

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS: COMO COMEÇAR?

Recebido em 28/08/2015

Aceito para publicação em 10/09/2015

1ºTen (S) Victor Hugo Pella Legramandi ¹
1ºTen (RM2-S) André Avelino de Oliveira Mendes ²
1ºSG-MI Roberto Cruz da Silva ³
CF (FN) Leonardo Amorim do Amaral ⁴

RESUMO

A questão ambiental vem sendo discutida no Brasil desde a década de noventa, com enfoque nos riscos para a humanidade viver num ecossistema poluído. O Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais preocupa-se com questões de sustentabilidade e planeja o descarte dos resíduos químicos do seu futuro Laboratório de Análises NBQR. O correto descarte de resíduos laboratoriais possui grande relevância para o ecossistema. Deve-se evitar o descarte diretamente no esgoto ou em lixeiras comuns, sem maiores cuidados e com graves prejuízos ambientais. Este estudo objetiva, após uma revisão na literatura, apresentar procedimento que auxilie laboratórios que iniciam seus Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos e apresenta os passos necessários para o correto manejo desses rejeitos. A literatura pesquisada recomenda que o melhor modo de desenvolver esse programa é envolver pesquisadores, técnicos e estagiários que atuarem nesse laboratório.

Palavras-chave: Resíduos químicos; Gerenciamento de resíduos; Ecossistema.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos químicos é algo inerente aos processos industriais ou atividades de pesquisa e ensino. Desde o início da década de 1990, tem-se discutido sobre a melhor forma de gerenciamento desses resíduos, já que antes desse período vigorava a lei do desenvolvimento sem se preocupar com a sustentabilidade.¹

Os geradores de resíduos podem ser classificados de duas maneiras: grandes e pequenos geradores. Os grandes geradores, geralmente indústrias, se caracterizam por pequena variedade e grande quantidade de cada tipo de resíduos, principalmente em função da padronização de seus processos; enquanto que os pequenos geradores, como laboratórios de ensino e pesquisa, possuem uma grande variedade de resíduos, porém com pequena quantidade de cada um deles, visto que muitos são os processos executados.

Independente da classificação, é importante que se estabeleça um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos adaptado à realidade de cada gerador, tendo em vista que existem medidas diferentes em função do tipo de resíduo e da capacidade que cada instituição possui de processá-los. Geralmente, grandes geradores de resíduos possuem estações de tratamento de resíduos, enquanto que os pequenos geradores optam pela terceirização desse serviço.²

O tratamento de resíduos envolve processos que visam à redução do volume ou diminuição de sua toxicidade. Essas medidas são necessárias para que, ao entrar em contato com o meio ambiente, o resíduo não cause danos para o mesmo.³

Os acidentes industriais ocorridos nos últimos anos contribuíram de forma significativa para despertar a atenção das autoridades governamentais, da indústria e da própria sociedade em geral, no sentido de evidenciar esforços para a prevenção desses episódios que comprometem a segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente. Assim, as técnicas e métodos já amplamente utilizados nas indústrias bélica e aeronáutica passaram a ser adaptados para a realização de estudos de análise e avaliação dos riscos associados a outras atividades industriais, em especial nas áreas de petróleo, química e petroquímica. Da mesma forma, os estudos de análise de riscos têm se mostrado importantes na análise de instalações industriais já em operação, porque permitem que os riscos sejam avaliados e gerenciados a contento, mesmo que estes empreendimentos não estejam vinculados a um processo de licenciamento formal. A análise de riscos em instalações industriais é realizada através da avaliação tanto da probabilidade ou frequência dos cenários acidentais, quanto de suas consequências.⁴

Nas instalações químicas as situações de Risco ou Perigo podem ser definidas como a existência de uma ou mais condições de uma variável com potencial necessário para causar danos. Esses danos podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e

¹ Farmacêutico-Bioquímico. Mestre em Ciências Farmacêuticas. Encarregado da Divisão de Gestão do Conhecimento do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais, Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação. E-mail: victor.legramandi@gmail.com

² Engenheiro Mecânico. Mestre em Engenharia Mecânica. Encarregado da Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais, Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação.

³ Especialista em Física e Matemática. Auxiliar da Seção de Apoio do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais, Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação.

⁴ Bacharel em Ciências Navais. Mestrando em Engenharia Nuclear. Chefe do Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais.

instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção.⁵⁻⁶

O Risco pode ser definido como sendo o produto da frequência de ocorrência de um evento, dentro de um período de tempo, pela magnitude dos danos que este evento possa causar a um indivíduo, aos trabalhadores, ao público, à propriedade privada ou pública ou ao meio ambiente.⁷ A avaliação de risco é uma metodologia que analisa os vários aspectos relacionados à segurança das substâncias, unindo suas causas e efeitos de uma maneira quantitativa.⁸

Portanto, desde o planejamento estratégico de uma instalação industrial ou de um laboratório de ensino e pesquisa, deve-se levar em conta qual será a estratégia a ser adotada para o gerenciamento dos resíduos resultantes das operações realizadas. Por essa razão, este estudo objetiva apresentar um procedimento que facilite a elaboração de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos, de modo a contribuir para que as instalações que estão iniciando suas atividades e que gerem esses resíduos evitem a cultura do “jogar na pia.”⁹⁻¹⁰

MÉTODO

Para a elaboração do procedimento de descarte do seu futuro Laboratório de Análises NBQR, o pessoal técnico do CTecCFN realizou uma busca nas bases de dados Scielo, PubMed e Periódicos CAPES, utilizando-se os descritores “Resíduos Químicos”, bem como as respectivas traduções em inglês “Chemical Waste” e “Waste Management” de modo a encontrar relatos de experiências de outros pesquisadores no processo de implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos. Foram escolhidos artigos nacionais para subsidiarem este estudo, visto que estes se adaptam melhor à nossa realidade cultural e principalmente à legislação em vigor no Brasil.

Dos 126 artigos encontrados, 11 abordavam a questão em estudo. Baseado nestes trabalhos, buscou-se concentrar a experiência dos demais pesquisadores de modo a preparar um fluxograma com as atividades sugeridas para a elaboração do referido Programa. Algumas outras estratégias foram descritas ao longo do texto para complementar o que foi proposto no procedimento.

Não se espera esgotar o tema, contudo este trabalho buscou auxiliar aqueles laboratórios/pesquisadores que estão iniciando suas atividades de pesquisa/produção industrial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescente desenvolvimento da sociedade ocidental tem sido graças aos avanços tecnológicos, os quais originaram produtos que permitiram o estilo de vida de hoje. Medicamentos, detergentes, tintas, plásticos e combustíveis, por exemplo, vêm de diferentes processos industriais, de natureza química. Nestes tipos de indústrias pode-se identificar, basicamente, dois setores como sendo os que oferecem maior risco potencial:

- Áreas de processo: são as áreas onde as transformações ou reações acontecem. Acidentes nestas áreas podem ter consequências tanto interna quanto externamente à instalação.
- Áreas de armazenamento: estas áreas contêm, geralmente, tanques, depósitos e contêineres com os produtos utilizados nos processos. Embora a chance de ocorrer um acidente nessas áreas seja pequena, se ele ocorrer as consequências externas poderão ser bastante graves, em função da grande quantidade

de produto normalmente envolvido.

Alguns acidentes na indústria química podem ter consequências apenas nos limites de propriedade da indústria, e outros podem ter efeitos fora da instalação e afetar a população local, a propriedade privada ou pública e o meio ambiente, em maior ou menor extensão.

Um dos possíveis efeitos causados por um cenário acidental em uma instalação química é a exposição acidental de produtos tóxicos originalmente contidos em sistemas de contenção ou de transporte. No caso de gases e vapores, o efeito principal é decorrente da nuvem do produto liberado, e as consequências dependerão das características do produto, das condições meteorológicas e da topografia do terreno.

O que caracteriza esses cenários não é somente sua capacidade de provocar mortes, mas também, o potencial da gravidade e extensão dos seus efeitos ultrapassarem os limites de propriedade da indústria.⁷

O fluxograma do procedimento proposto pode ser observado na (Figura 1).

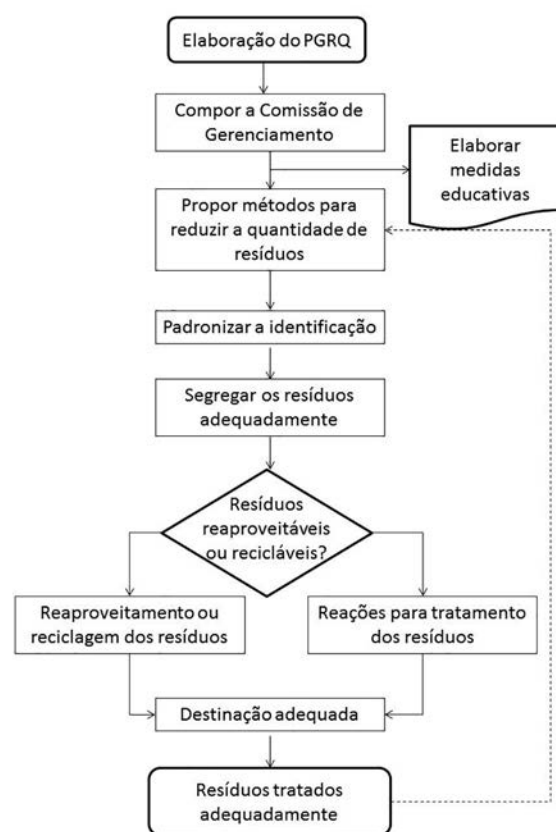


Figura 1: Fluxograma contendo as etapas propostas para a elaboração de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos. Legenda: PGRQ: Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos.

A primeira etapa sugerida é compor uma Comissão de Gerenciamento. A criação de tal Comissão é importante para definir as estratégias e coordenar as atividades a serem adotadas, ações que estariam prejudicadas se estivessem difusas entre os diversos grupos da instituição.^{1,3,11-12} Inicialmente, o seu papel é fazer o levantamento de todos os resíduos que serão gerados, bem como estimar as quantidades de cada um deles.

Concomitantemente, é importante que a Comissão estabeleça medidas para a educação de todos os envolvidos, sejam eles os geradores de resíduos ou os responsáveis pelo seu manejo. Isto é de

suma importância para que se tente acabar com a cultura do descartar diretamente no esgoto ou no lixo comum e construir a filosofia do reaproveitamento de produtos e da redução dos danos ambientais.¹³ Antes de tudo, é necessário promover uma mudança de atitudes.⁸

Outra atividade importante da Comissão é definir um modelo de etiqueta de identificação dos resíduos, pois essa será utilizada tanto para a segregação quanto para a destinação final. Esta etiqueta deve conter no mínimo, as seguintes informações: fonte geradora, substância ou mistura provável, incompatibilidades, responsável técnico e seu contato, data de início e fechamento da embalagem.¹⁵

Nesse momento, é importante a participação de todos para propor métodos para a redução da quantidade de resíduos. Deve ser valorizada a criatividade, bem como o desenvolvimento de novos métodos, os quais utilizarão menor quantidade de reagentes/solventes ou, ainda, a troca de substâncias por outras menos tóxicas ou poluentes. Tal desenvolvimento é de grande importância para toda a comunidade científica já que poderão ser reproduzidos em outros laboratórios, contribuindo ainda mais com a cultura de não agressão ao meio ambiente.

A correta segregação e acondicionamento dos resíduos permite um ambiente mais seguro. Deve-se levar em conta principalmente os riscos e a incompatibilidade descritas nas etiquetas de identificação. Uma forma de descrever esses riscos é o uso do diamante de Hommel, o qual descreve de uma forma bastante simples os riscos relacionados ao grau de inflamabilidade, toxicidade, reatividade e riscos específicos, como corrosivo e oxidante.^{2,8} A escolha do tratamento depende do tipo de resíduo, razão pela qual a correta segregação é de suma importância para todo o processo de gerenciamento.¹⁵

A comunicação entre os departamentos da instituição deve ser intensificada para o intercâmbio de reagentes. A troca permite que os produtos com data de validade próxima de expirar sejam utilizados em outros laboratórios, bem como alguns resíduos de um podem ser utilizados como reagentes por outros laboratórios. Ainda, existe a possibilidade de tratamentos para que os resíduos sejam purificados ou que reações químicas pouco dispendiosas sejam feitas de modo a se produzir reagentes de interesse para outros processos da unidade.

Novos processos têm sido desenvolvidos com o intuito de reduzir a toxicidade dos compostos a serem descartados. Destaca-se a utilização de processos biológicos, como o cultivo líquido de fungos, cuja atividade enzimática extracelular é capaz de transformar resíduos em compostos menos tóxicos. Outra possibilidade é o Processo Oxidativo Avançado, utilizando compostos oxidantes para se obter a redução da toxicidade.⁹

Uma técnica de grande utilidade é a destilação fracionada para a recuperação de solventes; ou a produção de nitrato de prata, que são processos economicamente viáveis e permitem a recuperação de compostos que não poderiam ser descartados diretamente no esgoto.^{13,15}

Diversos métodos podem ser utilizados para a redução do volume e toxicidade dos rejeitos químicos. Todavia, é importante ressaltar que cada um deles apresenta vantagens e desvantagens. Como exemplo, os processos biológicos são bastante eficientes e com baixo custo, porém demoram um longo tempo, diferentemente dos processos de oxidação avançada, que apresentam melhores resultados

rapidamente, mas apresentam alto custo. Sugere-se, portanto, que sejam realizados tratamentos combinados, de modo a aproveitar suas vantagens e reduzir ao máximo suas deficiências.¹⁵

Nos casos em que não seja possível o reuso ou reciclagem, deve-se tentar ao máximo a produção de compostos menos tóxicos ou a redução no volume do material a ser descartado. Um exemplo típico é a precipitação dos íons de metais pesados e sua posterior decantação/filtração. A retirada desse material da solução permite o descarte do sobrenadante/filtrado diretamente na rede de esgoto e o descarte apenas do precipitado como material poluente, reduzindo significativamente o volume a ser encaminhado à estação de tratamento.^{1,13,15}

Por fim, a instituição decidirá quanto às vantagens e desvantagens de se estabelecer uma unidade de tratamento de resíduos *in loco* ou contratação de uma empresa terceirizada.

Grandes geradores de resíduos geralmente preferem estabelecer uma estação de tratamento, enquanto pequenos geradores consideram economicamente viável a contratação de terceiros. Neste caso, o contratante permanece responsável pelos resíduos até a sua destruição, devendo manter em seus arquivos documentos que comprovem o correto destino para o material em questão. Novamente, a correta identificação auxilia quanto às incompatibilidades e determinação dos riscos de cada material, evitando expor os trabalhadores a riscos e orientando o uso correto dos equipamentos de proteção.²

A última etapa requer grande atenção, já que se trata da avaliação de todo o processo elaborado pela Comissão e executado por toda a unidade. Nesse momento, todos os acertos e oportunidades de melhorias devem ser levantados, de modo a se propor adaptações nos métodos e reiniciar o ciclo de gerenciamento já com a experiência e aprendizado adquiridos.¹¹

CONCLUSÃO

O Gerenciamento de resíduos é uma atividade que se reveste de grande importância, tanto do ponto de vista ambiental (tão discutido nos meios de comunicação), quanto do ponto de vista econômico e social. Podemos abordá-lo de diversas maneiras, mas a que mais se destaca é a educação e a participação de todos os envolvidos.

Trata-se de um processo que exige bastante esforço da instituição, mas que pode trazer retornos significativos em virtude do reuso e reaproveitamento de materiais que antes iriam para o lixo. Além disso, agrega valor à instituição, visto que o mercado vê com muito bons olhos as unidades conscientes de seu papel socioambiental.

Por essa razão, o CTecCFN investe na conscientização do seu efetivo e pretende utilizar as técnicas propostas para desenvolver o seu programa de gerenciamento de resíduos químicos abordando o desenvolvimento de valores científicos de programas socioambientais e econômicos que podem ser empregados em todos os tipos de unidades laboratoriais, sejam elas pequenas ou grandes geradoras de resíduos.

REFERÊNCIAS

1. Marinho CC, Bolelli RL, Esteves FA, Gonçalves ACB, Rocha VA, Silva WH. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. Ecl Quím. 2011;36(2):85-104.
2. Gil ES, Garrote CFD, Conceição EC, Santiago MF, Souza AR.



Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2007 jan/mar;43(1):19-29.

3. Barrantes JCM, Marín GP, Salazar RP, Barboza GC, Ramírez DB. Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *Tecnología en Marcha.* 2012 Jan/Mar;25(1):64-9.

4. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (São Paulo). Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. São Paulo: Companhia Ambiental; 1994. 54 p.

5. Cicco FD, Fantazzini ML. Gerência de riscos: os riscos empresariais e a gerência de riscos [CD-ROM]. *Rev Proteção*; 1998. Edição comemorativa 94 de 10 anos.

6. Souza EA. O treinamento industrial e a gerência de riscos: uma proposta de instrução programada [dissertação]. Florianópolis: Escola de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina; 1995.

7. Porto MFS, Freitas CM, Machado JMH. Grandes e graves [CD-ROM]. *Revista Proteção*; 1998. Edição comemorativa 94 de 10 anos.

8. Carneiro DA. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino. *Rev Tecer.* 2009 maio;2(2):7-18.

9. Nozu LL, Saldanha PCA, Soares M, Barbosa VM, Machado AF, Silva ER. Avaliação de tratamento físico-químico e biológico dos resíduos de corantes produzidos em laboratório de microbiologia. *Acta Sci Technol.* 2010;32(1):7-13.

10. Reynaldo EMFL, Janissek PR, Vasconcelos EC. Resíduos

químicos produzidos em equipamentos de análises hematológicas: conhecimento e práticas nos laboratórios. *J Bras Patol Med Lab.* 2012 fev;48(1):15-20.

11. Giloni-Lima PC, Lima VA. Gestão integrada de resíduos químicos em Instituições de Ensino Superior. *Quím. Nova.* 2008 Ago 8;31(6):1595-8.

12. Imbroisi D, Guaritá-Santos AJM, Barbosa SS, Shintaku SF, Monteiro HJ, Ponce GAE, et al. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. *Quím. Nova.* 2006 jan 20;29(2):404-9.

13. Gerbase AE, Gregório JR, Calvete T. Gerenciamento dos resíduos da disciplina Química Inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Quím. Nova.* 2006 jan 27;29(2):397-403.

14. Abreu DG, Iamamoto Y. Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química, formação profissional com responsabilidade ambiental. *Quím. Nova.* 2003 dez 13;26(4):582-4.

15. Berrio L, Beltrán O, Agudelo E, Cardona S. Sistemas de tratamento para residuos líquidos generados. *Rev Gestión y Ambiente.* 2012 dez;15(3):113-24.

Como citar este artigo: Legramandi VHP, Mendes AAO, Silva RC, Amaral LA. Programa de gerenciamento de resíduos químicos: como começar? *Arq Bras Med Naval.* 2015 jan/dez;76(1):25-28.



CHEMICAL WASTE MANAGEMENT PROGRAM: HOW TO START?

Received on 8/28/2015

Accepted for publication on 9/10/2015

1°Ten (S) Victor Hugo Pella Legramandi ¹
1°Ten (RM2-S) André Avelino de Oliveira Mendes ²
1°SG-MI Roberto Cruz da Silva ³
CF (FN) Leonardo Amorim do Amaral ⁴

ABSTRACT

Environment matter has been discussed in Brazil since 1990's, mainly for the risks to humankind living on a polluted ecosystem. The Technological Center of the Marine Corps – CTecCFN is concerned about the environment sustainability issues and is planning the chemical waste disposal for its future CBRN Analysis Laboratory. The proper laboratory waste disposal has great importance to the ecosystem. It should be avoided the disposal directly into sewers or common trash leading to environmental damages. Based on literature this study present a procedure that could help labs to elaborate a Chemical Waste Management Program, suggesting all the steps for a good management of these rejects. Literature demonstrates that the best way to develop this program includes everyone who works in this lab – researchers, technicians and trainees.

Keywords: *Chemical waste; Waste management; Ecosystem.*

INTRODUCTION

The generation of chemical waste is inherent to industrial processes or research and teaching activities. Since the early 90's, it has been discussed about the best way to manage these wastes. After all, before that time the law was development without worry about sustainability.¹

The waste generators can be classified in two groups: large and small generators. The large generators, usually industries, are characterized by tiny variety and large amount of each type of waste because of their processes standardization. On the other hand, small generators, such as teaching and research laboratories, have an extensive diversity of residues but a minor amount of each of them, because of numerous processes executed.

Regardless of classification it is important to establish a Chemical Waste Management Program adapted to reality of each generator. It is important to have in mind that the methods must be different based on the nature of the chemical waste and also the capacity of each institution to process them. Large generators, usually, treat their own chemical waste, while small generators contract a specialized manufacturing.²

Waste management involves process aimed at reducing the volume or decreasing its toxicity. These measures are to ensure that, when in contact with the environment, residue does not cause damage to it.³

Industrial accidents occurred in recent years contributed significantly to call the attention from government, industrial and society authorities, in order to highlight efforts to prevent these episodes that compromises security from people and quality of the environment. Thus, techniques and methods already broadly used in war and aeronautics industries has being adopted to realize studies of analysis and evaluation of the associated risks with other industrial activities, specially oil, chemical and petrochemical. Similarly, risk analysis studies have shown to be important in the analysis of industrial plants already in operation, because they allow risks to be assessed and managed satisfactorily, even if these developments are not tied to a formal licensing process. Risk analysis is carried out in industrial installations by evaluating both the probability or frequency of accident scenarios, as its consequences.⁴

Chemical facilities in risk or hazard situations can be defined as the existence of one or more conditions of a variable with potential to cause harm. Such damage can be understood as injury to people, damage to equipment and facilities, environmental damage, loss of mate-

¹ Pharmacist. Master in Pharmaceutical Sciences. Responsible for the division for Knowledge Management Technological the Marine Corps Center, Department of Science, Technology and Innovation.

² Mechanical Engineer. Master in Mechanical Engineering. Responsible for the Division of Research and Technological Development Center of the Marine Corps, Department of Science, Technology and Innovation.

³ Specialist in Physics and Mathematics. Auxiliary Support Section of the Technological Center of the Marine Corps, Department of Science, Technology and Innovation.

⁴ Bachelor's degree in Naval Science. Master's degree in Nuclear Engineering. Head of Departmente of Science, Technolog and innovation Center of the Marine Corps, Department of Science, Technology and Innovation.

rial in process or reducing production capacity.⁵⁻⁶

Risk can be defined as the product of the frequency of occurrence of an event within a period of time, the magnitude of damage that this event can cause to individual workers, public, private or public property or environment.⁷ Risk assessment is a methodology that analyzes the various aspects related to safety of substances, linking their causes and effects in a quantitative way.⁸

Therefore, the establishment of an industry or of a teaching and research laboratory should take into account the strategy to be adopted for the management of the chemical waste. For that reason, this study aims to present a path to simplify the development of a Chemical Waste Management Program to the facilities who are initiating their activities in order to avoid the "discard in the sink" culture.

METHOD

In order to prepare the disposal procedure of the future CBRN Laboratory, technical staff of CTecCFN conducted a search in SciELO, PubMed and Periódicos CAPES databases using "Resíduos Químicos" and their English translations "Chemical Waste" and "Waste Management" as descriptors. The intention of this search was to find reports of other researchers who already established a Chemical Waste Management Program. National articles were preferred to subsidize this study because they suit our professional reality and mostly to the legislation in force in Brazil.

From 126 articles found, 11 addressed the issue under study. A flowchart was prepared based on the experience of other researchers from the selected papers. This flowchart comprises activities for the program implementation. In addition to what was proposed some other strategies have been described throughout text.

The aim of this paper is not to exhaust the subject, but to assist labs/researchers who are starting their research/production activities.

RESULTS AND DISCUSSION

Growing development of Western society has been thanks to technological advances, which originated products that have enabled today's lifestyle. Drugs, detergents, paints, plastics, and fuels, for example, come from different chemical nature industrial processes. In these types of industries can be identified basically two sectors as the ones that offer the greatest potential risk:

- Process Areas: are the areas where the changes or reactions take place. Accidents in these areas may have repercussions both internally and externally to the installation.
- Storage areas: these areas generally contain tanks, deposits and containers with the products used in the processes. Although the chance of an accident occurring in these areas is small, if it occurs external consequences could be quite severe, due to the large amount of product typically involved.

Some accidents in the chemical industry can have consequences only in the property boundaries of the industry, and others may have effects outside the facility and affect the local population, private or public property and the environment to a greater or lesser extent.

One of the possible effects caused by an accidental scenario at a chemical facility is accidental exposure of toxic substances originally contained in containment or transport systems. In the case of

gases and vapors, the main effect is due to the released cloud, and the consequences depend on the product characteristics, weather conditions and topography.

What characterizes these scenarios is not only its ability to cause deaths, but also the potential severity and extension of its effects go beyond the industry boundaries.⁷

The flowchart of the proposed procedure can be seen in (Figure 1).

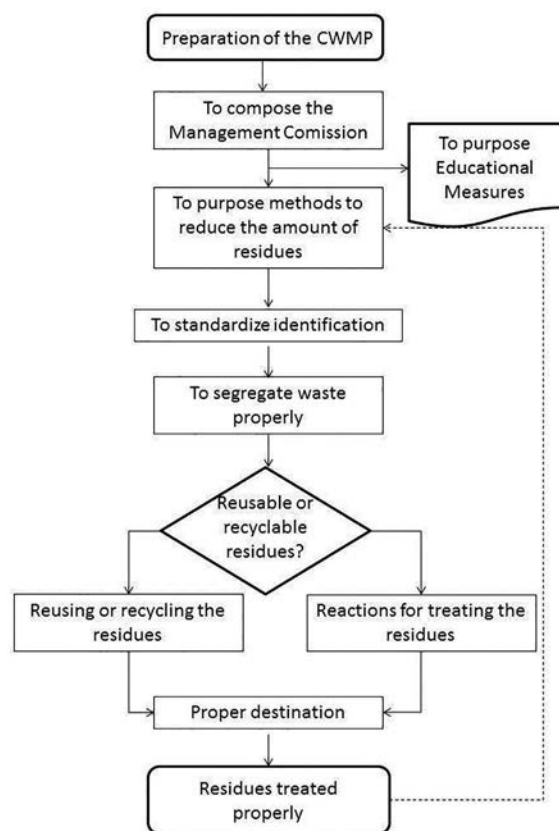


Figure 1: Flowchart containing the steps proposed for the preparation of a Chemical Waste Management Program. Subtitle: CWMP: Chemical Waste Management Program.

The first stage suggested is to compose a Management Committee. This Commission is important to define strategies and coordinate the activities, actions that would be impaired if they were diffused between institutions groups.^{1,3,11-12} Firstly, the Commission must evaluate all type of waste generated and their quantities.

Therefore, it is important that the Commission establishes measures for instruction of all people involved, the waste generators and those responsible for their management. This is essential to finish the practice of throwing the chemistry waste directly into the drain or in the ordinary trash and also build the reuse and reduction philosophy to diminish the environment injury.⁹ First of all it is necessary to promote a change in attitudes.⁸

Another Commission's important activity is to define a model for a tag identification. This identification will be used both for segregation and final destination. This tag must contain the following information: source, substance or mixture, incompatibilities, technical manager and his contact, start and closing date of the package.¹⁵

At this moment, it is vital the participation of all to propose meth-

ods to reduce the waste amount. The creativity must be encouraged, just like the new methods development which uses less reagents/solvents, or even the exchange for less toxic/polluting substances. Expansions in this area allow it to be reproduced in other laboratories which are of great value to the scientific community contributing to the environment non-aggression philosophy.

The accurate waste segregation and packaging permits a safer environment. It is imperative to take into account the risks and the incompatibility of the substances described in the identification tags. A good way of describing these risks is using the Hommel diamond method, which describes in a very simple manner the risks related to the degree of flammability, toxicity, reactivity and specific threats such as corrosive and oxidizing.^{2,8} Choosing the treatment depends of the kind of residue, reason why the correct segregation is so important for all management process.¹⁵

Communication between the institution's department should be strengthened for the exchange of reagents. This communication allows products with near expiration date exchange and also that residues of a laboratory may be used as reagents by other laboratories. Still, there is the possibility for treatments to purify some waste or to use inexpensive chemical reactions to produce reagents of interest for other processes of the unit.

New processes have been developed in order to reduce the toxicity of the compounds to be discarded. Noteworthy is the use of biological processes, such as liquid cultivation of fungi, whose extracellular enzyme activity is capable of transforming waste into less toxic compounds. Another possibility is the Advanced Oxidative Process using oxidizing agents to reduce toxicity of compounds.⁹

One useful technique for solvent recovery is fractional distillation and the production of silver nitrate, which are economically viable process and allow the recovery of compounds that could not be discharged directly into the sewer.^{13,15}

Various methods can be used to reduce volume and toxicity of chemical waste. However, it is important that each of them has advantages and disadvantages. For example, the biological processes are very efficient and low cost, but take a long time, unlike the advanced oxidation processes, which provide better results quickly, but at high cost. It is suggested that combined treatments are carried out to exploit their advantages and minimize their deficiencies.¹⁵

Whether the reuse or recycling is not possible, the production of less toxic compounds and reducing the material to be discarded should be implemented. A classic example is the heavy metal ions precipitation and their subsequent sedimentation/filtration. The removal of these ions from the solution allows supernatant / filtrate discard. After that only the precipitate ions is considered a pollutant material reducing meaningfully the volume of residues that should be sent to be treatment.^{1,13,15}

As a final point, the institution shall decide about the advantages and disadvantages of establishing a residues treatment unit or hiring a responsible service.

Large waste generators normally prefer to establish a treatment unit, while small generators usually consider economically viable to hire a service. In this case, the small generators remain responsible for the waste until its destruction and must preserve the documents

proving the correct destination. Once more, the correct identification helps to avoid workers exposition to the risky materials and guide the use of correct protecting equipment.²

The last step requires great attention, because it consists of the process evaluation by the Commission. At this point, all negative and positive questions should be raised in order to improve the method. In the end, all the experience and learning added will help to expand the Chemical Waste Management Program.

CONCLUSION

The Waste Management is a vital activity, from the environment point of view (so much discussed in the media), as from economic and cultural point of view. It can be implemented by different manners, but the one that stands out is the instruction and participation of all involved.

This process requires a lot of effort, but it is worth because of the reuse and recycling of materials that would be thrown away. Besides that, adds value to institution because market recognizes the units that are aware of its social and environmental role.

For this reason, CTecCFN invests in the awareness of people and intends to use the proposed techniques to develop their chemical waste management program addressing the development of scientific values of social, environmental and economic programs that can be used in all types of laboratory units, whether small or large waste generators.

REFERENCES

1. Marinho CC, Bolelli RL, Esteves FA, Gonçalves ACB, Rocha VA, Silva WH. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. *Ecl Quím.* 2011;36(2):85-104.
2. Gil ES, Garrote CFD, Conceição EC, Santiago MF, Souza AR. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2007 jan/mar;43(1):19-29.
3. Barrantes JCM, Marín GP, Salazar RP, Barboza GC, Ramírez DB. Gestión de desechos químicos en laboratorios de la Universidad Nacional. *Tecnología en Marcha.* 2012 Jan/Mar; 25(1):64-9.
4. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (São Paulo). Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. São Paulo: Companhia Ambiental; 1994. 54 p.
5. Cicco FD, Fantazzini ML. Gerência de riscos: os riscos empresariais e a gerência de riscos [CD-ROM]. *Rev Proteção;* 1998. Edição comemorativa 94 de 10 anos.
6. Souza EA. O treinamento industrial e a gerência de riscos: uma proposta de instrução programada [dissertação]. Florianópolis: Escola de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina; 1995.
7. Porto MFS, Freitas CM, Machado JMH. Grandes e graves [CD-ROM]. *Revista Proteção;* 1998. Edição comemorativa 94 de 10 anos.
8. Carneiro DA. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino. *Rev Tecer.* 2009 maio;2(2):7-18.
9. Nozu LL, Saldanha PCA, Soares M, Barbosa VM, Machado AF, Silva ER. Avaliação de tratamento físico-químico e biológico dos resíduos de corantes produzidos em laboratório de microbiologia.



Acta Sci Technol. 2010;32(1):7-13.

10. Reynaldo EMFL, Janissek PR, Vasconcelos EC. Resíduos químicos produzidos em equipamentos de análises hematológicas: conhecimento e práticas nos laboratórios. J Bras Patol Med Lab. 2012 fev;48(1):15-20.

11. Giloni-Lima PC, Lima VA. Gestão integrada de resíduos químicos em Instituições de Ensino Superior. Quím. Nova. 2008 Ago 8;31(6):1595-8.

12. Imbroisi D, Guaritá-Santos AJM, Barbosa SS, Shintaku SF, Monteiro HJ, Ponce GAE, et al. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. Quím. Nova. 2006 jan 20;29(2):404-9.

13. Gerbase AE, Gregório JR, Calvete T. Gerenciamento dos

resíduos da disciplina Química Inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Quím. Nova. 2006 jan 27;29(2):397-403.

14. Abreu DG, Iamamoto Y. Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química, formação profissional com responsabilidade ambiental. Quím. Nova. 2003 dez 13;26(4):582-4.

15. Berrio L, Beltrán O, Agudelo E, Cardona S. Sistemas de tratamiento para residuos líquidos generados. Rev Gestión y Ambiente. 2012 dez;15(3):113-24.

How to cite this article: Legramandi VHP, Mendes AAO, Silva RC, Amaral LA. Chemical waste management program: how to start? Arq Bras Med Naval. 2015 Jan/Dez;76(1):29-32.