

Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos

Eric de Souza Gil^{*}, Clévia Ferreira Duarte Garrote¹, Edemilson Cardoso da Conceição¹,
Mariangela Fontes Santiago¹, Aparecido Ribeiro de Souza²

¹Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, ²Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás

O risco ambiental decorrentes da geração de resíduos tem aumentado com o progresso tecnológico, bem como com o aumento populacional. Destacam-se, neste contexto, os riscos potenciais decorrentes da rotina de indústrias químico-farmacêuticas, bem como de laboratórios de ensino e pesquisa associados. Por esta razão, vários projetos visando à otimização do tratamento de resíduos industriais e/ou laboratoriais vêm sendo propostos. A presente revisão apresenta uma síntese das estratégias implantadas no sentido de minimizar ou solucionar problemas relacionados ao manejo dos resíduos, provenientes de indústrias, instituições de pesquisa e ensino, entre outros potenciais geradores de resíduos. Apresentam-se as diretrizes legais mais gritantes e alguns aspectos técnicos relacionados à segregação, acondicionamento, tratamento e descarte final destes resíduos.

Unitermos

- Resíduos químicos
- Insumos farmacêuticos
- Meio ambiente
- Intoxicação ocupacional

*Correspondência:

E. S. Gil
Faculdade de Farmácia
Universidade Federal de Goiás
Av. Universitária com 1ª Avenida s/n
Setor Universitário
74605-220 - Goiânia - Go, Brasil
E-mail: ericsgil@farmacia.ufg.br

INTRODUÇÃO

O descaso ou despreparo na questão do manejo de resíduos químico-farmacêuticos em muitos lugares do mundo leva a graves danos da natureza, os quais podem ter repercussões negativas à saúde humana e ambiental. Tal fato tem motivado, por parte de vários países, o desenvolvimento de planos de gerenciamento seguros e sustentáveis dos diferentes resíduos gerados pela população, indústrias e diversas instituições.

Por outro lado, o advento da globalização (mundial) traz também necessidade de se estabelecer padrões aceitáveis no que diz respeito a questões ambientais (Afonso *et al.*, 2003).

As normas de meio ambiente atendem às novas exigências do mercado, em que o fator de preservação ambiental estará cada vez mais relacionado com a aceitação dos pro-

duto, logo, com ampliação de vendas e competitividade, destacando-se neste contexto a adoção das normas ISO 14000 – Gestão Ambiental (Ahmad, Barton, 1999).

No que diz respeito ao setor farmacêutico, a complexidade dos mecanismos de reação envolvidos nas rotas de síntese e análise de fármacos, o usual consumo de solventes nas etapas de purificação, entre outros aspectos, coloca este setor como um importante gerador de resíduos (GR) (Linninger, Chakraborty, 2000). Isto, embora a globalização da economia tenha também instituído, de forma homogênea, a implantação das Boas Práticas de Produção, reduzindo os riscos industriais diretamente associados ao processo produtivo, através de práticas comuns como: programas de manutenção preventiva de equipamentos, qualificação de equipamentos e instalações, programas de treinamento, entre outros (Brasil, 2003, 2000).

O risco industrial associados à emissão de resíduos pode variar muito, seja em função da capacidade produtiva ou dos mecanismos de segurança disponíveis (monitoração automática, segurança de armazenagem etc), seja em função da linha de produtos, ou seja, das características das substâncias químicas geradas (Linninger, Chakraborty, Colberg, 2000, 1999).

Assim sendo, o inerente potencial dos riscos envolvidos ao manejo de substâncias químicas, aumenta a importância da implantação de programas de gerenciamento de resíduos eficazes, a fim de evitar o comprometimento da segurança e saúde de trabalhadores, população e meio ambiente (Montesano, Hall, 2001; Sorensen *et al.*, 1998). Tal importância tem influenciado agências regulatórias de diversos países a endurecer as leis pertinentes à gestão ambiental.

Recentemente, foi aprovado o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços da saúde, que abrange todos os serviços relacionados, tais como: laboratórios analíticos; necrotérios, funerárias e serviços de embalsamento; drogarias e farmácias; distribuidores de produtos farmacêuticos; estabelecimentos de ensino; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; centros de controle de zoonoses; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, dentre outros similares (Blenkharn, 2006).

A RDC 306 traz diretrizes básicas para o gerenciamento de resíduos de saúde, incluindo: segregação, acondicionamento, identificação, transporte, armazenamento, tratamento, coleta e disposição final.

Entretanto, existem ainda divergências entre aspectos regulatórios federais e locais de diferentes países, que, somados aos elevados custos e inerente heterogeneidade na composição dos resíduos de natureza químico-farmacêutica, são alguns dos principais desafios na política de gerenciamento de resíduos adotada em especial por empresas caracterizadas por serem grandes GR, tais como as multinacionais farmacêuticas.

Entre as estratégias comuns adotadas por diversos tipos de unidades GR, está a minimização dos resíduos gerados (Linninger, Chakraborty, Colberg, 2000), já que o reaproveitamento ou práticas de reciclagem são particularmente limitados a indústrias farmacêuticas e de química fina, em função do elevado nível de pureza desejado (Linninger, Chakraborty, 2001).

Qualquer que seja a estratégia adotada, aspectos como: saúde, segurança e impacto ambiental devem sempre ser considerados tanto por grandes, quanto por pequenos GR (Biniecka, Campana, Iannilli, 2005).

No sentido de se preservar a saúde e meio ambiente, a política de redução de resíduos é uma tendência que vem se estendendo também a pequenos GR, tais como instituições de

ensino e laboratórios de pesquisa. De modo que antes de se solicitar determinada matéria-prima ou insumo, o pesquisador deve ter a resposta para as seguintes questões (Foster, 2005):

- 1) A substância em questão apresenta-se disponível em outros laboratórios da instituição?
- 2) Qual a menor quantidade necessária? (Quanto menor, melhor!).
- 3) Serão necessários equipamentos de segurança para manipular a substância? No caso afirmativo, estes estão disponíveis no laboratório?
- 4) Qual a categoria de risco da substância em questão? O laboratório está preparado para manipulá-la, acondicioná-la e armazená-la?

Reconhece-se, porém, que há uma forte interação entre adaptação do processo e prevenção da poluição, fato que originou o conceito da química limpa e tem fomentado a elaboração de várias propostas para o gerenciamento de resíduos químicos (Imbroisi *et al.*, 2006; Jabbour, Santos 2006; Gerbase *et al.*, 2005; Biniecka, Campana, Iannilli, 2005; Demaman *et al.*, 2004; Afonso *et al.*, 2003; Alberguini, Silva, Rezende, 2003; Cunha, 2001; Linninger, Stephanopolus, Ali, Stephanopolus, 1995).

ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Até pouco tempo o problema da geração de resíduos era focado quase que exclusivamente aos grandes GR, tais como as indústrias. Entretanto, em se tratando de resíduos químico-farmacêuticos, o inerente potencial de risco ambiental e/ou ocupacional estendeu a necessidade de gerenciamento também aos chamados pequenos GR, tais como instituições de ensino e pesquisa, bem como os micro-poluidores como, por exemplo, os usuários de medicamentos ou outros insumos químicos tóxicos de uso domésticos (Blenkharn, 2005; Jonathan, 2005; Biniecka, Campana, Iannilli, 2004; Montesano, Hall, 2001; Sorensen *et al.*, 1998).

Aspecto fundamental de qualquer programa de gerenciamento de resíduo é a hierarquização das metas a serem atingidas. A implementação de uma hierarquia de decisões explicitamente associada à adoção e à prática de várias atividades dentro de um programa de gerenciamento é a base para o sucesso da política de gestão ambiental adotada (Jardim, 1998).

Em termos gerais, a ordem de prioridade segue a seguinte seqüência:

- 1) Otimização dos processos visando à redução do quantitativo de resíduos gerados e desperdícios.
- 2) Redução ou eliminação da geração de resíduos perigosos.
- 3) Reuso, reciclagem ou aproveitamento do resíduo gerado.
- 4) Disposição final sem gasto de energia (Phillips *et al.*, 1999; Jardim, 1998).

Como exemplos de otimização de processos temos desde casos simples, como se evitar uso de trompas de vácuo em um laboratório de ensino, as quais consomem excesso de água tratada, até programas de qualificação de equipamentos em grandes indústrias.

A minimização dos resíduos gerados em indústrias de grande porte decorrente da otimização de processos pode ser exemplificada com o uso de processos (incluindo equipamentos) de maior rendimento. Por outro lado, em laboratórios de ensino e pesquisa a mudança de experimentos em escalas convencionais para micro escala tem sido a melhor opção, pois além de reduzir o consumo de reagentes e resíduos gerados, reduz tempo de análise e aumenta a segurança, seja por aumentar salubridade do laboratório, seja por evitar possibilidade de explosões expressivas.

Ressalta-se que a redução dos resíduos gerados é de caráter econômico, social e legal, já que entidade de vários países tem adotado políticas cada vez mais rígidas no sentido de se fomentar a redução, reciclagem ou reaproveitamento dos resíduos gerados (Butler, Hooper, 2005; John, Zordan, 2001; Fehr, Castro, Calçado, 2000; Phillips *et al.*, 1999; Eigmy, Kosson, 1996).

Neste contexto, o próprio conceito “resíduo” assim como o seu ciclo tem sido objeto de discussão e estudo (Dijkema, Reutter, Verhoef, 2000). Deste modo, mesmo produtos de biodegradação em efluentes urbanos podem ser reaproveitados via tecnologias de baixo custo, seja na elaboração de biogás ou fertilizantes, seja inclusive na obtenção de proteínas para rações animais (Guo *et al.*, 2006; Hosetti, Frost, 1995).

Finalmente, o plano de gerenciamento deve atender as diretrizes legais ou ainda outras normas pertinentes à gestão ambiental.

Normas ISO 14001

As normas ISO 14000 foram elaboradas visando ao “manejo ambiental” e minimização dos efeitos nocivos ao ambiente causados por determinada atividade. A série ISO 14.001, por sua vez, traz os critérios para implantação do sistema de gerenciamento ambiental. Foram introduzidas em setembro de 1996 e vêm ganhando grande reconhecimento no mundo corporativo.

Essas normas fomentam a prevenção de processos de contaminações ambientais, uma vez que orientam a organização quanto a sua estrutura, forma de operação e de levantamento, armazenamento, recuperação e disponibilização de dados e resultados (sempre atentando para as necessidades futuras e imediatas de mercado e, conseqüentemente, a satisfação do cliente), entre outras orientações, inserindo a organização no contexto ambiental.

Entretanto, devem refletir o pretendido no contexto de planificação ambiental, que inclui planos dirigidos a tomadas de decisões que favoreçam a prevenção ou mitigação de impactos ambientais de caráter compartimental e inter-compartimental, tais como contaminações de solo, água, ar, flora e fauna, além de processos escolhidos como significativos no contexto ambiental.

A norma ISO 14001 estabelece o sistema de gestão ambiental da organização e, assim:

1. avalia as conseqüências ambientais das atividades, produtos e serviços da organização;
2. atende a demanda da sociedade;
3. define políticas e objetivos baseados em indicadores ambientais definidos pela organização que podem retratar necessidades desde a redução de emissões de poluentes até a utilização racional dos recursos naturais;
4. implicam na redução de custos, na prestação de serviços e em prevenção;
5. é aplicada às atividades com potencial de efeito no meio ambiente;
6. é aplicável à organização como um todo (<http://www.iso.org/iso/en/ISOonline.frontpage>).

Entre as principais limitações temos o fato de que este sistema apenas abrange a redução de impactos ambientais e a implantação de sistemas de monitoramento ambiental. Ou seja, não há requerimentos relativos à melhora do desempenho ou de planos de metas a serem atingidas.

Embora a implantação do ISO 14.001 não seja fácil e tenha um custo inicial relativamente caro, a longo prazo, se bem implantada, permite além da melhoria da imagem empresarial outros benefícios econômicos, tais como: redução de custos ou aumento da produtividade (como conseqüência de planos de minimização de resíduos), menor probabilidade de receber multas ambientais (como conseqüência de um eficaz e coordenado plano de atividade ambientais) e maior projeção de vendas (como resposta à melhora da imagem) (Bansal, Bogner, 2002).

Diretrizes Legais

No Brasil a RDC 306, de 7 de Dezembro de 2004, da ANVISA e a Resolução CONAMA 20, de 18 de Junho de 1986, são, talvez, as principais leis pertinentes ao gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos.

Enquanto a ANVISA foca a saúde pública e prevenção de acidentes, a CONAMA foca o Meio Ambiente e controle da poluição aquática.

Outras normas de referência incluem:

- NBR 12807 – Resíduos de serviços de saúde – Terminologia

- NBR 12808 – Resíduos de serviços de saúde – Classificação
- NBR 12809 – Manuseio de Resíduos de serviços de saúde – Procedimentos
- NBR 12810 – Coleta de Resíduos de serviços de saúde – Procedimentos
- NBR 9190 – Sacos plásticos para acondicionamento de Lixo – Classificação
- NBR 9191 – Sacos plásticos para acondicionamento de Lixo – Especificação
- NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação
- NBR 7500 – Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de material – Simbologia
- Resolução CNEN-NE-6.05 – Gerência de rejeitos radioativos em instalações
- NBR 12235 – Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos – Procedimento
- NBR 13221 – Transporte de Resíduos – Procedimento Bem como as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho
- NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
- NR-15 – Atividades e operações Insalubres

RDC ANVISA 306, 7/12/2004

Esta lei abrange laboratórios analíticos, necrotérios, funerárias e serviços de embalsamento; drogarias e farmácias; distribuidores de produtos farmacêuticos; estabelecimentos de ensino; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; centros de controle de zoonoses; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, dentre outros similares. Traz aspectos básicos relacionados à elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos, destacando-se as orientações para o manejo que inclui coleta, segregação, acondicionamento, armazenamento, identificação, transporte e tratamento, bem como aspectos burocráticos pertinentes às responsabilidades dos serviços geradores de resíduos de saúde.

Destaca-se que a disposição final e/ou reciclagem deve respeitar as normas dos órgãos ambientais, tais como a Resolução CONAMA 257/1999, que trata do descarte de pilhas e baterias; Resolução CONAMA 238/2001, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde, entre outras normas de referência supra citadas. Esta última revogada pela RE CONAMA 358/2005.

RE CONAMA 358, 29/04/2005

A Resolução CONAMA nº 358, de 29 de Abril de 2005 vem aprimorar, atualizar e complementar a Resolução CONAMA 238/2001, enfatizando a necessidade da

minimização da geração de resíduos e redução dos riscos ocupacionais e ambientais.

As diretrizes desta legislação, que também dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, se assemelham em vários aspectos à RDC ANVISA 306/2004, abrangendo todos os serviços relacionados a saúde humana e animal, destacando, porém, os aspectos ambientais.

RE CONAMA 20, 18/06/1986

Dispõe sobre a classificação e respectivos níveis de qualidade aceitáveis das águas doces, salobras e salinas. As águas de classe 1, 2, 3 e 4 são doces, as águas de classe 5 e 6, salina e 7 e 8, salobra.

Segundo a resolução, observam-se limites mais estreitos para águas de classe 1 e 2, as quais são destinadas inclusive ao abastecimento doméstico e a recreação de contato primário, respectivamente após tratamento simplificado e convencional, incluindo ausência de coliformes, substâncias graxas, corantes, espumas não-naturais, substâncias que comuniquem gosto ou odor. Teores de outras substâncias potencialmente prejudiciais, como arsênio, benzo-a-pireno, cianetos, cromo(VI), pentaclorofenol, são idênticos para ambas as classes, ou seja, As (0,05 mg/L), benzopireno (0,00001 mg/L), cianetos (0,01 mg/L), Cr⁶⁺ (0,05 mg/L), pentaclorofenol (0,01 mg/L).

Legislações Estaduais e Municipais

Embora as Leis Estaduais e Municipais sejam subordinadas às Leis Federais, é recomendável que se esteja ciente do que determina a lei local. Haja vista que podem ocorrer complementações específicas conforme necessidades regionais.

Grandes Geradores de Resíduos

No que diz respeito aos grandes GR, vários planos ou programas de gerenciamento têm sido propostos. Estes, na maioria, estão focados no conceito “processo limpo”, em que o gerenciamento de resíduos visa à prevenção da poluição (Hilson, 2000).

Para tanto, invariavelmente no planejamento e automação da produção se recorrem a modelos matemáticos complexos. Quando se pensa em gestão de resíduos deve-se sempre prevalecer o bom senso, já que tratamento puramente matemático é bastante difícil.

Aspectos básicos, como qualificação de equipamentos, processos e instalações, são primordiais em qualquer linha de produção. Por sua vez, análise preditiva das demandas, visando à otimização da planta de produção, em aspectos como capacidade e disposição dos reatores, são

particularmente fundamentais em engenharia de produção química, quando se visa à produção limpa. Outrossim, qualquer que seja o planejamento ele será tanto melhor se for capaz de permitir inovação dos processos de síntese e ampliação das escalas de produção (Linninger, Chakraborty, 2001; Linninger, Chakraborty, Colberg, 2000, 1999; Linninger, Ali, Stephanopulos, 1996). Um plano de ação para soluções de problemas em engenharia é feito através de planejamento algorítmico constituído por três elementos básicos: a) formulação do problema, b) metas e c) meios de controle.

No que diz respeito à formulação do problema em sistemas de automação, deve-se fazê-lo de forma logicamente representada por estados: inicial e final, bem como pelas etapas de transformação.

Assim, a complexidade combinatória das variáveis envolvidas no planejamento de plantas industriais ou mais especificamente em projetos de gerenciamento de resíduos pode ser caracterizada por modelos de transição lógicos e não-lineares.

Metodologias híbridas para síntese de fluxogramas de tratamento de resíduos que incluem aspectos lineares e puramente matemáticos, tais como aqueles relacionados aos aspectos físicos e químicos da planta produtiva, e não-lineares, tais como aspectos regulatórios e operações comerciais futuras, têm sido propostos (Chakraborty, 2004).

A adaptação das políticas de gerenciamento de resíduos pode, ainda, se deparar com aspectos sazonais. De modo que o planejamento adequado do gerenciamento de resíduo deve considerar, ainda, as variações da demanda produtiva as quais podem, por exemplo, resultar em variações qualitativas e quantitativas bastante relevantes dos efluentes gerados. No sentido de se otimizar o gerenciamento de resíduos considerando tais incertezas, bem como outros fatores como custos, capacidade e limites regulatórios, vários tratamentos matemáticos e computacionais têm sido aplicados (Biniecka, Campana, Iannilli, 2004).

Ressalta-se que, no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, as tomadas de decisões são, em geral, difíceis, porque exceto pelo consumo de matérias-primas e carga residual estimada, muitos aspectos não podem ser determinados em sua plenitude (Chakraborty *et al.*, 2004; Linninger, Chakraborty, 2001; Linninger, Chakraborty, Colberg, 2000).

A citada química limpa na prevenção da poluição é, sem dúvida, a política de gestão ambiental que vem sendo mais adequada. Assim, o gerenciamento de resíduos começa já na idealização e otimização dos processos produtivos. Questões como:

1) Qual a melhor seqüência ou passos de reações para a produção de um determinado fármaco?

2) Qual a melhor disposição de reatores e instalações?
3) Qual a melhor seqüência e composição ou proporção de reagentes?

São determinantes neste intento (Linninger *et al.*, 1995).

Seja qual for a estratégia de gerenciamento de resíduos no âmbito químico farmacêutico, esta deve primar pela segurança ocupacional e ambiental, bem como ser baseada em aspectos quantitativos (volume gerado de resíduos) e qualitativos (categoria inerente de risco).

A avaliação do impacto ambiental de uma determinada cadeia produtiva, entretanto, não é uma tarefa trivial. Enquanto, a padronização dos processos tem avançado significativamente, com a globalização em vários setores industriais, a assistência aos impactos ambientais ainda é controvertida (Biniecka, Campana, Iannilli, 2004).

Ressalta-se que além de Leis ambientais cada vez mais rígidas, a empresa farmacêutica tem procurado também se adaptar a normas ISO 14.000 (Curkovic, Sroufe, Melnyk, 2005).

Pequenos Geradores de Resíduos

A diferença mais gritante entre gerenciar resíduos em uma indústria e num laboratório de ensino diz respeito ao tratamento e disposição final.

Na indústria se justifica a necessidade de uma estação de tratamento de efluentes e resíduos, enquanto no caso dos pequenos GR's se faz a terceirização destes serviços (Kaufman, 1990).

Outra grande diferença esta na dificuldade de se implantar mecanismos de controle e fiscalização eficientes aos pequenos GR's. Fato que infelizmente, ainda hoje faz prevalecer a cultura do descarte na pia (Gerbase *et al.*, 2005).

Entretanto, questões ambientais e legais, bem como os procedimentos básicos de um plano de gerenciamento de resíduos são igualmente aplicáveis aos pequenos GR's (Jardim, 1998; Afonso *et al.*, 2003; Alberguini, Silva, Rezende, 2003).

Um plano de gerenciamento de resíduos inclui as seguintes etapas:

- Levantamento dos Passivos e Ativos
- Segregação/Identificação e Acondicionamento/Armazenamento
 - Avaliar riscos ambientais e ocupacionais
 - Avaliar incompatibilidades
- Tratamento/Descarte Final
 - Avaliar possibilidade de Reciclagem/Reutilização
 - Efetuar tratamento requerido, avaliando opções disponíveis.
 - Avaliar possibilidades de descarte (impacto x custo)

Levantamento de Passivos e Ativos

Entende-se por resíduo passivo aquele já estocado na unidade, o qual muitas vezes não se apresenta totalmente agregado e identificado. Já os ativos são todos os resíduos gerados na rotina de trabalho da unidade geradora, após implantado um programa de gerenciamento de resíduos.

O inventário de passivos e ativos é importante para que se conheça a natureza e quantidade dos resíduos gerados, ou seja, a dimensão do problema (Foster, 2005; Jardim, 1998).

Enquanto a caracterização dos ativos é automática, pois faz parte do plano de gerenciamento e, em geral, apresenta rótulos íntegros, a identificação dos passivos pode ser bastante crítica pelos seguintes fatores:

- a) ausência total de rótulos ou qualquer outro indicativo do produto.
- b) Rótulos deteriorados pelo tempo ou ilegíveis.
- c) Misturas complexas incluindo mais de uma fase.

Um inventário deve apresentar informações pertinentes à unidade geradora de resíduo, bem como do responsável por preencher o formulário. O formulário, por sua vez, idealmente deve conter espaços para que se listem as matérias-primas, insumos e produtos utilizados, bem como as etapas geradoras de resíduos e características dos mesmos. Características relevantes são a classificação do resíduo quanto ao seu inerente risco, suas possíveis incompatibilidades, dados estes determinantes na escolha da melhor forma de acondicionamento, armazenamento e tratamento (Carvalho, 2004; Drummond, 2005; Sorensen *et al.*, 1998).

Uma vez feito o inventário, o próximo passo é integrar todos os inventários levantados pelos laboratórios da instituição. Tal medida proporciona, além de segurança ao meio ambiente e aos trabalhadores, reduções de custos, tanto com a compra de insumos, quanto com o tratamento dos resíduos gerados (Demaman *et al.*, 2004). Em instituições americanas esta integração tem sido feita de forma mais ampla, através de um programa baseado no *web design* elaborado por um consórcio entre várias instituições, incluindo universidades, institutos de pesquisas e até hospitais e indústrias (Gibbs, 2005).

Segregação/Identificação

A correta segregação é fundamental para que se propicie um ambiente de trabalho seguro e menos perigoso e deve ser feita no momento e local da geração dos resíduos, de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas, bem como riscos envolvidos.

A segregação deve ser feita de modo bem criterioso, a fim de se evitar acidentes decorrentes de incompatibilidades químicas, tais como combustão, explosão, formação de

gases tóxicos, corrosão, entre outros (Foster, 2005).

A identificação deve conter nome químico e comercial, precauções, incompatibilidades, nome do responsável, datas, bem como informações para o correto manejo (Brasil, 2004).

O modelo de rótulo mais utilizado para resíduos químicos tanto na esfera nacional, quanto internacional adota a simbologia do diamante de Hommel. Este modelo foi idealizado pela Associação Americana de Proteção a Incêndios – NFPA (National Fire Protection Association), e orientações para sua correta utilização podem ser obtidas no site: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/aspectos_simbologia_diamante.asp.

Este modelo permite classificar precisamente os resíduos quanto ao tipo de risco envolvido e utiliza a cor vermelha para expressar grau de inflamabilidade; cor azul para expressar grau de toxicidade, amarela para expressar grau de reatividade e área branca para expressar riscos específicos, tais como poder oxidante e corrosivo (ácidos e bases fortes).

O grau de inflamabilidade, perigo para a saúde ou reatividade, por sua vez são subclassificados em quatro níveis conforme o Quadro 1.

Uma proposta do centro tecnológico da Universidade de Erechim incluiu no seu inventário a seguinte classificação para rótulos de resíduos: Insumo, Resíduo e Rejeito.

No primeiro caso, o destino é reuso, no segundo, reciclagem ou reuso em outros experimentos e no terceiro, o tratamento e descarte (Demaman *et al.*, 2004).

No caso de resíduos passivos, cujos rótulos estejam deteriorados ou perdidos, existem protocolos para caracterização (Quadro 2).

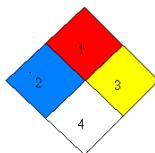
Segundo a RDC 306, a identificação deve estar de acordo com as normas NBR 7.500 da ABNT.

Acondicionamento/Armazenamento

O acondicionamento de resíduos deve ser feito em recipientes resistentes à ruptura e à punctura, e ser compatível com o material a ser envasado (Brasil, 2004). Deve-se avaliar risco de transbordamento, derramamento ou permeabilidade, bem como possibilidade de ocorrer reações em virtude destes riscos (Foster, 2005). Assim sendo, é imprescindível que antes de se acondicionar o material, este tenha sido adequadamente identificado e segregado.

No que diz respeito à diretriz legal, o acondicionamento deve ser feito de acordo com a norma NBR 9191/2000 da ABNT e RDC 306 de 2004 da ANVISA.

No caso de acondicionamento de resíduos de composição desconhecida, recomenda-se um teste rápido de com-

QUADRO 1 - Classificação associada aos Riscos Químicos e Simbologia adotada para rótulos (Diamante de Hommel)

1- VERMELHO INFLAMABILIDADE Ponto de Fulgor (PF)	4 - Gases inflamáveis, líquidos muito voláteis, materiais pirotécnicos (PF < 22 °C) 3 - Produtos que entram em ignição a temperatura ambiente (PF de 22 a 37 °C) 2 - Produtos que entram em ignição com aquecimento moderado (PF de 37 a 93 °C) 1 - Produtos que precisam ser aquecidos para entrar em ignição (PF > 93 °C) 0 - Produtos que não queimam
2- AZUL PERIGO PARA SAÚDE	4 - Produto Letal 3 - Produto severamente perigoso 2 - Produto moderadamente perigoso 1 - Produto levemente perigoso 0 - Produto não perigoso ou de risco mínimo
3- AMARELO REATIVIDADE	4 - Capaz de detonação ou decomposição com explosão à temperatura ambiente 3 - Capaz de detonação ou decomposição com explosão quando exposto à fonte de energia severa 2 - Reação química violenta possível quando exposto a temperaturas e/ou pressões elevadas 1 - Normalmente estável, porém pode se tornar instável quando aquecido 0 - Normalmente estável
4- BRANCO RISCOS ESPECIAIS	OXY Oxidante forte ACID Ácido forte ALK Alcalino forte

Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/aspectos_simbologia_diamante.asp.

patibilidade antes da mistura. Ou seja, em um vidro de relógio, toma-se uma gota do resíduo do frasco final (em geral, bombonas) e uma gota do frasco intermediário (em geral, litros) a ser incorporado, observando-se se há evidência de reação (Cunha, 2001).

No armazenamento mesmo que temporário, recomenda-se que o laboratório não seja utilizado como almoxarifado paralelo, pois manter sempre quantidade mínima de reagentes evita o acúmulo de ativos.

Outrossim, salas de armazenagem de resíduos devem apresentar as seguintes características:

- 1) Ar 100% externo e 0% de recirculação.
- 2) Ventilação para troca de ar, pelo menos seis vezes ao dia.
- 3) Duas portas de acesso.
- 4) Sistema de drenagem no chão em caso de vazamento.
- 5) Sistemas anti-incêndio apropriados.
- 6) Sistema terra para prevenir cargas estáticas.
- 7) Acesso restrito (Foster, 2005).
- 8) Imune a problemas e riscos associados à inundação.
- 9) Mínimo: 2 m² de área.
- 10) Atender às demais normas NBR 12235 da ABNT.

Tratamento/Disposição Final

A disposição final dos resíduos seja ela em aterro sanitário, reuso no local, despejo em efluentes ou seja na atmosfera deve levar em conta impacto ambiental e só é feita mediante licença de acordo com resolução CONAMA nº 237/97. Alguns dos pontos mais relevantes a serem considerados são: comprometimento de mananciais potáveis por infiltração, erosão, lixiviação e redução de *habitats* saudáveis com conseqüente comprometimento da saúde da população, fauna e flora (Galhardo, Sánchez, 2004; Oliveira, 2003; Sanin, Knappe, Barlaz, 2000;).

Assim sendo, nenhum descarte de resíduos químicos deve ser feito, sem que seja considerada a necessidade de tratamento prévio a fim de eliminar ou reduzir acidentes ou dano ao meio ambiente (Kaufman, 1990).

Qualquer que seja o tratamento dado ao resíduo, este requer pesquisa criteriosa em que são considerados fatores econômicos e de risco. Entre as principais formas e tratamento de resíduos, temos: a incineração, co-processamento, biorremediação, remediação química ou

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 formação de chama, geração de gás, ou qualquer 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 púrpura 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: verde indica a presença de halogênios.
Solubilidade em água	Após o ensaio de reatividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente.

física e reciclagem (Cunha, 2001; Linninger, Chakraborty, Colberg, 1999).

Em especial no caso de substâncias muito perigosas, tais como cianetos, uma possibilidade é recorrer ao fabricante, que por sua vez estaria melhor preparado para fazer a reciclagem, revalidação ou descarte adequado do material (Drummond, 2005).

Reuso e Reciclagem de Resíduos

Sem dúvida, o reuso e a reciclagem de resíduos é o destino mais adequado aos resíduos, considerando-se que a reciclagem decorre de algum tipo de processamento. A diferença entre reuso e reciclagem está no fato de que, no primeiro caso, o material pode ser reutilizado no estado em que se encontra, sem a necessidade de qualquer processo (Jardim, 1998).

Enquanto, o reuso é pouco praticado, destacam-se como candidatos comuns ao processo de reciclagem, os seguintes resíduos:

- a) Solventes
- b) Combustíveis em geral
- c) Óleos
- d) Resíduos ricos em metais, especialmente os preciosos
- e) Ácidos e bases
- f) Catalisadores

A destilação fracionada é, sem dúvida, o processo mais utilizado no caso de solventes orgânicos, seguida por filtração para resíduos sólidos e extração por solventes para óleos e sólidos (Ahmad, Barton, 1999; Jardim, 2001).

Recentemente, pesquisadores da Universidade de Bremen desenvolveram método bastante satisfatório para reciclagem de solventes metanol e acetonitrila de grau HPLC (Stepnowski *et al.*, 2001).

Infelizmente, dada a elevada pureza requerida aos fármacos, o reaproveitamento, uma vez vencida a validade barra em questões técnicas e legais.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Observa-se crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, evidenciada por aumento da rigidez das leis e fiscalização ambiental, bem como pela adesão das indústrias às normas ISO 14.000 de gestão ambiental. Novas tecnologias voltadas à remediação, reaproveitamento, redução e monitoramento de resíduos são esperadas.

Espera-se, ainda, a inclusão de disciplinas voltadas à educação ambiental no currículo de cursos de graduação e pós-graduação, em especial de cursos voltados à indústria química em geral.

ABSTRACT

Technical and legal aspects on management of chemical and pharmaceutical residues

The environmental risks from waste production has arisen with the technological progress, as well as with the world population increase. The risks from the industrial or

academic routines in pharmaceutical or fine chemical plants and projects are remarkable. For this reason, many projects focusing on the optimization of waste treatment in these places have been proposed. This paper, reviews some of the main strategies introduced, in order to solve or decrease the problems, in the management of pharmaceutical-chemical wastes in industry, universities, among other potential kind of waste generators. The main regulatory and technical aspects, associated to segregation, packaging, treatment and final disposal of these wastes are presented.

UNITERMS: Chemical wastes. Pharmaceuticals. Environment. Occupational intoxication.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 26, p.602-611, 2003.
- AHMAD, B.S.; BARTON, P.I. Solvent recovery targeting. *AIChE Journal, Hoboken*, v. 45, p.335-349, 1999.
- 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. *Quim. Nova*, São Paulo, v.26, p. 291-295, 2003.
- BANSAL, P.; BOGNER, W.C. Deciding on ISO 14001: Economics, Institutions, and Context. *Long Range Plan., London*, v. 35, p.269-290, 2002.
- BERGER, K.; PETERSEN, B.; BUENING-PFAUE, H. Persistence of drugs occurring in liquid manure in the food chain. *Archiv. Fuer Lebensmittelhygiene*, Gosheim, v. 37, p.99-102, 1986.
- BINIECKA, M.; CAMPANA, P.; IANNILLI, I. The technological and economic management of the environmental variable in the pharmaceutical-chemical industry. *Microchem. J.*, Amsterdam, v. 79, p. 325-329, 2005.
- BLENKHARN, J.I. Medical wastes management in the south of Brazil. *Waste Manag.*, Amsterdam, v.26, p. 315-317, 2006.
- BOUND, J.P.; KATERINA, K.; VOULVOULIS, N. Household disposal of pharmaceuticals and perception of risk to the environment. *Environm. Toxicol. Pharmacol., Amsterdam*, v.21, p. 301-307, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. RDC 210 de 04/08/2003: Regulamento técnico para as Boas Práticas de Fabricação. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. RDC 306 de 7/12/2004. Regulamento técnico para o Gerenciamento de Resíduos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. RDC 33 de 19/04/2000: Regulamento técnico para as Boas Práticas de Manipulação. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. RE 20, de 20 de Junho de 1986. Classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res86/re2086.html>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. RE 358, de 29 de Abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 03 out. 2006.
- BUTLER, J.; HOOPER, P. Dilemmas in optimising the environmental benefit from recycling: A case study of glass container waste management in the UK. *Res. Cons. & Recycling*, New Jersey, v. 45, p. 331-55, 2005.
- CARVALHO, E.H. *Formulário para o inventário dos resíduos gerados na Universidade Federal de Goiás*. Disponível em: <<http://www.proad.ufg.br/residuos.php>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- CHAKRABORTY, A.; MALCOLM, A.; COLBERG, R.D.; LINNINGER, A. A. Optimal waste reduction and investment planning under uncertainty. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v. 28, p. 1145-56, 2004.
- CUNHA, C. J. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do departamento de química da UFPR. *Quim. Nova*, São Paulo, v.24, p.424-427, 2001.

- CURKOVIC, S.; SROUFE, R.; MELNYK, S. Identifying the factors which affect the decision to attain ISO 14000. *Energy*, Amsterdam, v. 30, p. 1387-1407, 2005.
- DEL BRÍO, J.A.; JUNQUERA, B. A review of the literature on environmental innovation management in SMEs: implications for public policies. *Technovation*, Amsterdam, v. 23, p. 939-948, 2003.
- DEMAMAN, A.S.; FUNK, S.; HEPP, L.U.; ADÁRIO, A.M.S.; PERGHER, S.B.C. Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da universidade regional integrada do alto Uruguai e das missões – Campus Erechim. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 27, p.674-677, 2004.
- DIJKEMA, G.P.J.; REUTER, M.A.; VERHOEF, E.V. A new paradigm for waste management. *Waste Manag.*, Amsterdam, v. 20, p.633-638, 2000.
- DRUMMOND, D.W. How not to be a larger quantity generator of hazardous waste. *Chem. Health Safety, Columbus*, May/Jun, p.1-6, 2005.
- EIGHMY, T.T.; KOSSON, D.S. U.S.A. National overview on waste management, *Waste Manag.*, Amsterdam, v.16, p.361-366, 1996.
- FEHR, M.; CASTRO, M.S.M.V.; CALÇADO, M.R. A practical solution to the problem of household waste management in Brazil. *Res. Cons. Recycling*, New Jersey, v. 30, p.245-257, 2000.
- FOSTER, B.L. The chemical inventory management system in academia. *Chem. Health Safety*, Columbus, v. 12, n. 5, p.21-25, 2005.
- GALHARDO, A.L.C.F.; SÁNCHEZ, L.E. Follow-up of road building scheme in a fragile environment. *Env. Imp. Asses. Rev.*, New York, v. 24, p.47-58, 2004.
- GERBASE, A.E.; COELHO, F.S.; MACHADO, P.F.L.; FERREIRA, V.F. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 28, p.3, 2005.
- GIBBS, L.M. ChemTracker consortium – The higher education collaboration for chemical inventory management and regulatory reporting. *Chem. Health & Safety*, Columbus, v. 12, n. 5, p. 9-14, 2005.
- GUO, H.C.; CHEN, B.; YU, X.L.; HUANG, G.H.; LUI, L.; NIE, X.H. Assesment of cleaner production options for alcohol industry of China: a study in the Shouguang alcohol factory. *J. Clean. Prod.*, Amsterdam, v. 14, p. 94-103, 2006.
- HILSON, G. Pollution prevention and cleaner production in the mining industry: an analysis of current issues. *J. Clean. Prod.*, Amsterdam, v. 8, p.119-126, 2000.
- HOSETTI, B.B.; FROST, S. A review of the sustainable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. *Ecol. Eng.*, Amsterdam, v. 5, p. 421-431, 1995.
- IMBROISI, D.; GUARITÁ-SANTOS, A.J.M.; BARBOSA, S.S.; SHINTAKU, S.F.; MONTEIRO, H.J.; PONCE, G.E.; FURTADO, J.G.; TINOCO, C.J.; MELLO, D.C.; MACHADO, P.F.L. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. *Quim. Nova.*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 404-409, 2006.
- ISIDORI, M.; NARDELLI, A.; PARRELLA, A.; PASCARELLA, L.; PREVITERA, L. A multispecies study to assess the toxic and genotoxic effect of pharmaceuticals: Furosemide and its photoproduct. *Chemosphere*, Amsterdam, v. 63, p. 785-793, 2006.
- ISO 14.000. Disponível em: <<http://www.iso14000-iso14001-environmental-management.com/>>. Acesso em: 01 dez. 2005.
- JABBOUR, C.J.C., SANTOS, F.C.A. Relationships between human resource dimensions and environmental management in companies: proposal of a model, *J. Clean. Prod.*, Amsterdam. Disponível em: <<http://www.http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 03 out. 2006.
- JARDIM, W.F. Cartilha para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos (PGRQ). Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/serv.html>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 21, p.671-673, 1998.
- JOBLING, S.; NOLAN, M.; TYLER, C.R.; BRIGHTY, G.; SUMPTER, J.P. Widespread sexual disruption in wild fish. *Environ. Sci. Technol.*, New Jersey, v. 32, p.2498, 1998.

- JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E. Research & development methodology for recycling residues as building materials – a proposal. *Waste Manag.*, Amsterdam, v. 21, 213-219, 2001.
- KAUFMAN, J.A. Waste disposal in academic institutions. 3rd.ed. Toronto: James A. Kaufman, 1990. 208 p.
- KLEINJANS, J.C.S.; SCHOOTEN, F.J. Ecogenotoxicology: the evolving field. *Environm. Sci. Pharmacol.*, Amsterdam, v. 11, p.173-179, 2002.
- LINNINGER, A. A.; ALI, S.A.; STEPHANOPULOS, G. Knowledge-based validation and waste management of batch pharmaceutical process designs. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v.20, p.1431-1436, 1996.
- LINNINGER, A. A.; CHAKRABORTY, A.; COLBERG, R.D. Planning of waste reduction strategies under uncertainty. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v.24, p.1043-1048, 2000.
- LINNINGER, A. A.; CHAKRABORTY, A.; COLBERG, R.D. Synthesis and optimization of waste treatment flowsheets. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v.23, p.1415-1425, 1999.
- LINNINGER, A. A.; CHAKRABORTY, A. Pharmaceutical waste management under uncertainty. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v.25, p.675-681, 2001.
- LINNINGER, A. A.; STEPHANOPULOS, E.; ALI, S.A.; STEPHANOPULOS, G. Generation and assessment of batch process with ecological considerations. *Comp. Chem. Eng.*, Amsterdam, v.19, p.7-13, 1995.
- MANDAL, B.K.; SUZUKI, K.T. Arsenic round the world: a review. *Talanta*, Amsterdam, v. 58, p. 201-235, 2002.
- MONTESANO, R.; HALL, J. Environmental causes of human cancers. *Europ. J. Cancer*, Amsterdam, v. 37, p.567-587, 2001.
- OLIVEIRA, J.A.P. Understanding organizational and institutional changes for management of environment affairs in the brazilian petroleum sector. *Util. Policy*, Amsterdam, v. 11, p.113-121, 2003.
- PHILLIPS, P.S.; READ, A.D.; GREEN, A.E.; BATES, M.P. UK waste minimisation clubs: a contribution to sustainable waste management. *Res. Cons. Recycling*, New York, v.27, p.217-247, 1999.
- SANIN, F.D.; KNAPPE, D.R.U.; BARLAZ, M.A. The fate of toluene, acetone and 1,2-dichloroethane in a laboratory-scale simulated landfill. *Water Res.*, Amsterdam, v.34, p.3063-3074, 2000.
- SORENSEN, B.H.; NIELSEN, S.N.; LANZKY, P.F.; INGERSLEV, F.; LUTZHOFT, H.C.H.; JORGENSEN, S.E. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment - A review. *Chemosphere*, Amsterdam v.36, p.357-393, 1998.
- STEPNOWSKI, P.; BLOTEVOGEL, K.H.; GANCZAREK, P.; FISHER, U.; JASTORFF, B. Total recycling of chromatographic solvents-applied management of methanol and acetonitrile waste. *Res. Cons. Recycling*, New York, v. 35, n. 3, p. 163-175, 2001.
- WATERS, M.D., SELKIRK, J.K., OLDEN, K. The impact of new technologies on human population studies. *Rev. Mut. Res.*, Amsterdam, v. 544, p. 349-360, 2003.
- ZIMMELS, Y., KIRZHNER, F., LUX, K.H., ZELLER, T. Underground disposal of hazardous in Israel-design principles and conceptual approach. *Tunn. Undergr. Space Technol.*, Amsterdam, v. 21, p. 68-78, 2006.

Recebido para publicação em 31 de maio de 2006.

Aceito para publicação em 23 de janeiro de 2007.