Nova**, São Paulo, v.26, n.2, Mar. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000200026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000200026&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 13 mar. 2009.

AMARAL, S. T. et al, 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. **Quím. Nova**, São Paulo, v.24, n.3, Jun. 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422001000300022&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422001000300022&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 13 mar. 2009.

BERLEZE, A.L; SANTOS,T. dos; FALCÃO,H.L; AMARAL, S.T. Desenvolvimento de rótulos padronizados para caracterização dos resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Resumos do I Encontro Nacional em Química**, Campinas – SP, 2000, p.10

CELLI, C.E. **Destinação final de resíduos industriais pela tecnica de coprocessamento**. Disponível em: <[http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/residuos/i\\_destinacao\\_final\\_de\\_residuos\\_industriais.pdf](http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/residuos/i_destinacao_final_de_residuos_industriais.pdf)> Acesso em: 03 abr. 2009.

CESET (Centro Superior de Educação Tecnológica). **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~marta/ST%20671/Incinera%E7%E3o.doc>> Acesso em : 03 mai. 2009.

CETESB. **Manual de produtos químicos**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/produto\\_consulta.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/produto_consulta.asp)>. Acesso em: 22.abr.2009.

JARDIM, W. F., Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Quím. Nova**, São Paulo, v.21, n.5, Out. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40421998000500024&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421998000500024&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 abr. 2009.

MICARONI, M.S., **Gerenciamento de Resíduos de Laboratório**, Campinas: ITAL, 2008, 29 transparências, color., A4.

NETRESÍDUOS. **Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: <<http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/incinersu.htm>> Acesso em: 10.mai.2009

Normas Técnicas. Resíduos Sólidos, 1987, **NBR 10004**, São Paulo: ABNT.

Normas Técnicas. Resíduos Sólidos, 2004, **NBR 10004**, São Paulo: ABNT.

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. **Quím. Nova**, São Paulo, v.28, n.4, Ago. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000400031&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400031&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 13 mar. 2009.

UFSCar (Universidade Federal de São Carlos). **Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos**. Disponível em : <[http://www.ufscar.br/~ugr/Norma%20UGR%20-%20NR%2001\(1\)](http://www.ufscar.br/~ugr/Norma%20UGR%20-%20NR%2001(1))> Acesso em: 12 mar.2009.

UNESP (Universidade Estadual Paulista), **Gerenciamento de resíduos químicos**, Normas Gerais – revisão 2002, disponível em: <http://www.iq.unesp.br/APOIO-TECNICO/residuos.doc>. Acesso em: 12 mar. 2009

UNICAMP (Universidade de Campinas), **Cartilha para a implementação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ)**. Disponível em:< <http://lqa.iqm.unicamp.br/serv.html> [2001]>. Acesso em: 15 mar. 2009a.

UNICAMP (Universidade de Campinas). **Gerenciamento de resíduos químicos**. Disponível em: < <http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF>>. Acesso em : 04.abr.2009b.

USP (Universidade de São Paulo). **Diagrama de Hommel**. Disponível em: <<http://www.sc.usp.br/residuos/rotulagem/etiqa.gif> >. Acesso em: 01.mar.2009a.

USP (Universidade de São Paulo). **Normas para recolhimento de resíduos químicos do campus de São Carlos**. Disponível em: [http://www.sc.usp.br/residuos/rotulagem/downloads/normas\\_recolh.pdf](http://www.sc.usp.br/residuos/rotulagem/downloads/normas_recolh.pdf)> Acesso em: 01.mar.2009b.