

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO: NÚCLEO COMUM E ENSINO TÉCNICO

CAVALCANTE, Cleusa, DI VITTA, Patrícia Busko

profacleusa@hotmail.com

Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: *Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tratamento de resíduos gerados em laboratórios didáticos, com foco em atividades práticas desenvolvidas no ensino médio e técnico. Destaca a importância de um plano de gestão de resíduos, onde se deve criar uma rotina de segregação, armazenamento e rotulagem, bem como destinação adequada, pois o descarte adequado destes materiais é de grande importância ambiental, social e didática.*

Palavras-Chave: *Resíduos, Descarte, Armazenamento, Segregação, Laboratório.*

Abstract: *This paper presents a literature review on the treatment of waste generated in teaching laboratories, but it has a practical focus to activities developed in high school and technical. Stresses the importance of a waste management plan, where you must create a routine of segregation, storage, labeling, and proper disposal, since all this factors are of great environmental, social and didactic importance.*

Keywords: *Waste, Disposal, Storage, Segregation, Laboratory.*

1. INTRODUÇÃO

As propostas educacionais para o ensino de química afirmam que a investigação é um excelente recurso para a aprendizagem de uma ciência experimental. O uso adequado desta ferramenta auxilia os estudantes a observarem fenômenos, desfazerem conceitos do senso comum e elaborarem hipóteses. E, em se tratando de ensino técnico, as práticas laboratoriais são essenciais. Entretanto, tais práticas podem gerar resíduos que necessitam de um tratamento adequado para que possam ser removidos da área geradora.

Resíduo químico pode ser definido como uma substância, material ou mistura remanescente de atividade de origem industrial, serviço de saúde, agrícola ou comercial, a ser destinado conforme legislação ambiental vigente, tais como utilização em outro processo, reprocessamento/recuperação, reciclagem, coprocessamento, destruição térmica e aterro (ABNT NBR 16725).

Nas atividades de laboratórios didáticos são produzidos diversos resíduos considerados perigosos e devem-se minimizar os danos que eles venham causar ao meio ambiente e, conseqüentemente, ao ser humano. Existe ainda uma razão econômica para a minimização dos resíduos, pois, o tratamento realizado por empresas especializadas pode ter um alto custo.

Também é importante que exista consciência, por parte dos professores e técnicos, de que é necessário minimizar a utilização de reagentes (ALMEIDA, 2009).

O professor, no momento da elaboração da prática, deve não só pensar nos conteúdos, objetivos, reagentes e materiais necessários, mas também que tipo de

resíduos sua prática irá gerar. Verificar a possibilidade de aplicar experimentos em microescala, trabalhar com soluções diluídas e, no caso do ensino médio regular, trabalhar com materiais do cotidiano, o que facilita o descarte, á que não são perigosos.

Para o ensino técnico, a adoção da minimização está facilitada pelos atuais métodos instrumentais, com equipamentos cada vez mais sensíveis, que requerem quantidades mínimas de amostras. Porém, para análises em via úmida, é necessário rever as quantidades de reagentes requeridas. Uma única aula de titulação aplicada em quatro ou cinco turmas diferentes pode gerar cerca de dois litros de solução residual.

Esta quantidade pode até parecer pequena se comparada com as dos resíduos gerados pelo setor industrial, porém, numa instituição de ensino, a diversidade dos resíduos pode ser muito grande, dificultando assim a criação de um protocolo de descarte.

Uma rotina de descarte adequado dos resíduos, em laboratórios didáticos de ensino médio, é muito rara, até mesmo por não haver um órgão fiscalizador e também por não se ter, na instituição, um gestor do laboratório, que pode desenvolver um trabalho de otimização do uso de reagentes e criar procedimentos e normas para segregação, armazenamento de descarte dos materiais. Muitas vezes o descarte é feito em pia ou ralos, sem tratamento prévio.

Os resíduos mais comuns produzidos por laboratórios didáticos são solventes orgânicos como etanol, acetona, hexano, gasolina e clorofórmio. Produzem-se, ainda, soluções aquosas contendo metais pesados como prata, alumínio, cromo, bismuto, chumbo, cádmio, cobre, ferro, zinco e manganês, além de metais alcalinos e alcalinos terrosos como sódio, potássio, bário, cálcio, e de halogenetos, entre outros ânions.

No laboratório têm-se, ainda, sobras de soluções preparadas durante as aulas, reagentes contaminados, degradados ou fora do prazo de validade, soluções-padrões e fases móveis de cromatografia. No ensino técnico devemos ainda ter em mente a formação do profissional da área de química. O aluno deve saber que seu trabalho não se restringe a realizar ensaios químicos de forma correta e segura, mas também que é responsável pelo descarte adequado dos resíduos gerados em sua prática.

Assim, o professor de química e a instituição em que trabalha devem estar conscientes da importância de adotar ações efetivas no sentido do gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios, tanto do ponto de vista de responsabilidade civil quanto da formação de futuros profissionais da química.

2. LEGISLAÇÃO

Para a elaboração de um plano de gestão de resíduos deve-se conhecer a classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pela Norma Técnica - NBR 10.004, que trata da classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, empregada pelo setor industrial.

Apesar de não serem específicas para laboratórios didáticos, tais classificações devem ser aplicadas a estes, visto que, nos mesmos, existe a utilização de reagentes e produtos classificados como perigosos à semelhança de uma atividade industrial.

Nesta classificação, os resíduos sólidos podem ser divididos em:

Classe I - perigosos

Classe II – não perigosos

- resíduos classe II A – Não inertes.
- resíduos classe II B – Inertes.

De acordo com a NBR 10.004, os resíduos Classe 1 são aqueles que apresentam periculosidade, podendo acarretar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, por terem uma das seguintes características: toxicidade, reatividade, inflamabilidade, corrosividade e/ou patogenicidade.

Os resíduos não perigosos se classificam em Resíduos Classe II A (não inertes) e Resíduos Classe II B (inertes). Nos termos da NBR 10.004, resíduos classe II A são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I e classe II B, podendo ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Os resíduos inertes classe II B são aqueles que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10.007, e posteriormente submetidos a um contato dinâmico e estático, conforme a NBR 10.006, não tiverem nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

3. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

A Instituição de Ensino que possui um laboratório didático, seja ela de ensino médio regular ou técnico, deve ter um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR) próprio, tendo em vista que a classificação destes depende de vários fatores como natureza e concentração. É necessário realizar um estudo específico para a instituição e, portanto, não é possível copiar um PGR pronto de outra instituição.

Segundo Almeida (2009), o PGR constitui-se de um conjunto de procedimentos de gestão e planejamento implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados um encaminhamento seguro de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

Este programa somente terá êxito se todos os envolvidos nas atividades laboratoriais, gestores, professores e técnicos e alunos, estiverem conscientes da necessidade de um destino adequado aos resíduos. Todos devem estar dispostos a programar ações tanto no planejamento das atividades, execução e disponibilização de recursos para o gerenciamento dos resíduos. O aspecto humano é muito importante para um gerenciamento correto dos resíduos e minimização dos danos que podem ocorrer ao meio ambiente. Para tanto, o treinamento e capacitação dos técnicos, usuários e responsáveis pelo laboratório é imprescindível.

A grande variedade de resíduos gerados por uma instituição de ensino dificulta o estabelecimento de regras gerais para manejo de resíduos, porém é possível estabelecer algumas etapas como segue:

- a) Realizar um levantamento dos reagentes e resíduos armazenados bem como dos resíduos gerados rotineiramente no laboratório.
- b) Levantar informações de segurança dos materiais, como toxicidade, reatividade, compatibilidade e procedimentos de segurança. É importante existir no laboratório um arquivo com todas as Fichas de Informações e Segurança de

- Produtos Químicos (FISPQ), que estão disponíveis, por exemplo, no site do próprio fabricante do reagente.
- c) Estudar as possibilidades de substituição de substâncias perigosas nos experimentos, ou ainda a minimização das substâncias problemáticas geradoras de resíduos perigosos.
 - d) Segregar os materiais conforme sua compatibilidade química e propriedades físicas - devem-se separar metais, resíduos sólidos, solventes inflamáveis, solventes clorados entre outros.
 - e) Rotular adequadamente para identificação do tipo de resíduo químico temporariamente armazenado.
 - f) Tratar os resíduos - para alguns tipos de resíduos é possível fazer a neutralização para posterior descarte, mas, para isso, é importante realizar um estudo de reatividades e toxicidade dos reagentes.
 - g) Armazenar adequadamente os resíduos - para mistura de resíduos é imprescindível realizar testes de incompatibilidade. E os resíduos devem ser armazenados em recipientes apropriados.
 - h) Destinar os resíduos - os gestores devem fazer um levantamento de empresas que realizem o tratamento, a incineração ou a disposição de resíduos químicos e o transporte de resíduos químicos para o destino final bem como o equipamento necessário devem atender ao disposto em normas específicas.

3.1 Classificação

Resíduos de laboratório podem ser classificados como perigosos e não perigosos

Resíduos químicos não perigosos

São resíduos que apresentam baixa toxicidade, reatividade, inflamabilidade e corrosividade conforme a NBR 10.004.

Para o descarte realizado diretamente na pia também devemos levar em consideração o pH: compostos com características ácido-base ($\text{pH} < 6$ ou $\text{pH} > 8$) devem ser neutralizados antes do descarte.

Podemos citar como exemplos de substâncias sem riscos químicos:

Substâncias orgânicas: glicídios (amido); acetatos e seus sais (Ca, Na, K e NH_4); aminoácidos e seus sais; ácido cítrico e seus sais (Ca, Na, K, Mg e NH_4); e ácidos láctico e seus sais (Ca, Na, K, Mg e NH_4).

Substâncias inorgânicas: Bicarbonatos, brometos e iodetos (Na e K); carbonatos, cloretos e silicatos (Ca, Na, Mg e K); óxidos (Mg, Ca, Al, Si, Sr, Ti, Mn, Co, Cu, Sn e Fe); fosfato e sulfatos (Ca, Na, Mg, NH_4 e K) (BUSATO, 2008).

Outros materiais, quando não contaminados com produtos perigosos também podem ser descartados, como exemplos adsorventes cromatográficos, materiais de vidro e papel de filtro, também podem ser descartados comumente.

Resíduos químicos perigosos

São aqueles que apresentam alto risco de inflamabilidade, corrosividade, reatividade ou toxicidade. Tais resíduos devem ser segregados e colocados em frascos

adequados e rotulados adequadamente para posterior descarte apropriado. Também devemos observar os resíduos de processos, definidos como aquele que em virtude de algum uso, processo ou procedimento, não atende às especificações originais do fabricante (ALMEIDA, 2009).

Líquidos produzidos em laboratório, que contenham metais pesados, podem ser tratados de forma especial. A princípio, deve-se removê-los da solução, precipitando, com o acerto de pH conveniente, ou fazendo co-precipitação com $\text{Fe}(\text{OH})_3$, ou adsorção em carvão ativo. Na tabela 01, para metais pesados mais comumente produzidos nos laboratórios, temos algumas possibilidades de tratamento.

Tabela 1 Remoção de metais pesados de líquidos de descarte

METAL	PROCESSO DE REMOÇÃO	CONCENTRAÇÃO FINAL (ppm)
Bário	Precipitar com SO_4^{2-}	0,05
Cobre	Precipitar com $\text{Cu}(\text{OH})_2$	0,2
	Co-precipitar com $\text{Fe}(\text{OH})_3$	0,3
Chumbo	Precipitar com $\text{Pb}(\text{OH})_2$	0,5
	Precipitar como $\text{Pb}(\text{OH})_3$	0,002
Selênio	Precipitar como PbS	-
	Precipitar com S^{2-}	0,05
Mercúrio	Co-precipitar com $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ou $\text{Al}(\text{OH})_3$	0,1
Níquel	Precipitar como $\text{Ni}(\text{OH})_2$	0,15
Zinco	Precipitar como $\text{Zn}(\text{OH})_2$	-

Fonte: Ferraz (2004)

3.2 Rotulagem

Após a classificação dos resíduos, é muito importante a rotulação adequada dos frascos para armazenamento dos resíduos. Segundo ABNT NBR 16.725 o rótulo do resíduo químico deve ser confeccionado em material que resista às condições normais de manuseio, transporte e armazenamento até a sua destinação final, não podendo conter imagens ou informações que possam induzir o usuário ao erro.

O rótulo dos resíduos químicos deve conter algumas informações obrigatórias, que podem variar de acordo com a classificação do resíduo.

Resíduos químicos classificados como não perigosos

Para este tipo de resíduo o rótulo deve conter o nome do resíduo químico, nome e telefone de emergência do gerador e a seguinte frase “Este resíduo é classificado como não perigoso, conforme a ABNT NBR 10004 e as Regulamentações de Transporte de Produtos Perigosos e suas instruções complementares.” (ABNT NBR 16725)

Resíduos químicos classificados como perigosos

Devido à classificação dos resíduos como perigoso, o rótulo deve conter um número maior de informações. Conforme modelo mostrado na Figura 1, este deve se basear nas informações presentes na Ficha com Dados de Segurança de Resíduos (FDSR) do

ingrediente do resíduo ou em informações disponíveis em bases de dados internacionais sobre geração de resíduos.

A identificação do rótulo deve conter o nome do resíduo químico perigoso bem como telefones de emergência do gerador para suporte em situações de emergência. Deve conter, ainda, a composição química básica qualitativa do resíduo e, quando não for possível informar, de maneira precisa, tal composição, deve-se fornecer informações detalhadas sobre o processo gerador.

O rótulo deve apresentar a descrição dos perigos conforme ABNT NBR 10004, bem como frases de precaução informando dados de perigo físico, exposição à saúde e medidas em caso de acidente e proteção ambiental. Necessita conter também a seguinte frase “A Ficha com Dados de Segurança de Resíduos deste resíduo químico perigosos pode ser por meio de ...” esta frase deve ser completada com informações como telefone de emergência, site etc, para em caso de acidentes tomar as medidas necessários (ABNT NBR 16725).

Figura 1 Exemplo ilustrativo de um rótulo

Nome do resíduo	Frases de precaução Mantenha o recipiente fechado Mantenha afastado do fogo, faíscas e superfícies aquecidas – Não fumar.	Composição química
Nome do gerador	Use somente em local ventilado. Mantenha longe do alcance de crianças Leia o rótulo antes do uso	Inflamável
Telefone	Nunca aspire a poeira, vapor ou névoa	
Telefone de emergência	Use luvas de proteção (especificar o tipo de luva) No caso de incêndio, use... (especifique o tipo de equipamento) Se inalado, administre oxigênio ou respiração artificial e procure atendimento médico. Armazene em local fresco e arejado	

Fonte: ABNT NBR 16725 (2011)

3.3 Segregação e armazenamento

Como citado anteriormente, a quantidade de resíduos gerados em um laboratório didático é pequena, então, muitas vezes, é necessário armazenar os resíduos em locais provisórios, para posterior destinação final. Contudo, mesmo sendo um armazenamento

temporário, deve-se atentar para o acondicionamento adequado, pois produtos químicos podem reagir entre si e modificar suas características.

Sendo assim, é necessário realizar uma segregação adequada, colocando-se os resíduos em recipientes coletores apropriados, conforme mostra tabela 2.

Tabela 2 Classificação dos recipientes para coleta de resíduos químicos

Recipiente coletor	Resíduos
A	Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios.
B	Solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios.
C	Resíduos sólidos de produtos químicos orgânicos que são acondicionados em sacos plásticos ou barricas originais do fabricante, devidamente rotulados e separados por material adsorventes, como vermiculite ou argila.
D	Soluções salinas; nestes recipientes deve-se manter o pH entre 6 e 8, acondicionados em frascos individuais, devidamente rotulados e separados por material adsorvente, como vermiculite ou argila.
E	Resíduos inorgânicos tóxicos, como por exemplo, sais de metais pesados e suas soluções, descartar em frascos resistentes ao rompimento com identificação clara e visível.
F	Compostos combustíveis tóxicos, em frascos resistentes ao rompimento com alta vedação e identificação clara e visível.
G	Mercúrio e resíduos de sais inorgânicos.
H	Resíduos e sais metálicos regeneráveis, cada metal deve ser recolhido separadamente.
I	Sólidos inorgânicos.

Fonte: Merck (1996); Zacanaro Júnior (2002)

Os recipientes coletores devem ser rotulados adequadamente, observadas as normas descritas anteriormente. Para misturas de resíduos em um mesmo recipiente coletor é importante a realização do teste de incompatibilidade.

Segundo Cunha (2001) esse teste consiste em juntar em um béquer uma amostra de uma gota do resíduo neutralizado com uma amostra de uma gota do conteúdo do recipiente coletor. Caso não haja reação violentamente exotérmica e nem liberação violenta exotérmica e nem liberação de gás, os resíduos serão considerados compatíveis. O teste deve ser realizado na capela.

É importante ressaltar que ao se manejar produtos químicos de laboratório deve-se ter a máxima precaução, é necessário o uso de roupas e material de proteção adequado.

3.4 Disposição final de resíduos químicos

A recuperação de resíduos no próprio laboratório é uma alternativa interessante, pois, além de diminuir o volume dos resíduos gerados, também reduz os custos com a compra de materiais. Porém, essa recuperação nem sempre é viável ou funcional no laboratório didático de ensino médio.

Muitas universidades possuem laboratórios de tratamento de seus resíduos e fazem parcerias com instituições de ensino médio para auxiliá-las na destinação de resíduos de laboratório. Algumas empresas especializadas também oferecem esse serviço, mas é responsabilidade do professor ou gestor de laboratório e da instituição verificar a destinação adequada que tais empresas realizam, pois o descarte adequado de resíduos não só apenas uma questão legal, é uma questão ética (ALMEIDDA, 2009).

Tratamentos térmicos: Incineração ou co-processamento em fornos de cimento: é uma solução pra resíduos com alto poder calorífico, tais como solventes inflamáveis. Esse procedimento deve ser realizado acima de uma temperatura mínima de 800°C. Conforme resolução nº 264 (1999) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) não podem ser co-processados resíduos domiciliares brutos, de serviço de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

Aterro industrial: é utilizado para disposição final de resíduos industriais no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública ou à sua segurança, minimizando os impactos ambientais.

Degradação através de processos oxidativos avançados: Este processo tem sido uma alternativa de grande interesse para o tratamento de matrizes contaminadas com compostos orgânicos. Estes processos são mais intensivamente utilizados para o tratamento de efluentes em fase aquosa e gasosa e, mais recentemente, têm sido aplicados pra matrizes sólidas, como solos e sedimentos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão dos resíduos gerados em laboratórios didáticos é uma questão muito importante a ser considerada pela instituição de ensino, sendo uma responsabilidade ética, ambiental e social. O planejamento adequado das atividades com vistas para minimização de resíduos e o destino adequado também deve ser uma preocupação do professor.

Uma rotina adequada de procedimentos para segregação, armazenamento e destinação dos resíduos deve ser elaborada pelo gestor do laboratório. Além disso, o treinamento da equipe de trabalho, professores e técnicos é de suma importância, pois o descarte inadequado de resíduos perigosos pode causar danos o meio ambiente, ou até mesmo, devido à incompatibilidade de reagentes, ocasionar graves acidentes.

Cursos de ensino médio e técnicos são responsáveis pela formação básica dos futuros profissionais, tanto da química quanto de outras áreas, e a orientação adequada sobre a responsabilidade de cada indivíduo com a sociedade não passa só pelos conteúdos e sim também pela prática do professor e da instituição.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.500: *Símbolos e riscos e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais*. Rio de Janeiro, 1987

_____. NBR 10.004: *Resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004

_____. NBR 10.007: *Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro, 1987

_____. NBR 16.725: *Rótulos e Ficha com dados de segurança de resíduos*. Rio de Janeiro, 2011.

BARKER, M. A. *Na bancada: manual de iniciação científica em laboratório de pesquisas biomédicas*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BUSATO, A. P. *Segregação de resíduos*. In: ALMEIDA, Maria F. C. *Boas práticas de laboratório*. São Paulo: Difusão Editora, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 264, de 26 de agosto de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de ago.1993. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 12 ago 2011.

CUNHA, C. J. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do departamento de química da UFPR. *Química Nova*, v. 4, n. 3, p. 424-427, 2001.

FERRAZ, César F. *et al. Técnicas de segurança em laboratórios – Regras e práticas*. 1. ed., São Paulo: Ed Hemus, 2004.

FUNDACENTRO. *Fichas de orientação para produtos químicos*. Divisão de Higiene e Saúde. Departamento de Medicina do Trabalho, ministério do trabalho, 1980 a 1995.

YERGA, Daniel Martin. Resíduos Químicos em um Laboratório. Disponível em <<http://www.slideshare.net/yerga/residuos-quimicos-en-un-laboratorio>>. Acesso em 19 out 2011.

THE MERCK INDEX OF CHEMICAL AND DRUGS. 7th e, Merck & Co., Inc., 1960.

ZANCANARO JUNIOR, O. *Manuseio de produtos químicos e descarte de seus resíduos*. In: HIDRATA, H. H.; FILHO, J. M. *Manual de Biossegurança*. São Paulo: Editora Manole, 2002.