UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

VIRGINIA FIGUEIRA MARQUES MONTEIRO

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ESCOLA DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO FRENTE ÀS NORMAS ESTABELECIDAS PELA LEGISLAÇÃO VIGENTE

RIO DE JANEIRO
2015

VIRGINIA FIGUEIRA MARQUES MONTEIRO

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ESCOLA DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO FRENTE ÀS NORMAS ESTABELECIDAS PELA LEGISLAÇÃO VIGENTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores:

Profa. Andréa Medeiros Salgado, DSc.

Prof. Carlos André Vaz Junior, DSc.

RIO DE JANEIRO

2015

CIP - Catalogação na Publicação

M772e

Monteiro, Virginia Figueira Marques
Estudo do gerenciamento dos resíduos gerados na Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro frente às normas estabelecidas pela legislação vigente / Virginia Figueira Marques Monteiro. -- Rio de Janeiro, 2015.
134 f.

Orientadora: Andréa Medeiros Salgado.
Coorientador: Carlos André Vaz Junior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2015.

1. Resíduos perigosos. 2. Gerenciamento de resíduos. 3. Resíduos em Instituições de Ensino Superior. I. Salgado, Andréa Medeiros, orient. II. Vaz Junior, Carlos André , coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VIRGINIA FIGUEIRA MARQUES MONTEIRO

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NA ESCOLA DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO FRENTE ÀS NORMAS ESTABELECIDAS PELA LEGISLAÇÃO VIGENTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

Profa. Andrea Medeiros Salgado, DSc. – Orientador

Prof. Carlos André Vaz Junior, DSc. – Orientador

Profa. Fabiana Valéria da Fonseca Araújo, DSc. – EQ/UFRJ

Profa. Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, DSc. – IMA/UFRJ

Profa. Helena Keiko Toma, DSc. – Faculdade de Farmácia/UFRJ

Em 08/05/2015

RIO DE JANEIRO

2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que fortaleceu e sustentou a minha vida, permitiu minhas vitórias e o meu crescimento na dificuldade.

Ao meu esposo Douglas, meu grande amor, muito obrigada por toda ajuda, palpite, por entender e estar ao meu lado nos momentos difíceis, por torná-los mais fáceis e por festejar comigo minhas vitórias. Desculpe pelas noites de ausência e pela minha agitação. A você dedico todo o meu amor e meu coração.

Aos meus amados pais, Jorge e Cristina, e aos meus queridos irmãos, Viviane e Vinicius, pelo apoio, carinho e compreensão em todos os momentos em que ocupei o tempo e espaço deles. Em especial, a minha irmã Viviane F. M. Cabral, que foi presença em vários momentos, compartilhando momentos de estudo e me auxiliando com as formatações deste trabalho.

À minha orientadora, Andrea Medeiros Salgado, pela sua paciência, dedicação, competência, incentivo e amizade. Muito obrigada pelas orientações que nortearam o meu aprendizado.

Ao meu co-orientador, Carlos André Vaz Junior, pela dedicação e por todas as sugestões e direcionamentos ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, e aos funcionários, pelo apoio em materiais e pelas condições que recebi para trabalhar e estudar. Em especial aos docentes, pela contribuição para o desenvolvimento deste trabalho dispondo de tempo para a realização das entrevistas em seus laboratórios, proporcionando conhecimento, complementação e experiência profissional.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, por me proporcionar tantos momentos maravilhosos, pelos amigos que fiz e pela excelente formação que recebi.

RESUMO

MONTEIRO, Virginia Figueira Marques. Estudo do gerenciamento dos resíduos gerados na Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro frente às normas estabelecidas pela legislação vigente. Rio de Janeiro, 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

As Instituições de Ensino Superior (IES) não podem ignorar que no desenvolvimento de suas atividades geram resíduos perigosos que precisam ser manipulados respeitando o ambiente. Nas IES o volume de resíduos gerados é pequeno, porém tem uma diversidade importante, o que dificulta o tratamento dos mesmos. Como as IES exercem um papel fundamental na formação de seus profissionais, a prática de uma educação ambiental garantirá a difusão destes conhecimentos na vida pessoal e profissional do aluno. O objetivo principal deste trabalho foi estudar a gestão de resíduos perigosos em IES, tendo por base os procedimentos existentes na literatura. Os procedimentos foram analisados adequando-os à realidade da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ) a fim de propor um sistema de gestão eficiente em promover a redução e/ou eliminação dos resíduos. Para cumprir com os objetivos supracitados em um primeiro momento, realizou-se uma revisão bibliográfica que delimitou o objeto de pesquisa e determinou a técnica de coleta de dados a partir da observação assistemática e da entrevista semi-estruturada, além de conduzir a formulação das questões para a entrevista. Posteriormente, visitou-se os laboratórios de ensino e pesquisa da EQ/UFRJ para a realização da entrevista. Foram contabilizados trinta e cinco laboratórios. Destes, vinte e sete participaram da pesquisa, sendo que dois se declararam não geradores de resíduos. Os resultados revelam que os laboratórios da EQ/UFRJ geram resíduos que podem oferecer riscos ao meio ambiente e/ou à saúde humana. Outro resultado é que o manejo dos resíduos não está de acordo com a legislação e normas vigentes, sendo necessária a implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR). Baseado neste diagnóstico foi proposto um PGR que prioriza a prevenção, minimização e reaproveitamento (reutilização, recuperação, reciclagem) dos resíduos. Após estas análises, concluiu-se que a implantação do PGR, baseado na legislação vigente, em IES é de vital importância para que a manipulação ambientalmente adequada dos resíduos seja atingida.

Palavras-chave: resíduos perigosos, gerenciamento de resíduos, resíduos em IES

ABSTRACT

MONTEIRO, Virginia Figueira Marques. Waste management study generated in the Chemical School of the Federal University of Rio de Janeiro ahead of the standards set by law. Rio de Janeiro, 2015. Disertation (Master in Science) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

The Higher Education Institutions (HEI) can't be ignored that the development of their activities generates hazardous waste that must be handled respecting the environment. HEI in the volume of waste generated is small but has a great diversity, which complicates their treatment. How HEI play a key role in the formation of its professionals, the practice of environmental education will ensure the dissemination of knowledge in personal and professional life of the student. The main objective of this study was the management of hazardous waste in HEI, based on existing literature procedures. The procedures were reviewed adapting them to the reality of Chemistry School of the Federal University of Rio de Janeiro (CS/UFRJ) in order to propose an efficient management system to promote the reduction and/or elimination of waste. To comply with the above goals in the first instance, there was a literature review that defined the object of research, determined the data collection technique, systematic observation and semi-structured interview, and led the formulation of questions for the interview. Thereafter, visited to the teaching and research laboratories in the CS/UFRJ for the interview. It was recorded thirty-five laboratories. Of these, twenty-seven participated in the survey, and two reported being no waste generators. The results show that the laboratories of the CS/UFRJ generate waste that may pose risks to the environment or human health. Another result is that the handling of waste is not in accordance with the applicable laws and standards, requiring the implementation of a Waste Management Program (WMP). Based on this diagnosis was offered a WMP that emphasizes prevention, minimization and reuse (reuse, recover, recycle) of waste. After these analyzes, it was concluded that the implementation of the WMP, based on current legislation, in HEI is of vital importance for the environmentally sound handling of waste is reached.

Keywords: hazardous waste, waste management, waste Higher Education Institutions

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

		Pág.
Figura 1.	Caracterização e classificação de resíduos sólidos	20
Figura 2.	Fontes de resíduos em universidades	25
Figura 3.	Escala de prioridades no gerenciamento de resíduos	36
Figura 4.	Estrutura Organizacional da Escola de Química/UFRJ	52
Figura 5.	Formulário usado na entrevista com representantes dos laboratórios da EQ/UFRJ	54
Figura 6.	Percentagem de Laboratórios da EQ/UFRJ geradores e não geradores de resíduos participantes da pesquisa	60
Figura 7.	Atividades desenvolvidas nos laboratórios da EQ/UFRJ participantes da pesquisa	61
Figura 8.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ participantes da pesquisa caracterizando a função do profissional entrevistado	61
Figura 9.	Percentagem de laboratórios que utilizam reagentes na EQ/UFRJ	62
Figura 10.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que armazenam reagentes químicos dispostos em diferentes locais	63
Figura 11.	Armário de armazenamento de reagentes dentro de um laboratório da EQ/UFRJ	63
Figura 12.	Destinação dos reagentes vencidos nos laboratórios da EQ/UFRJ	64
Figura 13.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que recebem reagentes vencidos de outras instituições	65
Figura 14.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes tipos de resíduos	66
Figura 15.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos biológicos - Grupo A	67
Figura 16.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos químicos - Grupo B	67
Figura 17.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos perfurocortantes - Grupo E	68
Figura 18.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final dos resíduos biológicos - Grupo A	69
Figura 19.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final dos resíduos químicos - Grupo B	70
Figura 20.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final os resíduos perfurocortantes - Grupo E	71
Figura 21.	Área utilizada para armazenamento de resíduos perigosos e resíduos comuns próximo a EQ/UFRJ	72
Figura 22.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que possuem manual de procedimento para gerenciamento de resíduos	73
Figura 23.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que fazem algum tipo de segregação e identificação de resíduos	73
Figura 24.	Rotulagem dos resíduos utilizada em alguns laboratórios da EQ/UFRJ	74
Figura 25.	Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que apresentam diferentes informações nos rótulos das embalagens de descarte de resíduos	75
Figura 26.	Embalagens de resíduo sem identificação encontrada em alguns laboratórios da EQ/UFRJ	75

Figura 27. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que possuem ficha de descarte de resíduo 76
Figura 28. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que apresentam diferentes informações na Ficha de Descarte de Resíduos 77
Figura 29. Profissional que segrega e identifica os resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ 77
Figura 30. Tipos de embalagens usadas para armazenar os resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ 78
Figura 31. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que recicla embalagens de outros produtos para armazenar os resíduos 79
Figura 32. Embalagens usadas para armazenar resíduos químicos nos laboratórios da EQ/UFRJ 79
Figura 33. Embalagens usadas para armazenar resíduos perfurocortantes nos laboratórios da EQ/UFRJ 80
Figura 34. Embalagens usadas para armazenar vidraria quebrada (resíduos perfurocortantes) nos laboratórios da EQ/UFRJ 81
Figura 35. Local de armazenamento dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 82
Figura 36. Tempo de armazenamento dos resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ 83
Figura 37. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que armazenam e transportam os resíduos para o local de armazenamento caracterizando o profissional que realiza o transporte 84
Figura 38. Local não identificado fora do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ 84
Figura 39. Local não identificado dentro do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ 85
Figura 40. Local identificado fora do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ 85
Figura 41. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ geradores de resíduos químicos dispostos em grupos químicos 86
Figura 42. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que realizam algum tratamento ou pré-tratamento nos resíduos químicos antes do descarte 87
Figura 43. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que os profissionais utilizam equipamentos de proteção individual (EPIs) e equipamentos de proteção coletiva (EPCs) adequados ao manipularem os resíduos 89
Figura 44. Fluxograma básico para implantação do plano de gestão integrado de resíduos químicos (PGIRQ) em instituições de ensino superior 90
Figura 45. Fluxograma proposto para o PGR da EQ/UFRJ 93
Figura 46. Bombona de tampa fixa para resíduo líquido 97
Figura 47. Bombona de tampa removível para resíduo sólido 98
Figura 48. Modelo de embalagem para descarte de seringas e agulhas 100
Figura 49. Etiqueta proposta para resíduos infectantes 101
Figura 50. Etiqueta proposta para resíduo químico 102
Figura 51. Representação do Diagrama de Hommel 102
Figura 52. Etiqueta proposta para embalagem de vidraria quebrada 105
Figura 53. Etiqueta proposta para embalagem de seringas e agulhas 106

LISTA DE QUADROS

Pág.

Quadro 1.	Listagem que compõem os anexos da NBR 10.004/2004	19
Quadro 2.	Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde	23
Quadro 3.	Valores gastos pelos laboratórios da EQ/UFRJ com descarte de resíduos	88
Quadro 4.	Protocolo para caracterização preliminar de resíduos químicos não identificados	92
Quadro 5.	Tratamentos propostos para o gerenciamento dos resíduos gerados na EQ/UFRJ	96

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre

CCS – Centro de Ciência da Saúde

CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura

CGTRQ – Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia

CT – Centro de Tecnologia

DGA – Divisão de Gestão Ambiental

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EQ/UFRJ – Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro

FDSR – Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos

FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

IES – Instituições de Ensino Superior

IMA – Instituto de Macromoléculas

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

IQ – Instituto de Química

LRQ – Laboratório de Resíduos Químicos

MSDS – Material Safety Data Sheets

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NFPA – National Fire Protection Association

NIDES – Núcleo Interdisciplinar para Desenvolvimento Social

ONU – Organização das Nações Unidas

PGR – Programa de Gerenciamento de Resíduos

PGRQ – Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

POP – Procedimento Operacional Padrão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

RSS – Resíduos de Serviço de Saúde

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UGR – Unidade de Gestão de Resíduos

UnB – Universidade de Brasília

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

Pág.

1. INTRODUÇÃO 13

2. OBJETIVOS 16

2.1 OBJETIVO GERAL 16

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

3.1 CONCEITUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS 17

3.2 RESÍDUOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR 24

3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR 27

3.4 PRIORIDADES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR 34

3.5 ETAPAS DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS 42

3.6 FLUXOGRAMA DE PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR 48

4. METODOLOGIA 51

4.1 LOCAL DE ESTUDO 51

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 52

4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS 59

4.4 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS 59

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 60

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS REAGENTES UTILIZADOS NOS LABORATÓRIOS DA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ 62

5.2 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NOS LABORATÓRIOS DA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ 65

5.2.1 Volume dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 66

5.2.2 Destino dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 68

5.2.3 Manual de Procedimento para Gerenciamento dos Resíduos 72

5.2.4 Segregação e Identificação dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 73

5.2.5 Embalagens utilizadas para os resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 78

5.2.6 Armazenamento dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 81

5.2.7 Resíduos químicos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ 85

5.2.8 Custo com descarte de resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ 87
5.2.9 Utilização de Equipamentos de Proteção individual (EPIs) e de Proteção Coletiva (EPCs) na manipulação de resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ 88
5.3 PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ 89
5.3.1 Criação da Comissão de Gestão de Resíduos 89
5.3.2 Caracterização do Resíduo Passivo 91
5.3.3 Fluxograma de Gerenciamento de Resíduos proposto 92
5.3.3.1 Segregação 94
5.3.3.2 Reaproveitamento e Tratamento 96
5.3.3.3 Acondicionamento 96
5.3.3.4 Identificação 100
5.3.3.5 Armazenamento 106
5.3.3.6 Coleta e Disposição Final 108
6. CONCLUSÕES 110
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112
ANEXO A 122
ANEXO B 125
ANEXO C 127
ANEXO D 129
ANEXO E 130
ANEXO F 131
ANEXO G 133
ANEXO H 134

1. INTRODUÇÃO

O sistema natural da Terra, que engloba todo o meio ambiente, fornece condições propícias à vida. É inegável que o ser humano possui uma necessidade intrínseca de se relacionar com a natureza, e que este não existiria sem ela. Por muito tempo o homem se beneficiou destes recursos sem se preocupar com o equilíbrio entre a vida humana e o ambiente, gerando rejeitos em leitos de rios, descargas de gases na atmosfera, resíduos no solo e diversas atividades extrativistas e predatórias.

O homem em suas atividades sempre gerou alguma forma de resíduo, alguns deles nocivos ao meio ambiente e, por conseguinte, ao próprio homem. Entretanto, alguns fatores, dentre os quais pode-se destacar aqueles relacionados ao crescimento populacional e desenvolvimento industrial, acentuaram notavelmente a produção de resíduos.

Durante muitos anos, o forte desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial fez com que os problemas ambientais fossem pouco considerados. Enquanto isso, o desenvolvimento tecnológico e os processos industriais proporcionaram o aumento da geração de resíduos perigosos e a degradação do meio ambiente.

A dimensão do problema foi retratada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) na primeira e segunda edição do Relatório de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro, em 2013 e 2014, respectivamente (INEA, 2014). Na segunda edição foi registrada uma lista de 270 áreas monitoradas. Os postos de combustíveis seriam os responsáveis por 56% desses terrenos contaminados, as atividades industriais por 36% e o restante pelos aterros de resíduos e as atividades de transporte (INEA, 2014).

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013, 11ª edição do relatório anual da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a geração total de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2013 foi de 76.387.200 toneladas, o que representa um aumento de 4,1% comparado a 2012, índice que é superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 3,7% (ABRELPE, 2013). O aumento na geração de resíduos sólidos foi verificado em todas as regiões do Brasil, principalmente nas de maior concentração populacional, como é o caso da região Sudeste, cuja média de geração *per capita* foi de 1,209 kg/hab./dia, um acréscimo de 4,1% na quantidade total gerada. Em contrapartida, os índices referentes à abrangência de coleta e destinação final em aterro sanitário também são superiores nessa região, 97,09% e 72,3% respectivamente, em comparação com os índices verificados no resto do país, 90,41% e

58,3%, respectivamente. Sendo assim, 41,74% dos resíduos gerados no país seguiram para lixões ou aterros controlados, estes últimos pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2013).

Nas últimas décadas, tornou-se evidente a necessidade de se tomar providências para o controle da emissão de resíduos a fim de se evitar que os recursos naturais como água, solo e ar se tornassem ainda mais degradados. Para isso o gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser realizado de maneira adequada, e uma série de medidas técnicas e administrativas devem ser implementadas, desde a prevenção e o controle efetivo da geração dos resíduos até a sua disposição final.

No Brasil, a Lei Federal n° 12.305 de 02 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta define gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Pode-se ainda destacar que o gerenciamento inclui ações fundamentais, tais como: não geração, redução, reutilização, recuperação, reciclagem e tratamento. Na visão de Cardoso (2008), o gerenciamento de resíduos é um dos itens mais importantes em um sistema de gestão ambiental e deve visar à redução do impacto ambiental oriundo dos produtos e processos, através da redução da geração de resíduos e do seu correto tratamento e destinação final.

Sabe-se que as indústrias, principalmente aquelas que utilizam produtos químicos em seus processos produtivos, são importantes responsáveis pela geração de resíduos perigosos, sendo alvo de cobrança e fiscalização pela sociedade e pelos órgãos competentes. Entretanto, os resíduos perigosos não são gerados somente pelas indústrias. Instituições de ensino e pesquisa empregam em suas atividades uma diversidade de reagentes em seus experimentos e aulas práticas e, consequentemente, geram resíduos perigosos, sejam químicos, radioativos, biológicos e/ou perfurocortantes.

O gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa no Brasil começou a ser amplamente discutido nos anos de 1990, sendo de vital importância para as grandes instituições geradoras, incluindo as universidades. A ausência de um órgão fiscalizador, a falta de visão e o descarte inadequado levaram muitas universidades a poluir o meio ambiente, promover o desperdício de material e arcar com o mau gerenciamento dos produtos sintetizados ou manipulados (AFONSO *et al.*, 2003).

As universidades estão em constante expansão devido ao crescimento da população de estudantes (RICHARDSON; LYNES, 2007) e pela estrutura exigida para se manterem, frente a outras instituições, em uma posição de ponta em termos de pesquisa, desenvolvimento, ensino e aprendizagem (MOORE, 2005). Isto faz com que universidades desenvolvam uma atividade dinâmica com trabalhos de pesquisa em diferentes áreas. Logo, o resíduo gerado, apesar de ser em pequeno volume, tem uma diversidade de produtos perigosos. Frente a este cenário, a sustentabilidade em universidades tem ganhado relevância a nível internacional (BERINGER, 2007). Fica clara a importância das universidades adotarem um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR).

Um programa de gerenciamento de resíduos para ser implementado, mesmo em um instituto de ensino e pesquisa, deve seguir o estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), bem como a normatização definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e pela legislação estadual sobre controle de poluição ambiental. O PGR também deve estar de acordo com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ), como toda instituição de ensino e pesquisa, desenvolve diversas atividades geradoras de resíduos perigosos e não perigosos. Esses resíduos, principalmente os perigosos, devem ser corretamente gerenciados para evitar danos ao meio ambiente e/ou a saúde humana. Na Instituição não existe um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR) comum a toda a unidade, apenas iniciativas individuais de alguns laboratórios. Esta realidade demonstra a necessidade do desenvolvimento de um PGR para a EQ/UFRJ a fim de padronizar o gerenciamento e manejo dos resíduos na Instituição.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem por objetivo estudar a gestão de resíduos perigosos em Instituições de Ensino Superior (IES), tendo por base os procedimentos existentes na literatura. Os procedimentos serão analisados adequando-os à realidade da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ) e a legislação vigente, a fim de propor um sistema de gestão eficiente em promover a redução e/ou eliminação dos resíduos, bem como seu descarte adequado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- obter informações sobre geração, armazenamento e destinação de resíduos nos laboratórios de ensino e pesquisa e em aulas práticas, classificando-os e identificando a presença de resíduos armazenados (resíduo passivo) nos laboratórios;
- pesquisar/estudar os procedimentos existentes, com sua sistematização e determinação daqueles a serem aplicados para implementação do Programa de Gerenciamento de Resíduos da EQ/UFRJ.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEITUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Resíduo é todo material proveniente de uma ação ou processo produtivo, considerado inútil por quem o descarta (SILVA, 2006). Constantemente os resíduos são descartados e acumulados no meio ambiente, causando não somente problemas de poluição, como também caracterizando um desperdício de matéria-prima, já que o resíduo de determinado processo pode tornar-se matéria-prima para um novo processo.

Neste estudo foram usados os termos "resíduo" e "resíduo sólido" como equivalentes. A definição de resíduo sólido descrita pela Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004/2004, "Resíduos Sólidos – Classificação", foi considerada geral e suficiente, servindo para as pretensões deste texto. A definição de resíduos sólidos pela NBR 10.004 é:

> Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos diferencia resíduo de rejeito definindo o último como "resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2010).

Atualmente, uma variedade de sistemas de classificação de resíduos está em uso, os quais podem se basear nas origens dos resíduos, nos riscos potenciais a saúde humana e ao meio ambiente, sua suscetibilidade a determinado tratamento, composição dos resíduos, características dos radionuclídeos presentes, atividade dos resíduos e vias de eliminação dos resíduos, entre outros fatores. Cada sistema tem sua aplicação particular, mas nenhum é aplicável para todos os usos. Consequentemente, pode ser necessário se trabalhar com diferentes sistemas de classificação, nas diversas etapas da gerência dos resíduos, de modo a resolver diferentes problemas.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, objeto da Lei de nº 12.305/2010, quanto à origem dos resíduos, eles podem ser classificados em:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; são compostos principalmente por resíduos orgânicos (restos de comidas, papéis, etc.) e por alguns materiais inertes como vidro, plásticos e metais;
b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; são resíduos inertes ou orgânicos;
c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nos resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos itens b, e, g, h e j. Um exemplo são os resíduos gerados nas instituições de ensino superior;
e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos resíduos sólidos urbanos;
f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; têm a mais variada composição dependendo do tipo de indústria;
g) resíduos de serviços de saúde: provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial às populações humana ou animal, centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde, bem como os medicamentos vencidos ou deteriorados; seguem legislação específica estabelecida pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);
h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; são considerados resíduos inertes;
i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira e
k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Nesta classificação quanto à origem também podem ser citados os resíduos radioativos, que são decorrentes de atividades humanas envolvendo o uso de materiais radioativos. Estes não foram discutidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos, pois são regulados por legislação específica, sendo de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

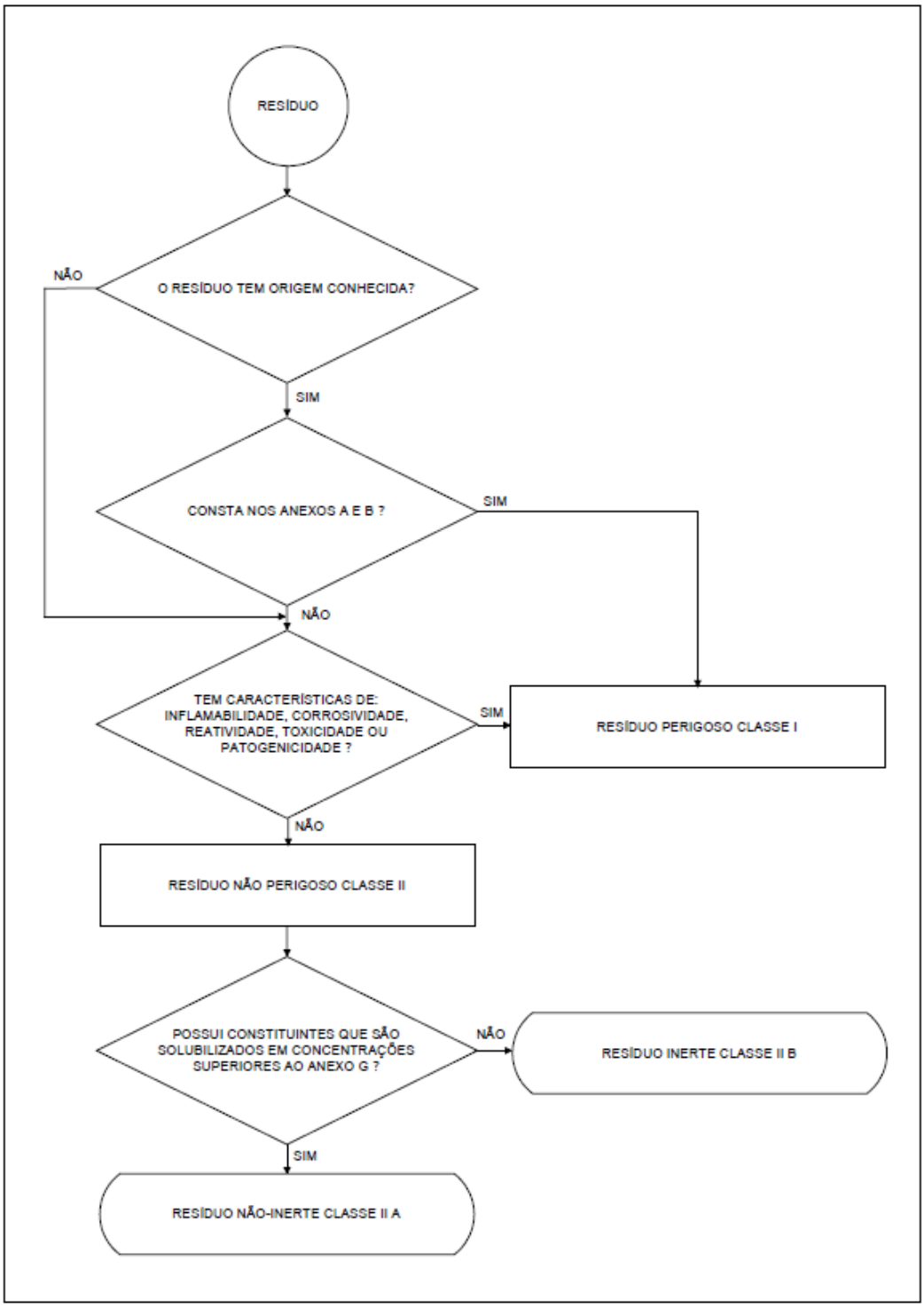
A NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004a) propõe uma classificação dos resíduos que envolvem a identificação do processo ou da atividade que deu origem aos resíduos, seus constituintes e características, e a comparação entre os constituintes dos resíduos e as listagens de substâncias presentes nos anexos desta norma. Essas listagens de substâncias são apresentadas no Quadro 1. Segundo Baptista (2001), em função da evolução do conhecimento científico, essas listagens devem ser continuamente atualizadas.

Anexos NBR 10004/04	**Títulos**
Anexo A	Resíduos perigosos de fontes não específicas
Anexo B	Resíduos perigosos de fontes específicas
Anexo C	Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos
Anexo D	Substâncias agudamente tóxicas
Anexo E	Substâncias tóxicas
Anexo F	Concentração - limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação
Anexo G	Padrões para o ensaio de solubilização
Anexo H	Codificação de alguns resíduos classificados como não perigosos

Fonte: ABNT, 2004a

Quadro1: Listagens que compõem os anexos da NBR 10.004/2004

O esquema para a caracterização e classificação dos resíduos sólidos segundo a NBR 10.004/2004 é apresentado na Figura 1.



Anexos A, B e C são anexos da norma NBR 10.004/04.

Figura 1: Caracterização e classificação de resíduos sólidos (ABNT, 2004a)

Os resíduos sólidos são classificados em dois grupos conforme a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004a), em função dos riscos potenciais de contaminação ao meio ambiente e aos seres humanos – perigosos (Classe I) e não perigosos (Classe II), sendo ainda este último grupo subdividido em não inerte (Classe II A) e inerte (Classe II B).

Resíduos perigosos (Classe I), segundo a ABNT (2004a), são os resíduos sólidos que, em função de sua periculosidade ou de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices, ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Os resíduos que constam nos anexos A ou B da norma também são classificados perigosos. Nas listagens constantes dos anexos A e B, os resíduos perigosos relacionados recebem códigos de identificação e de classificação de sua periculosidade e referem-se aos resíduos de fontes não específicas e de fontes específicas, respectivamente.

Os resíduos, que não se enquadram nas listagens citadas anteriormente, poderão ser ainda identificados como perigosos se contiverem alguma das substâncias incluídas na listagem do anexo C da norma. Estas substâncias são aquelas que, em estudos científicos, se revelaram tóxicas, carcinogênicas, mutagênicas ou teratogênicas ao homem ou a outros seres vivos. Entretanto, a presença de quaisquer constituintes desta lista no resíduo não implica, necessariamente, na sua classificação como perigoso. Para isto, deverá ser analisada, também, uma série de fatores que indicarão a sua periculosidade real ou potencial à saúde humana e ao meio ambiente, quando tratado, estocado, transportado ou disposto de modo inadequado. Estes fatores incluem (ABNT, 2004a):

- o grau de toxicidade apresentada pela substância constituinte;
- a concentração da substância no resíduo;
- o potencial que a substância, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o meio ambiente, sob condições de manuseio inadequado;
- a persistência da substância ou de qualquer produto tóxico de sua degradação;
- o potencial e a taxa de degradação da substância ou de qualquer produto tóxico gerado na sua degradação, em substâncias não perigosas, considerando a velocidade de degradação;
- o grau de bioacumulação da substância ou de qualquer produto gerado na sua degradação no meio ambiente;
- as formas de manuseio às quais o resíduo pode estar sujeito;
- as quantidades de resíduos gerados e
- a avaliação da natureza e da intensidade dos eventuais danos ocasionados ao homem e ao meio ambiente resultantes do manuseio inadequado de resíduos que contêm as substâncias listadas.

Para os resíduos constituídos de restos de embalagens ou provenientes de um derramamento ou se tratarem de produtos ou subprodutos fora de especificação ou do prazo de validade, deverão ser consultadas as listagens constantes dos anexos D e E da norma NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Caso contenha quaisquer substâncias constantes destes anexos, o resíduo é também classificado como perigoso.

São também classificados como perigosos, os resíduos que, submetidos ao ensaio de lixiviação, segundo a norma NBR 10.005/2004 (ABNT, 2004b), apresentarem teores de poluentes no extrato lixiviado em concentrações superiores aos valores constantes no Anexo F da norma. Ressalta-se que o ensaio de lixiviação somente se aplica àqueles resíduos que apresentam, entre seus constituintes, um ou mais dos elementos e substâncias constantes do referido Anexo F.

As listagens apresentadas não são completas, estando sujeitas a alterações, sendo, portanto, encaradas apenas como orientação inicial para a caracterização do resíduo.

O resíduo sendo classificado como não perigoso (Classe II), deve-se promover o ensaio de solubilização, em conformidade com a norma NBR 10.006/2004 (ABNT, 2004c), visando a subclassificação como resíduos inertes ou não inertes.

São classificados como resíduos inertes (Classe IIB), quaisquer resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007/2004 (ABNT, 2004d), e submetidos ao ensaio de solubilização, conforme a norma NBR 10.006/2004 (ABNT, 2004c), não tiverem quaisquer de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme Anexo G da NBR 10.004/04 (ABNT, 2004a). São exemplos destes materiais: rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas, que não são facilmente decompostos.

Os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos que não se enquadram nas classificações de resíduos perigosos (Classe I) ou de resíduos inertes (Classe IIB) são classificados como resíduos não inertes (Classe IIA). Esses resíduos podem apresentar características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004a).

No Brasil, há grupos de resíduos que tem classificação e gerenciamento bem definidos por legislação e normas específicas. É o caso dos resíduos de serviços de saúde (RSS) que seguem as determinações da Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 306/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004) que dispõe sobre o Regulamento Técnico

para o gerenciamento de RSS, e da Resolução nº 358/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005b) que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos RSS. De acordo com essas resoluções, os RSS são classificados em cinco grupos, conforme Quadro 2. Esta classificação detalhada pode ser observada no Anexo A deste trabalho.

GRUPO	CARACTERIZAÇÃO
GRUPO A – Potencialmente Infectantes	Resíduos com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Este grupo é subdividido em cinco (A1, A2, A3, A4, A5).
Grupo B - Químicos	Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
Grupo C - Radioativos	Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
Grupo D - Comuns	Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
Grupo E - Perfurocortantes	Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Quadro 2. Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde
(Resolução CONAMA nº 358/2005 e RDC nº 306/2004)

Essa classificação proposta para RSS engloba todos os possíveis rejeitos provenientes de uma unidade geradora, sendo pertinente à classificação de geradores como universidades,

que até o momento não possuem legislação específica para a classificação de seus resíduos e nem para o gerenciamento da gestão dos mesmos.

A classificação dos resíduos deve ser realizada com precisão, pois as decisões técnicas, administrativas e econômicas tomadas em todas as fases do gerenciamento dos resíduos - manuseio, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final – estarão fundamentadas nesta classificação.

3.2 RESÍDUOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

A geração de resíduos em instituições de ensino e pesquisa no Brasil sempre foi um assunto pouco debatido. Na maioria das instituições, a gestão dos resíduos gerados nas atividades rotineiras é inexistente, e devido a inúmeros fatores, o descarte inadequado é muitas vezes praticado.

Na perspectiva de Souza (2005) "As universidades têm uma estrutura física e funcionamento similar ao de uma pequena cidade onde os departamentos dotados de laboratórios experimentais podem ser comparados às indústrias do meio urbano".

Os resíduos gerados em universidades diferenciam-se daqueles gerados em unidades industriais por apresentarem baixo volume, mas grande diversidade na composição, o que dificulta a tarefa de estabelecer um tratamento químico e/ou uma disposição final padrão (GERBASE *et al*., 2005).

Souza (2005) exemplifica as possibilidades de resíduos gerados em instituições de ensino superior e enfatiza os resíduos de laboratórios químicos (Figura 2).

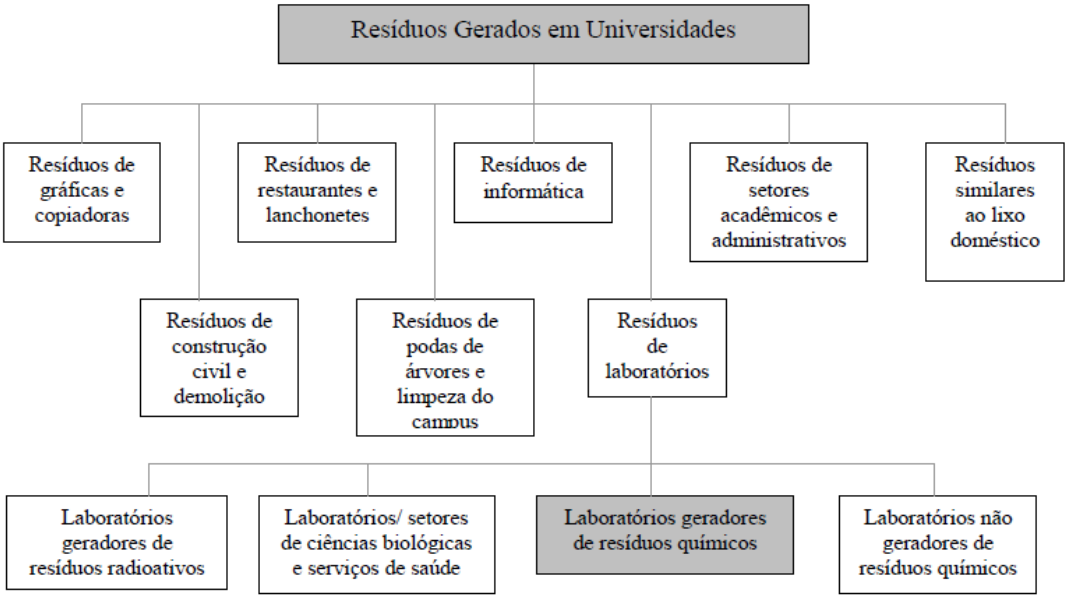


Figura 2. Fontes de resíduos em universidades (SOUZA, 2005)

Souza (2005) detalha cada fonte de resíduo:

- ✓ Resíduos de gráficas e copiadoras são compostos basicamente por papel, restos de tintas de impressão e restos de equipamentos de impressão e/ou copiadoras desativadas;
- ✓ Resíduos de restaurantes e lanchonetes são basicamente compostos por matéria orgânica putrescível (restos de alimentos) e papéis plásticos de embalagens;
- ✓ Resíduos de informática são compostos por cartuchos de tintas de impressoras desativados e partes de microcomputadores não utilizados. Estes resíduos geralmente são depositados no sistema de coleta de resíduos similares aos domiciliares ou em salas e compartimentos de despejo;
- ✓ Resíduos de setores acadêmicos e administrativos dentro da universidade são resíduos gerados em salas de aula, secretarias, gabinetes, biblioteca, ateliês, etc. São compostos basicamente por papéis, restos de cartuchos de impressão, plásticos e demais materiais de escritório;
- ✓ Resíduos similares aos resíduos domésticos são os resíduos gerados na universidade toda, e geralmente são despejados em lixeiras espalhadas pelo campus. Estes são compostos por resíduos orgânicos (restos de comidas, papéis, plásticos, etc.) e por materiais inertes como papel, vidro, plástico e metais;
- ✓ Resíduos de construção civil e demolições dentro da universidade são os mesmos que os resíduos de construção e demolição urbanos;

- ✓ Resíduos de limpeza do campus e podas de árvores são os mesmos que os resíduos de limpeza pública e podas de árvores dentro dos resíduos urbanos;
- ✓ Resíduos de laboratórios podem ter origem em laboratórios de ciências biológicas e da saúde, laboratórios geradores de resíduos químicos e laboratórios não geradores de resíduos químicos como laboratórios de mecânica dos solos, pavimentação, cerâmicos, polímeros, metais, etc;
- ✓ Resíduos radioativos são resíduos provenientes da utilização de radioisótopos, que geralmente se encontram em setores e laboratórios de biologia e saúde, laboratórios químicos e outros.

Os resíduos mais significativos em uma universidade quanto a periculosidade são os resíduos de laboratórios, especialmente os resíduos biológicos, químicos e radioativos.

Os resíduos de laboratório tem elevada complexidade. Um mesmo laboratório pode abranger atividades de ensino, pesquisa e/ou extensão. Uma pesquisa geralmente tem sua duração definida, como uma pesquisa de mestrado ou doutorado. Em um mesmo laboratório, várias pesquisas ocorrem ao mesmo tempo, visto que dinamicidade é uma característica intrínseca a processos de inovação e difusão tecnológicos. A composição dos resíduos gerados em algumas pesquisas pode não ser conhecida, pois a natureza dos reagentes algumas vezes é desconhecida. Em contraposição, os resíduos laboratoriais de ensino podem ser mais facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados, pois têm uma frequência de geração definida e constante (JARDIM, 1998).

Os resíduos biológicos geralmente são gerados em laboratórios de pesquisa e ensino que manipulam culturas e estoques de microrganismos, vacinas contendo microrganismos vivos ou atenuados, meios de culturas, sangue, hemoderivados, líquidos corpóreos e outros produtos com possível presença de agentes biológicos.

Os resíduos químicos são gerados em grande parte dos laboratórios de pesquisa e ensino e se destacam por apresentar grau elevado de periculosidade, entre eles estão: ácidos, bases, metais pesados, compostos orgânicos halogenados e compostos orgânicos não halogenados. Partindo do pressuposto que é inevitável a geração destes resíduos, o CONAMA desenvolveu a Resolução 357/2005 (CONAMA, 2005a) que foi alterada pela Resolução 430/2011 (CONAMA, 2011) com o intuito de estabelecer normas que minimizem os possíveis riscos vinculados a estes resíduos. Esta norma estabelece as concentrações máximas para muitos dos resíduos (Anexo B), assim como determina que o pH deve estar entre 5 e 9, para poder ser descartado sem prévio tratamento.

As características químicas que conferem risco potencial são inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade (ABNT, 2004a). A seguir são apresentados exemplos de resíduos com essas características com base no Programa denominado Plano de Higiene Química de Laboratório (UNIVERSITY OF VIRGINIA, 2008):

- ✓ Resíduo inflamável: acetona, éter etílico, sódio, hidrogênio, lítio, acetileno, álcool etílico e potássio;
- ✓ Resíduo corrosivo: ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido nítrico, hidróxido de amônio, hidróxido de sódio e trióxido de cromo;
- ✓ Resíduo reativo: este foi subdividido em três categorias: explosivos, oxidantes e peróxidos.

  - Explosivos: acetileno, azida, hidrogênio, compostos contendo nitrogênio, amônia, halogênios, oxigênio e percloratos;

  - Oxidantes: peróxidos, hiperperóxidos e peroxiesteres e

  - Peróxidos são substâncias que podem reagir com o oxigênio atmosférico formando peróxidos instáveis. Como exemplos são citadas as seguintes substâncias orgânicas que podem formar peróxidos: ciclohexano, tetrahidrofurano, éter etílico e éter isopropílico;
- ✓ Resíduo tóxico: benzeno, clorofórmio, formaldeído, brometo de etídio, arsênio.

A diversidade dos resíduos gerados em universidades ressalta a importância do conhecimento das suas características químicas, já que elas possibilitam a seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final. Algumas das características básicas de interesse são: poder calorífico, pH, composição química (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e carbono) e relação teor de carbono/nitrogênio, sólidos totais fixos, sólidos voláteis e teor de umidade. Por outro lado, no que se refere ao planejamento e dimensionamento de todas as etapas do gerenciamento, também é útil conhecer a densidade aparente dos resíduos, isto é, a relação entre massa e volume, como também sua compressividade, proporção de redução em volume dos resíduos sólidos (ZANTA; FERREIRA, 2004).

3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

A geração de resíduos não é exclusividade das indústrias, uma vez que em laboratórios de universidades, escolas e institutos de pesquisa também são gerados resíduos que, embora em volume reduzido, podem representar 1% do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido (ASHBROOK; REINHARDT, 1985). Essa constatação tem levado a efeito

que a questão do gerenciamento de resíduos, principalmente químicos, frutos de atividades de ensino e pesquisa, seja um tema de pesquisas e discussões que vem cada vez mais ocupando espaço no meio acadêmico, motivado também pelo importante papel que as instituições de ensino e pesquisa exercem na formação de recursos humanos.

Atualmente, vários segmentos da sociedade vêm, cada vez mais, se preocupando com a questão ambiental. As universidades não podem mais ignorar sua posição de geradora de resíduos, mesmo porque esta atitude fere frontalmente o papel que a própria universidade desempenha na área de pesquisa quando avalia o impacto causado por outras unidades geradoras de resíduo fora dos seus limites físicos. Assim sendo, frente ao papel importante das universidades na sociedade, em educar os futuros tomadores de decisão, frente à importância ambiental que estes resíduos podem apresentar, e por uma questão de coerência, é preciso que as universidades implementem seus programas de gerenciamento de resíduos (PGR).

O gerenciamento de resíduos em centros de ensino e pesquisa apresenta viés dinâmico. Dois fatores contribuem decisivamente para isso: (1) os responsáveis pelo manuseio de produtos, uso e descarte de resíduos mudam com relativa frequência (alunos de cursos de níveis técnico, de graduação e pós-graduação); (2) o próprio caráter investigativo da pesquisa, que acaba recorrendo ou até mesmo estabelecendo novos métodos analíticos, resultando na geração de resíduos que até então não eram gerados.

Em 1990, durante uma conferência internacional na cidade de Talloires, na França, foi assinada a primeira declaração visando o compromisso da sustentabilidade ambiental em instituições de ensino superior, contando com a participação de mais de 40 países e representantes de 275 universidades (VEGA; OJEDA-BENÍTEZ; RAMÍREZ-BARRETO, 2003). Vale ressaltar que o gerenciamento de resíduos em universidades e centros de pesquisa, de um modo geral, parte de iniciativas próprias, estruturado na forma de um PGR.

Os principais centros de pesquisas e universidades, especialmente de países desenvolvidos, vêm estudando alternativas para garantir a continuidade das atividades de ensino e pesquisa sem que para isso haja a necessidade de degradar o ambiente. Ashbrooh e Reinhardt (1985) citam várias instituições nos Estados Unidos que implantaram seus PGR a partir da década de 70, como a Universidade da Califórnia, a Universidade de Winscosin, a Universidade do Estado do Novo México, a Universidade de Illinois e a Universidade de Minnesota. Nessas duas últimas foram enumerados aproximadamente 2000 produtos químicos utilizados rotineiramente, resultando em ampla variedade de materiais residuais (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

Também são amplamente citadas em discussão sobre implementação de PGR a Universidade de Kentucky, a Universidade de Harvard, a Universidade Nacional da Costa Rica e a Universidade de Oakland (SAQUETO, 2010). Izzo (2000) relata um interessante programa de prevenção à poluição e minimização da geração de resíduos nos laboratórios da Universidade de Princeton. Algumas experiências também resultaram na publicação de livros sobre a questão, apresentando inclusive métodos de tratamento para alguns tipos de resíduos (ARMOUR, 1996).

Henrique (2008) apresenta aspectos da gestão de resíduos químicos na Universidade de Virginia, na qual foi elaborado um programa denominado Plano de Higiene Química de Laboratório, que tem como objetivo principal promover segurança com qualidade e encorajar práticas seguras de trabalho em laboratório.

No Brasil, experiências nesse sentido, começaram a ser amplamente discutidas na década de 1990 (AFONSO *et al.*, 2003), principalmente em algumas das maiores e mais antigas universidades estaduais e federais do país. Nesta revisão bibliográfica foi elaborada uma relação das instituições que apresentam algum tipo de gestão de resíduos no Brasil, mas não reflete a totalidade das instituições preocupadas com a questão.

Segue a relação: Universidade Federal de Alagoas (UFA) (BENIGNO *et al.*, 2010); Universidade de Brasília (UnB) (IMBROISI *et al.*, 2006); Universidade Católica de Brasília (UCB) (DALSTON, 2005); Universidade Federal de Lavras (UFLA) (OLIVEIRA JUNIOR, 2012); Universidade Estadual de Londrina (UEL) (SOUZA; CIVIDATTI; GUEDES, 2005); Universidade Estadual Paulista (UNESP) (SILVA, 2002); Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) (ROCHA, 2011); Instituto de Química da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (IQ/UERJ) (BARBOSA, 2003; LIMA, 2012); Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CCS/UFRJ) (COSTA; FERNANDES, 2013); Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ/UFRJ) (AFONSO *et al.*, 2003); Universidade de São Paulo - Instituto de Química (IQ/USP) (DI VITTA, 2002); Universidade de São Paulo - campus de São Carlos (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003); Universidade de São Paulo - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; TAVARES, 2004; BENDASSOLLI *et al.*, 2003); Universidade de São Paulo - campus Ribeirão Preto (LASSALI; GIOVANI, 2003); Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) (HENRIQUE, 2008; JARDIM, 1998); Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UFTPR) (BARBOSA; CASAGRANDE JUNIOR; LOHMANN, 2011; CASSILHA; CASAGRANDE JUNIOR; SILVA, 2009); Universidade Federal do Paraná (UFPR) (CUNHA, 2001); Universidade Federal de São

Carlos (UFSCar) (SASSIOTTO, 2005); Universidade Federal de São Carlos - campus Araras (SAQUETO, 2010); Universidade Regional de Blumenau (FURB) (FRANK; QUADROS, 2003); Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010); Universidade de Caxias do Sul (UCS) (DE CONTO *et al.*, 2010); Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) (GOMES, 2010); Centro Universitário Univates (UNIVATES) (BERSCH; GONÇALVES; MACHADO, 2004); Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) (DEMAMAN *et al.*, 2004); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (AMARAL *et al.*, 2001).

O gerenciamento de resíduos realizado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (CENA/USP) se desenvolveu a partir de iniciativas adotadas no final dos anos de 90 no Laboratório de Isótopos Estáveis. Na ocasião essas iniciativas estavam relacionadas ao reaproveitamento de efluentes líquidos contendo, principalmente, amônia e hidróxido de sódio. Essa experiência foi determinante para que a gestão dos resíduos químicos pudesse ser expandida para todos os demais laboratórios da instituição. Teve início a partir do ano 2001 a implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) e foi criado oficialmente a Seção Técnica de Gerenciamento e Tratamento de Resíduos. Esta presta suporte aos laboratórios no que se refere às boas práticas de gerenciamento, com ênfase aos resíduos químicos (BENDASSOLLI *et al.*, 2003; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

O PGRQ do CENA/USP contempla a gestão de efluentes líquidos (soluções contendo amônia, dióxido de enxofre e hidróxido de sódio, em grandes volumes e, outras soluções residuais, em volume reduzido, contendo metais ou acidez/alcalinidade elevadas), sólidos e semisólidos (óxidos de cobre e prata, géis, ponteiras, luvas, papéis contaminados e também, lâmpadas, pilhas e baterias) e gasosos (vapores ácidos e orgânicos) (BENDASSOLLI *et al.*, 2003; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Um diferencial foi a implantação da gestão de águas servidas, promovendo a substituição dos destiladores por colunas de acrílico contendo resinas trocadoras de íons. O sistema produz água deionizada de excelente qualidade, além de possibilitar uma diminuição significativa dos gastos com energia elétrica e água BENDASSOLLI *et al.*, 2003; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

Segundo Imbroisi e outros (2006), na Universidade de Brasília (UnB), a questão começou a ser tratada em 1994, quando se criou uma comissão para efetuar um diagnóstico dos resíduos perigosos da instituição. Como resultado, em 1996 foi implantado um Programa de Gerenciamento de Resíduos Radioativos, tendo sido construído um depósito segundo orientações e cooperação técnica da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Nessa mesma época - 1996, a Prefeitura do Campus da UnB iniciou um trabalho de coleta dos resíduos químicos produzidos pelos laboratórios da instituição aproveitando, para isso, um antigo depósito de reagentes químicos e solventes, transformado em depósito temporário de resíduos (IMBROISI *et al.*, 2006). Como não existia um plano de gerenciamento de resíduos, os resíduos levados para o depósito não tinham qualquer tipo de identificação. A ausência de identificação traz um risco de acumulação de materiais incompatíveis próximos uns dos outros. Outro problema era o armazenamento de diferentes tipos de resíduos no mesmo local, por exemplo, materiais de origem biológica com resíduos químicos. Em 2000, os resíduos deste depósito foram coletados pelo serviço de limpeza urbana do Distrito Federal.

Despertada para a situação, a Reitoria da UnB, em novembro de 2002 nomeou nova Comissão com a missão de implementar um sistema de gerenciamento dos resíduos químicos gerados na universidade e implantar uma Unidade de Tratamento de Resíduos Químicos (IMBROISI *et al.*, 2006). A primeira atividade desta nova comissão foi efetuar um diagnóstico da situação do depósito de resíduos químicos da UnB e a situação atual de seu passivo.

Finalmente em 2008, aconteceu a fusão das comissões de rádio proteção e de resíduos químicos, o que formou a atual comissão que recebeu o nome de Comissão de Gerenciamento, Tratamento e Destinação de Resíduos Perigosos da Universidade de Brasília. Essa nova Comissão ficou encarregada de gerenciar os resíduos perigosos da UnB sejam eles químicos, biológicos ou radioativos (UnB, 2015).

O Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) vem, desde 1994, desenvolvendo atividades de coleta seletiva (separação e recolhimento dos resíduos sólidos de acordo com o tipo de material) e tratamento de rejeitos dos laboratórios de pesquisa e graduação (AMARAL *et al.*, 2001). No âmbito dos laboratórios de ensino de graduação, algumas disciplinas já realizaram atividades visando tanto recuperação de resíduos como a síntese de reagentes para utilização em outros laboratórios de ensino ou pesquisa. No entanto, estas ações tinham um caráter restrito e isolado, na medida em que eram realizadas dentro de um setor ou Departamento. Em 1998, quando do lançamento do Edital PADCT III – Apoio a Cursos de Graduação em Química e Engenharia Química, o Instituto de Química apresentava a maturidade necessária para o desenvolvimento de um programa institucional, que refletisse o espírito dos seus sucessivos dirigentes, bem como de seus próprios professores e funcionários (AMARAL *et al.*, 2001). O projeto apresentado “Ensino e a Química Limpa” foi aprovado com a meta da formação de um profissional em química

preocupado com a preservação do meio ambiente e com o desenvolvimento e utilização de tecnologias limpas (AMARAL *et al.*, 2001). Dentro deste projeto, previu-se a criação de um "Programa em Química Limpa" onde destaca-se a atividade "Fluxo de Resíduos e Produtos" (AMARAL *et al.*, 2001). Os autores afirmam que o "Programa em Química Limpa" promove o intercâmbio de resíduos entre laboratórios diferentes, isto é, o resíduo de um laboratório é matéria-prima de outro. Citam ainda a utilização de uma rotulação padronizada dos resíduos. Um banco de dados foi criado com as características de cada resíduo associado ao número de registro contido em seu rótulo. A alternativa de rotulagem e do banco de dados é uma forma de organizar o passivo para que uma posterior alternativa de gestão seja estipulada (AMARAL *et al.*, 2001).

Em 2001 foi criado o Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos (CGTRQ), como Órgão Auxiliar do Instituto de Química da UFRGS, tendo como finalidade gerenciar e dar destinação adequada aos resíduos químicos gerados pelos laboratórios do instituto, além de ser uma entidade dedicada à produção e à divulgação de conhecimentos científicos e tecnológicos na área de gestão de resíduos químicos e de segurança química (CGTRQ, 2015). O referido Centro entrou em funcionamento em 15 de julho de 2002 e atualmente atende mais de 220 laboratórios da UFRGS e outros laboratórios externos (CGTRQ, 2015).

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro os resíduos são gerenciados por iniciativas isoladas dos institutos. Por exemplo, a Coordenação de Biossegurança do Centro de Ciências da Saúde (CCS/UFRJ), observando o grande volume de resíduos químicos gerados em atividades de pesquisa, aulas e prestação de serviços, implantou, em 2007, o descarte semestral de resíduos químicos por uma empresa licenciada para este fim (COSTA; FERNANDES, 2013). Para esta operação os resíduos químicos foram divididos em quatro grupos: (A) resíduos inorgânicos sólidos ou líquidos (sais, óxidos, ácidos ou bases); (B) resíduos orgânicos sólidos ou líquidos (isentos de halogenados, fosforados ou pesticidas); (C) resíduos orgânicos sólidos ou líquidos (halogenados, fosforados ou pesticidas); (D) resíduos não identificados ou misturas dos demais resíduos. Outra característica deste sistema é que o gerador é responsável por todas as etapas até a disposição final (segregação, identificação, acondicionamento e transporte ao local de coleta), ficando a Coordenação de Biossegurança com responsabilidade de agendar, divulgar, organizar e fornecer informações técnicas para o recolhimento adequado. Entre 2007 e 2012 foram realizadas dez operações de descarte totalizando 33 toneladas com um gasto de 148 mil reais (COSTA; FERNANDES, 2013).

Outra iniciativa foi descrita por Afonso e outros (2003) no Instituto de Química (IQ/UFRJ). Este Instituto, observando a necessidade de instruir o futuro profissional acerca dos problemas relativos ao meio ambiente, incluindo a questão da geração, tratamento e destino final dos resíduos, vem tomando diversas medidas nesse sentido. Em 1998, foi criada a disciplina "Tratamento de Resíduos Químicos de Laboratório", estruturada em visitas a indústrias químicas, palestras com especialistas na área, trabalhos inicial e final e práticas de laboratório (AFONSO *et al.*, 2003). No ano seguinte, foi criada a comissão de segurança, multidepartamental. Dentre outras atuações, destacam-se a elaboração de um manual de segurança e a remoção do passivo ambiental, correspondendo ao envio para incineração dos resíduos estocados nas dependências do Instituto, em alguns casos há mais de 30 anos (AFONSO *et al.*, 2003). A Semana de Química, organizada pelos alunos do IQ/UFRJ, sempre dedica espaço para a realização de cursos de segurança em laboratório. Coletas seletivas de resíduos são rotina nos laboratórios das disciplinas experimentais de todos os Departamentos. A partir de uma proposta de coleta diferenciada, estes autores desenvolveram rotinas de tratamento dos resíduos gerados em várias disciplinas experimentais de formação básica oferecidas pelo IQ/UFRJ, com vistas a atingir os seguintes objetivos: (a) recuperar (e reutilizar) elementos de interesse, com grau de pureza adequado; (b) obter rotas seguras de descarte de sólidos inservíveis (incinerar ou dispor em aterros para materiais perigosos [classe I]); c) obter efluentes líquidos neutralizados, isentos de metais pesados e espécies tóxicas que possam ser descartados na pia do laboratório.

O Instituto de Macromoléculas (IMA) da UFRJ possui um Programa de Coleta Seletiva com objetivo de informar e orientar sobre as medidas que devem ser tomadas durante o descarte dos resíduos químicos ou recicláveis. Este programa iniciou suas atividades em Julho de 1996 devido às inúmeras irregularidades na postura dos usuários e o comprometimento da infraestrutura do prédio do IMA/UFRJ. Desde então o programa vem monitorando e atuando diretamente nos laboratórios e na instituição com o objetivo de reduzir o impacto ambiental decorrente das atividades de pesquisas e educar ambientalmente toda a comunidade IMA/UFRJ (IMA, 2015).

A Decania do Centro de Tecnologia da UFRJ (CT/UFRJ) desenvolve uma política de responsabilidade ambiental por intermédio dos seguintes programas: a) Recicla CT – gestão de resíduos recicláveis; b) CT Consciente – racionalização do uso de água e energia elétrica; c) CT Verde – conservação e ampliação de áreas verdes; d) CT Destinação Responsável – gestão de resíduos Classe I (perigosos) (CT, 2015). O objetivo principal é inserir práticas e posturas sustentáveis nas atividades diárias do campus Universitário.

3.4 PRIORIDADES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Algumas instituições de ensino nacionais demonstram-se preocupadas com a questão ambiental, tendo iniciado o gerenciamento de seus resíduos, colocando em prática a responsabilidade objetiva, ou seja, quem gera o resíduo torna-se responsável pelo mesmo. A Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981, mais conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove um nexo de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e um dano ambiental. Em resumo, significa que um resíduo poluidor, ainda que esteja sendo emitido em concentrações que respeitem os limites estabelecidos pela legislação vigente, poderá causar um dano ambiental, e sujeitar o causador do dano ao pagamento de indenização, ou também, um dano indireto, desde que seja provada sua relação com uma dada instituição, a mesma será responsabilizada (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

Na adoção de um PGR, seja em uma empresa ou universidade, várias ações devem ser realizadas simultaneamente, de modo a tornar a atividade gerenciadora possível e eficaz. A implantação desse programa é algo que exige, antes de tudo, mudança de atitudes e, por isto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer realimentação contínua. Jardim (1998) afirma que é de fundamental importância a adoção de quatro condições básicas para sustentar um programa desta natureza, as quais são:

1- apoio institucional irrestrito ao programa - a instituição deve estar realmente empenhada a implementar e sustentar um programa de gerenciamento de resíduos, pois o insucesso de uma primeira tentativa via de regra desacredita tentativas posteriores;
2- priorizar o lado humano do programa frente ao tecnológico - a mudança de atitudes de todos os membros da unidade geradora (alunos, funcionários e docentes) determinará o sucesso do programa;
3- divulgar as metas estipuladas dentro das várias fases do PGR - a divulgação interna e externa do PGR é fundamental para a conscientização e difusão das ideias e atitudes que o sustentarão;

4- reavaliar continuamente as metas e resultados obtidos - trabalhando com metas pouco ambiciosas e reais, deve-se sempre reavaliar os êxitos (ou insucessos) obtidos, redirecionando-as se preciso for para que o programa seja factível**.**

A implantação do PGR contempla, inicialmente, dois tipos de resíduos: o ativo, que é o resíduo gerado nas atividades de rotina de um laboratório, que se torna resíduo passivo ao ser armazenado; o resíduo passivo representa o resíduo estocado no laboratório aguardando sua destinação final (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Os inventários de passivo e de ativo são importantes, porque permitem que a unidade conheça a si própria quanto à natureza e qualidade dos resíduos gerados e estocados. É importante salientar que a caracterização do passivo visa, em primeiro lugar, o reciclo e o reuso de tudo que for possível e, somente depois dessa triagem, o resíduo poderá ser encaminhado para tratamento e aquilo que for considerado rejeito endereçado à disposição final adequada. No entanto, muitas vezes este passivo se apresenta como o maior desafio dentro de um PGR, pois a sua caracterização fica prejudicada, devido à ausência de rótulos e, também, a existência de muitas misturas complexas (JARDIM, 1998). Vale ressaltar, que a grande maioria das unidades geradoras no Brasil não dispõe do passivo, o que facilita o estabelecimento de um PGR, mas, por outro lado, mostra o descaso com que o assunto vem sendo tratado (JARDIM, 1998). Em relação aos ativos, todas as atividades do PGR estão relacionadas com o gerenciamento desse tipo de resíduo, uma vez que, quando da sua implantação, não mais se admite a existência de resíduo passivo. A realização do inventário do ativo e do passivo é imprescindível, pois através desta avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos gerados é que se poderão traçar as metas e objetivos do PGR inseridas dentro da escala de prioridades indicadas na Figura 3.

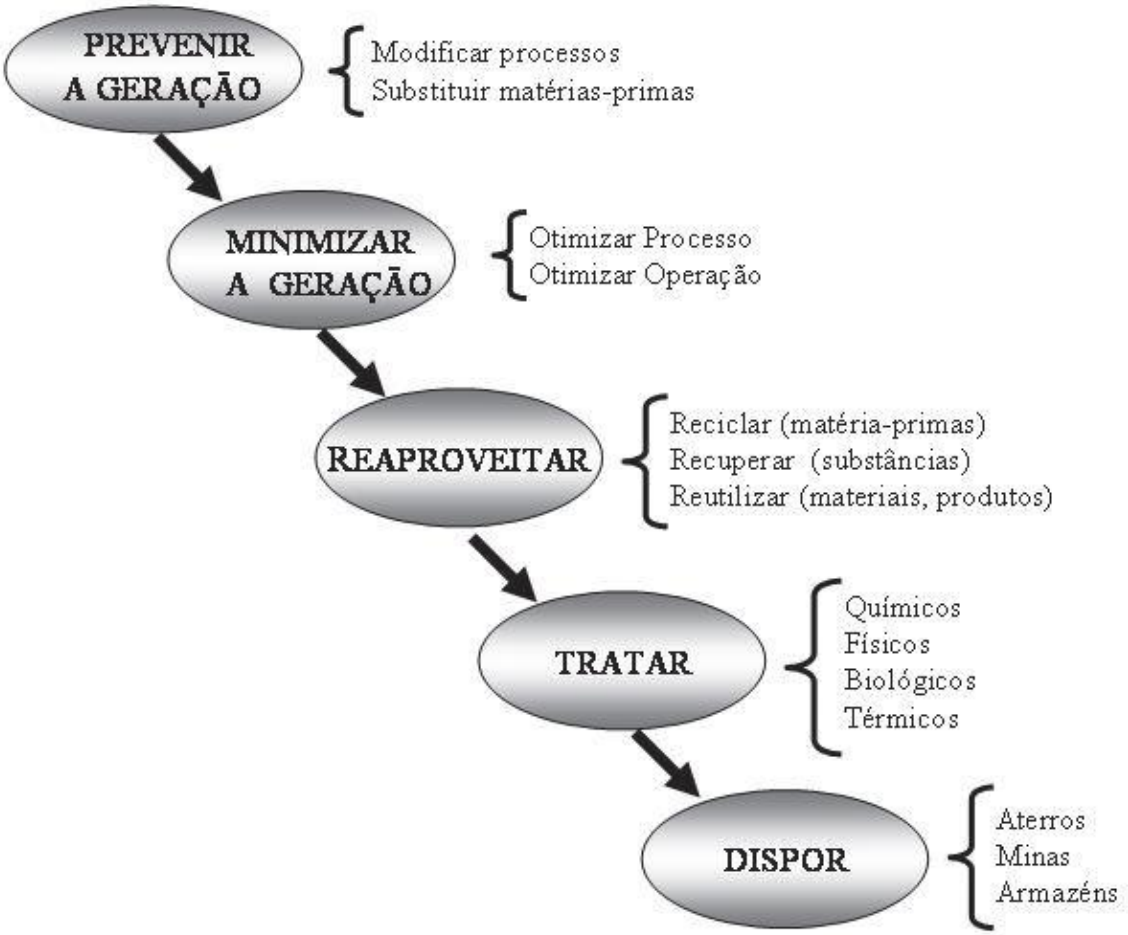


Figura 3. Escala de prioridades no gerenciamento de resíduos (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005)

É interessante notar que essa escala de prioridades, na maioria das vezes, não é respeitada, sendo a última etapa da escala, disposição final, priorizada e utilizada como etapa única no gerenciamento de resíduos. Em outras palavras, a primeira preocupação consiste, frequentemente, em encontrar alternativa para a disposição do resíduo. É nesse instante que a dimensão do problema remonta à anterior necessidade de que, se o resíduo tivesse sido tratado, reaproveitado, e/ou minimizado, não haveria quantidade tão acentuada para dispor. Ou ainda, talvez, o mesmo nem precisasse ser gerado (evitar a geração), sendo substituída a matéria-prima por outra de menor toxicidade (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

A escala de prioridades no gerenciamento de resíduos, a princípio, estimula a prevenção da geração de resíduos, isto é, deve-se evitar, sempre que possível, a geração. Isso pode ser obtido pela modificação de um processo qualquer (ou método analítico), substituição de matérias-primas ou insumos.

Algumas tecnologias mais limpas estão sendo desenvolvidas objetivando esta prevenção da geração de resíduos, como a determinação de amônio em águas, na qual se utilizava o fenol como reagente obtendo o mesmo composto orgânico como solução residual; a técnica pode ser substituída por outra que emprega solução de hidróxido de sódio em método condutimétrico (REIS *et al.*, 1997). Outro exemplo é a determinação de mercúrio em solos ou sedimentos, em que foi substituída a metodologia clássica da geração de vapor frio, que gera considerável volume de solução residual ácida contendo elevada concentração em estanho, por outro método baseado na pirólise direta da amostra sólida. Esta última além de não gerar resíduos perigosos, dispensa custos com reagentes (MAGALHÃES *et al.*,1997).

Esta é a primeira e principal prática a ser implementada, contudo a mais difícil de ser atingida (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006). Uma das alternativas para se alcançar este objetivo se faz por meio de um programa de educação ambiental, incluindo cursos e/ou disciplinas, palestras informativas voltadas para a utilização correta de produtos perigosos, etc. Este é um método relativamente fácil de ser implantado, mas de resultados que vem em longo prazo (SAQUETO, 2010).

Não sendo possível prevenir a geração de resíduos, muitas vezes é possível minimizá-la. A minimização pode ser concretizada através de: redução na quantidade/frequência de utilização de substâncias/matérias perigosas; substituição dos compostos perigosos e de metodologias; controle de estoque; formação e treinamento (SAQUETO, 2010). Exemplo disso é a substituição do uso de buretas de 20 e 50 mL de capacidade nas práticas de laboratório (principalmente em atividades de ensino) por técnicas em microescala, que proporcionam resultados com semelhantes exatidão e precisão, apresentando ainda vantagens de consumir menos reagente e gerar menos resíduos (SINGH *et al.*, 2000). Outros exemplos são os métodos de análise por injeção em fluxo e a elaboração de cadeias de experimentos em aulas de graduação, de modo que os produtos de uma prática sirvam de reagentes para a próxima, sucessivamente, como é realizado nas disciplinas práticas da graduação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por exemplo (SCHNEIDER; WISKAMP, 1994; AMARAL *et al.*, 2001).

O controle de estoque é utilizado em Oakland University (2010), cuja orientação é comprar apenas a quantidade de produtos químicos necessários para os projetos específicos. Se o gerador comprar além do necessário deverá pagar o excedente a ser eliminado (SAQUETO, 2010).

Na sequência deve-se estimular o reaproveitamento do resíduo inevitavelmente gerado. Segundo Tavares e Bendassolli (2005), esse reaproveitamento pode se dividir em:

reciclagem, recuperação e reutilização. Reciclagem é refazer o ciclo por completo, voltar à origem, ou seja, é quando determinado material retorna como matéria-prima ao seu processo produtivo, como a reciclagem de solventes orgânicos. Recuperação é retirar do resíduo um componente de interesse, seja por questões ambientais, financeiras ou ambas concomitantemente, exemplo é o aproveitamento de ouro ou prata de resíduos. Reutilização ou reuso é a utilização de um resíduo, tal qual foi gerado, em um processo qualquer, ou de um produto que se encontra sem utilidade, dentro ou fora da unidade geradora, como acontece com reagentes vencidos.

O trabalho de reaproveitamento de resíduos desenvolvido no CENA/USP é um exemplo. Nesta unidade são reutilizadas soluções aquosas residuais contendo amônia e hidróxido de sódio no enriquecimento de isótopos e tratamento de resíduos. São recuperados prata e bromo contidos em soluções residuais e reciclados cobre metálico e solventes (BENDASSOLLI *et al.*, 2002; BENDASSOLLI *et al.*, 2003; TAVARES, 2004).

O tratamento é a penúltima prática a ser realizada, definido na escala de prioridades, podendo ser físico, químico, biológico ou térmico (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Esta prática envolve diversas alternativas que objetivam processar os resíduos tendo como finalidades principais: a) redução ou eliminação da periculosidade; b) tornar os componentes que conferem periculosidade inerte, agregando-os a materiais insolúveis e c) redução do volume dos resíduos perigosos remanescentes do tratamento (BENDASSOLLI *et al.*, 2003).

O tratamento físico tem como objetivo reduzir o volume dos resíduos ou imobilizar componentes. Alguns exemplos desse tratamento, também chamado de técnicas de separação, são: secagem, centrifugação, evaporação, sedimentação, floculação, flotação, filtração, filtragem em filtro prensas de placa e esteiras, absorção, destilação, entre outros (SASSIOTTO, 2005).

Os tratamentos químicos alteram a constituição do resíduo e são empregados na eliminação de componentes tóxicos; substituição de substâncias do resíduo por substâncias mais estáveis quimicamente; produção de compostos com valor comercial e transformação do resíduo em materiais insolúveis (SAQUETO, 2010).

Métodos de tratamento químicos mais aplicados são: precipitação, oxidação química, redução química, neutralização, troca iônica, extração com solvente e com fluido supercrítico e lixiviação (LIMA JÚNIOR, 2001).

Em tratamento de resíduos, a precipitação química tem ampla aplicação na remoção de metais tóxicos em soluções residuais como, arsênio, bário, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selênio, prata, tálio e zinco (POSSIGNOLO, 2011).

A neutralização é a técnica mais eficiente e de menor custo para se gerenciar soluções residuais ácidas e alcalinas, pois as mesmas podem ser descartadas na rede pública de esgoto, depois da neutralização, desde que as concentrações de sais de sódio, potássio, cloretos e acetatos não ultrapassem as concentrações para descarte ou lançamento em corpos d'água (POSSIGNOLO, 2011).

Os tratamentos biológicos têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, que servirá de substrato para micro-organismos tais como, bactérias, fungos e protozoários; estes transformarão esta matéria orgânica em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991). Vale mencionar que a sua aplicação para o tratamento de resíduos químicos laboratoriais fica comprometida, pois além da geração ser descontínua e variada, o que dificulta a manutenção da população dos micro-organismos, a presença de alguns constituintes dos resíduos pode provocar a intoxicação dos micro-organismos com a consequente redução de sua atividade (POSSIGNOLO, 2011). Este tratamento pode ser aeróbico, necessita de oxigênio como aceptor de elétrons, ou anaeróbico, segue num ambiente rarefeito em oxigênio, sendo o aceptor de elétrons algumas formas de carbono, enxofre e nitrogênio. Alguns exemplos: lodo ativado, lagoa aerada, filtro biológico, digestão anaeróbia (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

Os tratamentos baseados nos processos biológicos permitem o tratamento de grandes volumes de efluentes. Estes tratamentos transformam compostos orgânicos tóxicos com custos relativamente baixos.

No tratamento térmico, os resíduos recebem uma grande quantidade de energia em forma de calor a uma temperatura mínima que varia de acordo com a tecnologia aplicada (Temperatura de reação) durante certa quantidade de tempo (Tempo de reação) tendo como resultado uma mudança nas suas características como, por exemplo, a redução de volume, devido a diversos processos físico-químicos que acontecem durante o processo. Alguns exemplos de processos térmicos de tratamento são: incineração, co-processamento, autoclavagem, entre outros (MAZZER; CAVALCANTI, 2004; SAQUETO, 2010).

A incineração utiliza a decomposição térmica via oxidação e tem como principal vantagem à redução significativa de volume dos resíduos (90% a 95%). É um processo sugerido muitas vezes como forma de disposição final (SCHNEIDER *et al.*, 2001). Todavia, as desvantagens são rotineiramente discutidas: alto custo e emissão de substâncias tóxicas como dioxinas e furanos (ZINI, 2011). Além da geração de cinzas no final do processo, que devem ser corretamente dispostas de acordo com a sua composição (POSSIGNOLO, 2011).

Uma técnica alternativa, de baixo custo e que não gera cinzas, pois toda a matéria queimada é incorporada ao produto final, é o co-processamento (MAROUN, 2006).

A autoclavagem é um tratamento térmico bastante utilizado no ambiente hospitalar e utiliza um equipamento denominado autoclave. Este equipamento emprega vapor d'água sob pressão produzindo temperatura mínima de 121°C. Quanto maior a pressão da autoclave, maior a temperatura. Este método, que emprega calor úmido, destrói formas vegetativas e esporuladas de procariotos e fungos, promovendo a esterilização (VERMELHO *et al.*, 2006).

O processo de autoclavagem aplicado em laboratórios para redução de carga microbiana de culturas e estoques de microrganismos está dispensado de licenciamento ambiental, ficando sob a responsabilidade dos serviços que as possuírem, a garantia da eficácia dos equipamentos mediante controles químicos e biológicos periódicos devidamente registrados (ANVISA, 2004).

Por fim, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentando outra possibilidade que não a disposição final, esse resíduo passa a ser rejeito segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Esses rejeitos devem ter uma disposição final ambientalmente adequada, que significa distribuição ordenada de rejeitos no solo em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais diversos.

A disposição indiscriminada de resíduos em aterros pode causar poluição do ar, da água e do solo, além de ocupar grande espaço físico. Estes problemas podem ser eliminados em um aterro pela adoção das seguintes medidas de proteção ambiental: localização adequada; elaboração de projeto criterioso; implantação de infraestrutura de apoio; implantação de obras de controle da poluição e adoção de regras operacionais específicas (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

Os aterros podem ser classificados em:

- ✓ Aterro comum: é considerada uma forma inadequada de disposição de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga de resíduos, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública. Vantagem: processo mais barato e mais rápido para sua instalação. Desvantagem: contamina o solo, ar, água e favorecem a sobrevivência e proliferação de insetos e roedores (MAZZER; CAVALCANTI, 2004; SERAPHIM, 2010);
- ✓ Aterro controlado: é o aterro comum com algumas adaptações. Os resíduos recebem diariamente uma cobertura de material inerte. Esta cobertura não resolve os problemas

de poluição gerados pelos resíduos, pois, não são levados em conta os mecanismos de formação de gases e líquidos (LIMA, 1995);

- ✓ Aterro Sanitário: deve ser projetado para receber e tratar os resíduos com base em estudos de engenharia e normas operacionais - NBR 8419/1992 (ABNT, 1992b) - garantindo assim uma disposição ambientalmente adequada como exige a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). No processo de decomposição dos resíduos sólidos, ocorre a liberação de gases e líquidos (chorume ou percolado) muito poluentes, o que leva um projeto de aterro sanitário exigir cuidados como impermeabilização do solo, implantação de sistemas de drenagem eficazes, entre outros (SERAPHIM, 2010). Vantagem: causa menos impacto ao meio ambiente e a saúde humana, além de ser uma solução economicamente viável. Desvantagem: vida útil de curta duração, controle e manutenção constante e utilização de grandes extensões de terra (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

Para os resíduos sólidos industriais existem os aterros próprios, que são geralmente classificados como aterro Classe I, aterro Classe II A ou aterro Classe II B (ABNT, 2004a) de acordo com o tipo de resíduo para o qual ele foi licenciado a receber. O projeto destes aterros devem basear-se na NBR 8418/1984 (Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos – procedimento) e na NBR 10157/1987 (Aterros de resíduos perigosos - critérios para projeto, construção e operação – procedimento).

Os Aterros Industriais destinam-se a receber resíduos sólidos que não sejam reativos, não inflamáveis e com baixa quantidade de solvente, óleo ou água. A construção do aterro obedece a rigorosas técnicas para a proteção do meio ambiente. Adotam técnicas de confinamento dos resíduos através de membranas, sistemas de drenagem, tratamento de efluentes, e poços de monitoramento do lençol freático.

Aterro Classe I destina-se a resíduos industriais perigosos (resíduos Classe I), como lodos de estação de tratamento de efluentes e galvânicos, borras de retífica e de tintas, cinzas de incineradores, entre outros (SAQUETO, 2010). Aterro Classe II A destina-se aos resíduos industriais não perigosos e não inertes (resíduos Classe II A), é utilizado principalmente para os resíduos domiciliares. Aterro Classe II B destina-se resíduos inertes (resíduos Classe II B) - entulho, concreto etc. Este último possui sistema de drenagem de águas pluviais e uma de monitoramento ambiental e dispensa a impermeabilização do solo.

3.5 ETAPAS DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) define que o setor público a nível federal, estadual e municipal, e empresas públicas ou privadas, deverão elaborar seu Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). O Governo Federal condiciona o acesso a recursos públicos para os gestores públicos à elaboração de planos de resíduos sólidos. No caso das empresas, o PGRS faz parte do processo de Licenciamento Ambiental e passa a ser obrigatório para a maioria das empresas no país. As empresas que ainda não possuem um PGRS são obrigadas a elaborarem. Para as futuras empresas, o PGRS faz parte do Licenciamento Ambiental.

As instituições de ensino e pesquisa ficam sujeitas a elaboração de um Programa de Gerenciamento de Resíduos (PGR), já que podem ser enquadrados como estabelecimento prestador de serviços que geram resíduos perigosos (Art. 20 inciso II da lei nº 12305/2010).

Um gerenciamento de resíduos se constitui em um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e 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, dos recursos naturais e do meio ambiente.

Este gerenciamento deve abranger todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo dos resíduos. Para isso, etapas internas e externas ao local onde estes resíduos são gerados devem ser elaboradas e organizadas para elaboração do PGR.

Atualmente não existem legislações e normas que estabelecem etapas e critérios para a montagem de um PGR em instituições de ensino superior. Assim, as universidades vêm criando seus modelos de gerenciamento de resíduos, respeitando desde os tipos e volumes dos resíduos, até as restrições econômicas, de órgãos de fiscalização ambiental, etc. Os programas de gerenciamento de resíduos têm intenções semelhantes, mas inúmeras particularidades, que se iniciam na geração do resíduo a ser gerenciado e persistem até a disposição final, justificando a adoção de procedimentos distintos.

Um PGR a ser elaborado deve ter um fluxograma de atividades com etapas bem definidas e compatíveis com as normais locais estabelecidas por órgãos responsáveis por estas etapas. Esse manejo para alguns grupos de resíduos com grau de periculosidade elevado, como radioativos e resíduos de serviços de saúde, é respaldado por legislação própria, que pode servir de exemplo para elaboração do PGR de outros resíduos.

O PGR de serviços de saúde é regido pela RDC Nº 306/2004, que dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento desses resíduos. Nesta resolução o manejo de resíduos é a ação de gerenciar os resíduos em seus aspectos intra e extra estabelecimento, desde a geração até a disposição final e inclui as seguintes etapas (ANVISA, 2004):

1) Segregação

Consiste na separação dos resíduos no momento e local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas, biológicas, o seu estado físico e os riscos envolvidos.

A segregação dos resíduos em diferentes correntes tem como principal objetivo o de facilitar o seu tratamento e disposição final. O número e a natureza das correntes de resíduos dentro de uma unidade geradora depende do destinatário final destes resíduos. Assim, antes de se decidir pela segregação interna dos resíduos, é importante ter em mente qual será o seu destino final (LUNN; SANSONE, 1994).

A segregação dos resíduos químicos deve basear-se nas incompatibilidades definidas pela NBR 12235/1992 que propõe quais resíduos devem ser armazenados separadamente. Esses grupos de segregação são definidos por cada instituição baseado nas características do resíduo gerado, assim as classes de compatibilidade divergem entre as instituições. No anexo C estão apresentados dois exemplos de segregação de resíduos químicos.

Regras gerais de segregação estipuladas por Machado e Salvador (2005):

- A segregação dos resíduos químicos deve ser uma atividade diária dos laboratórios, sendo, preferencialmente, realizada imediatamente após o término de um experimento ou procedimento de rotina;
- Separar os resíduos não perigosos daqueles considerados perigosos;
- Avaliar se os resíduos não perigosos poderão ser reutilizados, reciclados ou doados, antes de descartá-los;
- Para resíduos perigosos, verificar também a possibilidade de reutilização, reciclagem ou doação. Se a única opção for o descarte verificar a possibilidade de submetê-los a algum tratamento químico para minimização ou eliminação completa de sua periculosidade;
- Evitar combinações químicas: resíduos incompatíveis podem gerar gases tóxicos, calor excessivo, explosões ou reações violentas. Lembrar que quanto mais complexa for a mistura, mais difícil será para reciclar, recuperar e reutilizar e maior será o custo final de descarte.

2) Acondicionamento

Consiste no ato de embalar os resíduos segregados, em sacos ou recipientes que evitem vazamentos e resistam às ações de punctura e ruptura. A capacidade dos recipientes de acondicionamento deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo.

Os resíduos sólidos devem ser acondicionados em saco constituído de material resistente a ruptura e vazamento, impermeável, baseado na NBR 9191/2008 da ABNT, respeitados os limites de peso de cada saco, sendo proibido o seu esvaziamento ou reaproveitamento. Os sacos devem estar contidos em recipientes de material lavável, resistente à punctura, ruptura e vazamento, com tampa provida de sistema de abertura sem contato manual, com cantos arredondados e ser resistente ao tombamento.

Os resíduos líquidos devem ser acondicionados em recipientes constituídos de material compatível com o líquido armazenado, resistentes, rígidos e estanques, com tampa rosqueada e vedante.

No CENA/USP prioriza-se a utilização de recipientes para armazenamento de capacidade volumétrica reduzida (até 4L). Visando a padronização do armazenamento e transporte dos volumes gerados, respeitando-se as necessárias condições de segurança em química, a instituição adquiriu recipientes especiais, produzidos em polietileno de baixa densidade, resistentes ao choque físico, no interior dos quais são acondicionados frascos de vidro devidamente rotulados, contendo os resíduos químicos gerados (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Coerentemente, caso a entidade não disponha de recursos financeiros para a aquisição de recipientes apropriados, alternativas como o uso de frascos de reagentes, bombonas, entre outros, devem ser estimuladas (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

Para acondicionamento existem recipientes de diferentes materiais: vidro, plástico e metal. Deve-se buscar na literatura e avaliar qual o material é mais adequado para o resíduo que se deseja armazenar.

3) Identificação

Consiste no conjunto de medidas que permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações ao correto manejo dos mesmos.

A identificação deve estar posta nos sacos de acondicionamento, nos recipientes de coleta interna e externa, nos recipientes de transporte interno e externo, e nos locais de armazenamento, em local de fácil visualização, de forma indelével, utilizando-se símbolos, cores e frases, atendendo aos parâmetros referenciados na norma NBR 7.500 da ABNT, além

de outras exigências relacionadas à identificação de conteúdo e ao risco específico de cada grupo de resíduos.

A identificação dos sacos de armazenamento e dos recipientes de transporte poderá ser feita por adesivos, desde que seja garantida a resistência destes aos processos normais de manuseio dos sacos e recipientes.

A seguir a orientação da RDC 306/2004 (ANVISA, 2004) para identificação de cada grupo de resíduo:

a) Grupo A (resíduos potencialmente infectantes - com possível presença de agentes biológicos) é identificado pelo símbolo de substância infectante constante na NBR-7500 da ABNT, com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos.
b) Grupo B (risco químico) é identificado através do símbolo de risco associado, de acordo com a NBR 7500 da ABNT e com discriminação de substância química e frases de risco.
c) Grupo C (risco radioativo) é representado pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante (trifólio de cor magenta) em rótulos de fundo amarelo e contornos pretos, acrescido da expressão REJEITO RADIOATIVO.
d) Grupo E (material perfurocortante) é identificado pelo símbolo de substância infectante constante na NBR-7500 da ABNT, com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescido da inscrição de RESÍDUO PERFUROCORTANTE, indicando o risco que apresenta o resíduo.

Segundo a NBR 16725 (ABNT, 2014) o gerador de resíduo químico deve tornar disponível ao receptor e usuário um rótulo e uma ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR), nos quais devem ser relatadas informações pertinentes quanto à segurança, saúde e meio ambiente.

No CENA/USP o preenchimento dos rótulos requer poucas informações, restringindo-se a identificar basicamente o constituinte principal e sua concentração aproximada (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Enquanto no IQ/USP de São Carlos, definiu-se a rotulagem através de uma modificação no diagrama de Hommel, que estabelece o grau de risco à saúde, inflamabilidade, reatividade do resíduo e riscos especiais (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003). Na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e na UFPR, além do uso de rótulos nos recipientes, os mesmos devem vir acompanhados de FDSR (CUNHA, 2001; MACHADO; SALVADOR, 2005). O anexo D apresenta exemplo de rótulo e o anexo E um exemplo de FDSR.

4) Transporte Interno

Consiste no traslado dos resíduos dos pontos de geração até local destinado ao armazenamento temporário ou armazenamento externo com a finalidade de apresentação para a coleta. Esse transporte de resíduos deve ser em horários de baixa circulação de pessoas.

Os recipientes para transporte interno devem ser constituídos de material rígido, lavável, impermeável, provido de tampa articulada ao próprio corpo do equipamento, cantos e bordas arredondados, e serem identificados com o símbolo correspondente ao risco do resíduo neles contidos (ANVISA, 2004).

O transporte interno pode variar de acordo com a estrutura das instituições. Para instalações prediais verticais podem ser utilizados elevadores internos ou externos. Já no caso de instalações horizontais podem ser utilizados carrinhos de carregamento individual e de pequenos volumes, não motorizados, ou até mesmo, de acordo com a necessidade e disponibilidade financeira e logística de transporte de cada instituição, carrinhos automotores para carregamento de vários e maiores volumes (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

5) Armazenamento Temporário

Consiste na guarda temporária dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados, em local próximo aos pontos de geração, visando agilizar a coleta dentro do estabelecimento e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado à apresentação para coleta externa. Não poderá ser feito armazenamento temporário com disposição direta dos sacos sobre o piso, sendo obrigatória a conservação dos sacos em recipientes de acondicionamento. O armazenamento temporário poderá ser dispensado nos casos em que a distância entre o ponto de geração e o armazenamento externo justifiquem (ANVISA, 2004).

O armazenamento de resíduos deve atender à NBR 12235 (ABNT, 1992a). Segundo esta norma, resíduos sólidos perigosos devem ser armazenados, preferencialmente, em áreas cobertas, bem ventiladas, e os recipientes devem ser colocados sobre base de concreto ou outro material que impeça a lixiviação e percolação de substâncias para o solo e águas subterrâneas. A área deve possuir ainda um sistema de drenagem e captação de líquidos contaminados para que sejam posteriormente tratados. A disposição dos recipientes na área de armazenamento deve seguir as recomendações para a segregação de resíduos de forma a prevenir reações violentas por ocasião de vazamentos ou, ainda, que substâncias corrosivas possam atingir recipientes íntegros. Em alguns casos é necessário o revestimento dos

recipientes de forma a torná-los mais resistentes ao ataque dos resíduos armazenados (ABNT, 1992a).

Segundo Alberguini, Silva e Rezende (2003) o local de armazenamento da Universidade de São Paulo campus de São Carlos, para abrigo de resíduos químicos, dispõe de uma área de 30m^2, foi construído em alvenaria dentro dos padrões internacionais de segurança ocupacional para armazenar solventes inflamáveis. As prateleiras têm revestimento em tinta epóxi e o edifício não tem janelas para evitar a entrada de luminosidade. A ventilação é mantida por elementos vazados junto ao teto e um portão de duas folhas de chapa perfuradas. O piso, confeccionado em placas de concreto vazadas, permite, no caso de derramamentos acidentais, o escoamento do resíduo por uma canaleta em forma de U ligada a um reservatório, onde o resíduo pode ser recolhido. Não há fontes de eletricidade para evitar possíveis explosões devido à formação de vapores. Nesse abrigo, os resíduos químicos são dispostos levando em consideração suas incompatibilidades químicas (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003).

6) Tratamento

Consiste na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de dano ao meio ambiente.

O tratamento pode ser aplicado no próprio estabelecimento gerador ou em outro estabelecimento, observadas nestes casos, as condições de segurança para o transporte entre o estabelecimento gerador e o local do tratamento.

O anexo F apresenta os tratamentos químicos empregados para minimizar a periculosidade dos resíduos na UFPR.

7) Armazenamento Externo

Consiste na guarda dos recipientes de resíduos até a realização da etapa de coleta externa, em ambiente exclusivo com acesso facilitado para os veículos coletores. No caso de acondicionamento dos resíduos em sacos não é permitida a permanência destes sacos fora de recipientes compatíveis ao resíduo (ANVISA, 2004).

8) Coleta e Transporte

Consistem na remoção dos resíduos do abrigo de resíduos (armazenamento externo) até a unidade de tratamento ou disposição final, utilizando-se técnicas que garantam a

preservação das condições de acondicionamento e a integridade dos trabalhadores, da população e do meio ambiente, devendo estar de acordo com as orientações dos órgãos de limpeza urbana**.**

9) Disposição Final

Consiste na disposição de resíduos no solo, previamente preparado para recebê-los, obedecendo a critérios técnicos de construção e operação, e com licenciamento ambiental de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997.

3.6 FLUXOGRAMA DE PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Alberguini, Silva e Rezende (2003) relataram a implantação, em 1999, do Programa de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos no campus na Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos. Esse programa baseia-se nos seguintes procedimentos em sequência:

a) envio de memorando ao Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) solicitando a retirada dos resíduos químicos;

b) rotulagem *in situ* dos frascos;

c) acondicionamento dos resíduos para transporte seguro;

d) transporte dos resíduos ao Entreposto de Armazenamento;

e) disposição adequada dos resíduos no Entreposto de Armazenamento;

f) tratamento dos resíduos (no LRQ);

g) análise química para reutilização do produto químico recuperado (certificação) e

h) disposição adequada dos resíduos não descartáveis.

Os procedimentos (a) e (b) são de inteira responsabilidade do laboratório gerador; (c) e (d) são de responsabilidade do laboratório gerador, com acompanhamento de funcionário do LRQ; (e), (f) e (g) são de inteira responsabilidade do LRQ e o procedimento (h) é de responsabilidade conjunta do LRQ e da unidade.

No Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos da USP optou-se por um único laboratório de tratamento de resíduos químicos, que iniciou suas atividades práticas efetivamente em 1998, por entenderem que assim otimizaria o trabalho, tornando mais econômico e funcional o gerenciamento dos resíduos. Mas, tendo-se um único LRQ no Campus pode dar a impressão de que os resíduos, depois de gerados, são retirados da responsabilidade do laboratório gerador (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003). Para

evitar esse problema, os resíduos devem ser acompanhados até o entreposto de armazenamento por um responsável do laboratório gerador e os mesmos só são recebidos pelo LRQ após correta identificação. Tal procedimento dá ao laboratório gerador a responsabilidade devida (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003).

No caso do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná (UFPR), segundo Cunha (2001), o PGR foi montado em jornadas anuais com cinco etapas:

1) Coleta e tratamento - Esta etapa é realizada dentro do próprio laboratório gerador. A coleta é feita e o conteúdo do frasco é registrado em uma ficha de resíduos que acompanha cada frasco. Posteriormente é realizada a neutralização. Os resíduos neutralizados são acondicionados em uma bombona que deve conter apenas substâncias compatíveis. A ficha de resíduo do material adicionado a bombona deve ser anexada as outras fichas que acompanham a bombona. Os resíduos sólidos são tratados igualmente, porém os que não precisam de neutralização e estão secos são embalados em sacos plásticos e acondicionados em baldes acompanhados de fichas de resíduo.
2) Armazenamento - Depósitos com acesso restrito. Os conteúdos descritos nas fichas são verificados e a acidez do conteúdo das bombonas conferida.
3) Licenciamento para transporte e co-processamento - os coordenadores do programa recolhem todas as fichas de resíduos e preparam uma lista unificada que é encaminhada à cimenteira para fazer um plano de co-processamento que é encaminhado para licenciamento.
4) Transporte - Após obtenção do licenciamento os resíduos são transportados para a cimenteira.
5) Co-processamento - Realizado como cortesia pela Companhia Cimenteira Rio Branco do grupo Votoran.

Em 2002, foi criada Divisão de Gestão Ambiental (DGA) na UFPR, que faz o atendimento das solicitações de todos os campus para as questões ambientais (DGA, 2015). Este setor realiza o gerenciamento integrado de resíduos (resíduos sólidos comuns, resíduos perigosos, resíduos de serviços de saúde e resíduos de construção civil). Foi elaborado um PGRS, em que os resíduos perigosos são transportados, por empresa especializada, para a empresa licenciada para tratamentos e disposição final dos resíduos, a qual providencia a destinação ambiental correta (co-processamento, incineração, disposição em Aterro Classe I).

As IES desenvolvem seus fluxogramas para o gerenciamento de resíduos adequando a sequência das etapas e os procedimentos a serem adotados a realidade da instituição. Por isso,

há algumas diferenças entre os PGR desenvolvidos nas unidades geradoras, porém todos os PGR desenvolvidos nas IES tem o mesmo objetivo - minimizar a geração de resíduos e adequar o seu descarte de forma a garantir a proteção do meio ambiente e da saúde humana.

4. METODOLOGIA

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, situada no Centro de Tecnologia, campus da Cidade Universitária, no Rio de Janeiro.

O Centro de Tecnologia é composto por duas grandes escolas de engenharia e três órgãos suplementares. São eles, respectivamente: Escola Politécnica, Escola de Química (EQ); Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE); Instituto de Macromoléculas (IMA); e Núcleo Interdisciplinar para Desenvolvimento Social (NIDES).

A Escola de Química foi fundada em 1933 e desenvolve inúmeras linhas de pesquisa relacionadas com a demanda da sociedade atual, compreendendo desde a indústria de base até as áreas de tecnologia de ponta, polímeros, catálise, eletroquímica, corrosão, biotecnologia e química fina. A excelência em seu ensino é demonstrada com a oferta de seus cursos em nível de graduação e pós-graduação: quatro cursos de Graduação - Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Bioprocessos e Química Industrial; o curso de Pós-Graduação Stricto-sensu em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, em nível de doutorado e mestrado acadêmicos; o curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica, Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental e três cursos de Pós-graduação Lato-sensu - Especialização em Engenharia de Processamento de Gás Natural, em Engenharia de Processos Upstream e em Gestão Empresarial para a Indústria Química.

A Escola de Química/UFRJ tem uma estrutura organizacional complexa (vide Figura 4) composta de quatro departamentos, sendo eles, Departamento de Engenharia Bioquímica, Departamento de Engenharia Química, Departamento de Processos Orgânicos e Departamento de Processos Inorgânicos. Visando a capacitação e a inserção no mercado de trabalho dos alunos, a instituição estabeleceu parcerias com o setor industrial, favorecendo o desenvolvimento de pesquisas tecnológicas e projetos cooperativos.

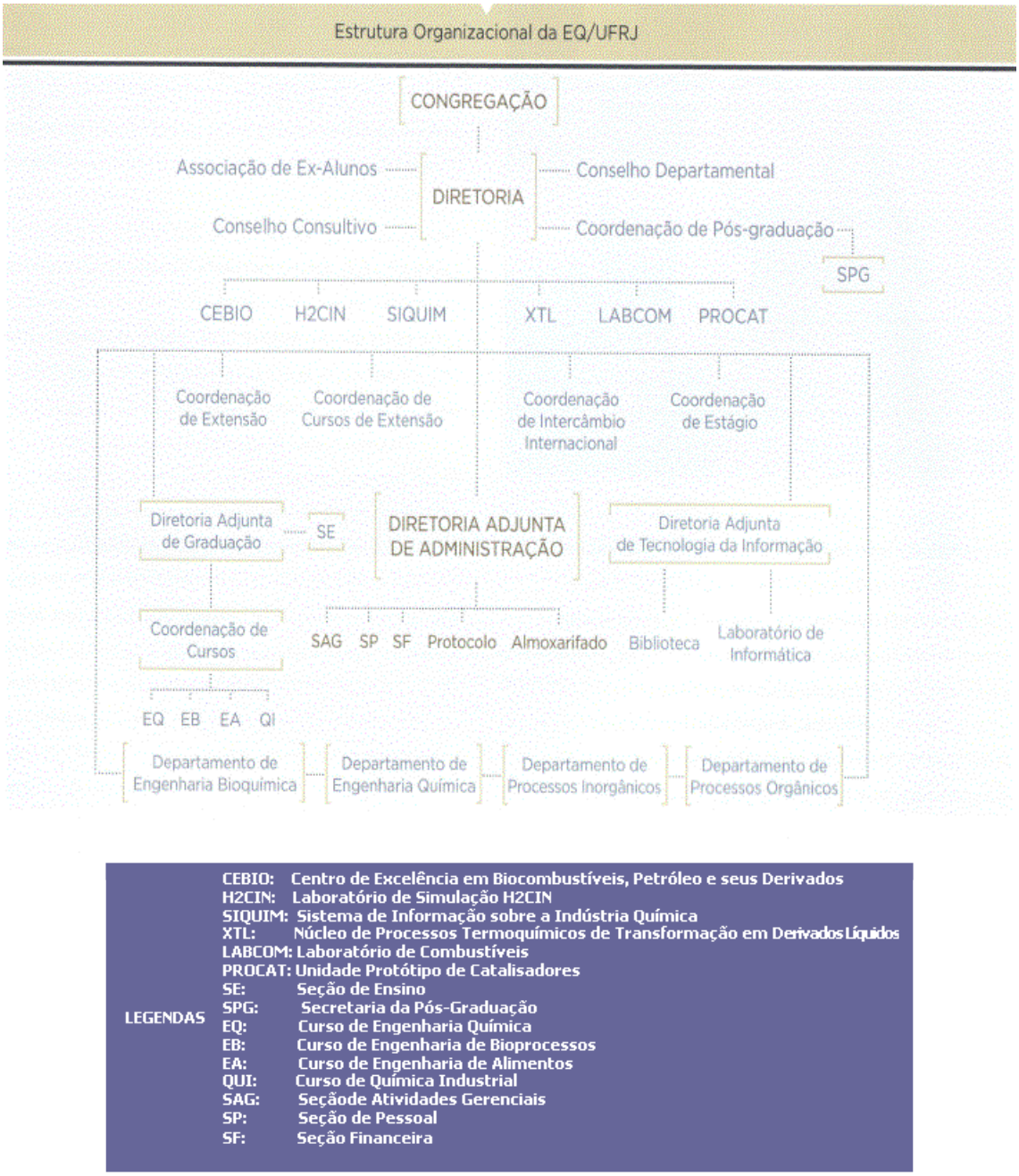


Figura 4. Estrutura Organizacional da Escola de Química/UFRJ (EQ/UFRJ, 2015)

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa quali-quantitativa envolvendo pesquisa bibliográfica, realização de entrevistas semi-estruturada e observação assistemática.

Segundo Minayo (2010), o método qualitativo além de permitir desvelar processos sociais, propicia a construção de novas abordagens, revisão e criação de novos conceitos e categorias durante a investigação. A investigação qualitativa se justifica pelo entendimento de que o conhecimento se dá de forma construtivo-interpretativo, incorporando significados e intencionalidades e ajudando a compreender a complexa dinâmica que envolve as relações de ensino.

Ainda para essa autora, o uso de métodos quantitativos tem o objetivo de trazer à luz dados, indicadores, tendências observáveis ou produzir modelos teóricos de alta abstração com aplicabilidade prática. Este método pode conduzir o investigador à escolha de um problema particular a ser analisado em toda a sua complexidade, através de métodos e técnicas qualitativas. Assim, comparando-se as duas abordagens, compreende-se que os dois métodos têm seu papel, seu lugar e sua adequação no processo de pesquisa. Ambos podem direcionar a resultados importantes sobre a realidade social, não sendo necessário atribuir prioridades de um sobre o outro. As duas metodologias não são incompatíveis e podem ser integradas em um mesmo projeto (MINAYO, 2010).

Na primeira etapa da investigação científica foi realizado um detalhado levantamento bibliográfico sobre resíduos sólidos, definições, etapas da gestão dos resíduos, gerenciamento de resíduos em universidades e legislação vigente. Essa revisão bibliográfica delimitou o objeto de pesquisa, determinou a técnica de coleta de dados a ser aplicada e conduziu a formulação das questões para a entrevista semi-estruturada.

O formulário para a entrevista (Figura 5) foi elaborado com vinte e cinco questões separadas em dois grupos, o grupo dos reagentes e o grupo dos resíduos. As perguntas relacionadas aos reagentes levaram em consideração os reagentes utilizados e local de armazenamento, e as relacionadas aos resíduos consideraram os tipos de resíduos produzidos, as etapas da gestão dos resíduos, incluindo segregação, minimização, tratamentos, armazenamento, rotulação e disposição final, bem como gastos com descarte de resíduos. A fim de classificar os resíduos produzidos na EQ foi utilizada a classificação proposta para RSS na RDC nº 306/2004 e CONAMA n º 358/ 2005 (Anexo A).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE TECNOLOGIA
ESCOLA DE QUÍMICA

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS LABORATÓRIOS

Departamento:_____

Laboratório de: ( )Ensino ( )Pesquisa ( ) Extensão

Quem respondeu o questionário:

( ) Prof. Responsável ( ) Técnico ( ) Outro - Função: _____

Número de funcionários/função:
Professores:____ Técnicos:____ Alunos de Pós-doutorado:___ Doutorado:__ Mestrado__
Graduação: ___

REAGENTES

1- Que tipo de reagentes químicas são utilizados?
( ) ácidos
( ) bases
( ) metais (sólidos ou soluções)
( ) solventes orgânicos:
( ) halogenados
( ) não-halogenados
( ) sais
( ) óxidos
( ) tintas
( ) outros

2- Onde são armazenados os **reagentes** utilizados no laboratório?
( ) almoxarifado externo (fora do laboratório)
( ) dentro do próprio laboratório
( ) almoxarifado externo e dentro do próprio laboratório
( ) outro local: _____

3- O que é feito com **reagentes** vencidos?
( ) utilizados
( ) descartados sem tratamento pelo próprio laboratório
( ) guardados para uso futuro (doação, por exemplo)
( ) guardados para posterior tratamento no próprio laboratório
( ) guardados para posterior recolhimento pela( )universidade ou ( )empresa autorizada:_____
( ) não permitem o vencimento
( ) outras medidas: _____

4- O laboratório recebe **reagentes** vencidos de outras instituições?
( ) Sim ( ) Não

RESÍDUOS

5- Quais são os resíduos gerados no laboratório (classificação baseada na CONAMA 358/2005):
( ) Grupo A – Resíduos contendo material biológico
( ) Grupo B – Resíduos contendo substâncias químicas
( ) Grupo C – Resíduos contendo radionuclídeos (resíduo radioativo)
( ) Grupo D – Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente
( ) Grupo E – Materiais perfurocortantes ou escarificantes

6- O que é feito com **resíduos biológicos** gerados no laboratório?
( ) não geram
( ) lançado pia abaixo ou em lata de lixo comum
( ) esterilizados, autoclavados e lançados pia abaixo ou em lata de lixo comum
( ) guardados sem tratamento para recolhimento pela ( ) universidade ou ( ) empresa autorizada:_____
( ) esterilizados, autoclavados e guardados para recolhimento pela ( ) universidade ou ( ) empresa autorizada:_____
( ) outras medidas: _____

7- O que é feito com **resíduos químicos** gerados no laboratório?
( ) não geram
( ) lançado pia abaixo ou em lata de lixo comum
( ) guardados para posterior tratamento pelo próprio laboratório
( ) guardados para recolhimento pela( )universidade ou ( )empresa autorizada:_____
( ) reciclado, recuperado e/ou reutilizado
( ) outras medidas: _____

8- O que é feito com **resíduos radioativos** gerados no laboratório?
( ) não geram
( ) lançado pia abaixo ou em lata de lixo comum
( ) guardados para posterior tratamento pelo próprio laboratório
( ) guardados misturados para recolhimento pela( )universidade ou ( )empresa autorizada:_____
( ) reciclado, recuperado e/ou reutilizado
( ) outras medidas: _____

9- O que é feito com **resíduos perfurocortantes** gerados no laboratório?
( ) não geram
( ) lançado em lata de lixo comum
( ) esterilizados, autoclavados e lançados em lata de lixo comum
( ) guardados sem tratamento para recolhimento pela ( ) universidade ou ( ) empresa autorizada:_____
( ) esterilizados, autoclavados e guardados para posterior recolhimento pela ( ) universidade ou ( )empresa autorizada:_____

( ) reciclados, recuperados e/ou reutilizados
( ) outras medidas: _____

10- Há Manual de Procedimentos para Gerenciamento dos Resíduos?
( ) SIM ( )NÃO

11- Há ficha de descarte de resíduos?
( )SIM ( )NÃO

12- Se há ficha de descarte, quais informações estão contidas nesta ficha?
( ) resíduo biológico/resíduo químico/resíduo radioativo/resíduo perfurocortante
( ) identificação de misturas químicas
( ) nomes dos produtos químicos
( ) laboratório de origem
( ) nome do responsável do laboratório
( ) nome do gerador
( ) data de início do uso do recipiente para armazenamento de resíduos
( ) data de final do uso do recipiente para armazenamento de resíduos
( ) concentração majoritária aproximada (componente principal)
( ) concentração minoritária aproximada (componentes secundários)
( ) outras informações. Listar:_____

13-É realizada a segregação (separação) e identificação dos resíduos?
( )SIM ( )NÃO

14- Como são estocados os resíduos guardados – tipos de embalagem?
( ) frascos de plástico
( ) frascos de vidro
( ) sacos plásticos
( ) outros recipientes. Especifique: _____

15- As embalagens de estoque de resíduos são:
( ) recicladas de outro produto ou reagente
( ) compradas com essa finalidade

16- Quais as informações contidas nos rótulos dos recipientes de resíduos?
( ) resíduo biológico/resíduo químico/resíduo radioativo/resíduo perfurocortante
( ) identificação de misturas químicas
( ) nomes dos produtos químicos
( ) laboratório de origem
( ) nome do responsável do laboratório
( ) nome do gerador
( ) data de início do uso do recipiente para armazenamento de resíduos
( ) data de final do uso do recipiente para armazenamento de resíduos
( ) concentração majoritária aproximada (componente principal)
( ) concentração minoritária aproximada (componentes secundários)
( )Diagrama de Hommel
( ) outras informações. Listar:_____

17- Se armazenam resíduos, onde são armazenados?
( ) Não armazenam
( ) Sala identificada no próprio laboratório
( ) Sala identificada fora do laboratório
( ) Sala **não** identificada no próprio laboratório
( ) Sala **não** identificada fora do laboratório
( ) Armário ou local identificado dentro do laboratório
( ) Armário ou local identificado fora do laboratório
( ) Armário ou local **não** identificado dentro do laboratório
( ) Armário ou local **não** identificado fora do laboratório
( ) Outro local: _____

18- Se armazenam os resíduos, qual o tempo de armazenamento de resíduos até o recolhimento pelo órgão responsável?
( ) Não armazenam
( ) 1 a 2 meses
( ) 3 a 5 meses
( ) 6 a 11 meses
( ) 1 ano
( ) mais de um ano.
( ) não sabem informar

19- Qual o volume **mensal** de resíduos gerados?

A - Biológico	B - Químico	C - Radioativos	D - Perfurocortantes
( ) menos de 1 L ( ) 1 - 10 L ( ) 10 - 50 L ( ) acima de 50 L. ( ) massa sólida ( ) não sabem informar. ( ) Não geram	( ) menos de 1 L ( ) 1 - 10 L ( ) 10 - 50 L ( ) acima de 50 L. ( ) massa sólida ( ) não sabem informar. ( ) Não geram	( ) menos de 1 L ( ) 1 - 10 L ( ) 10 - 50 L ( ) acima de 50 L. ( ) massa sólida ( ) não sabem informar. ( ) Não geram	( ) menos de 500mg ( ) 500mg - 1Kg ( ) 1 – 10kg ( ) acima de 10 kg ( ) não sabem informar. ( ) Não geram

20- Qual o **Custo** com descarte de resíduos:
R$_____

21- Agrupando os **resíduos químicos** em quatro grupos, quais resíduos químicos são gerados:
( ) Resíduos inorgânicos sólidos ou líquidos (sais, óxidos, ácidos ou bases).
( ) Resíduos orgânicos sólidos ou líquidos (**isentos** de halogenados, fosforados ou pesticidas).
( ) Resíduos orgânicos sólidos ou líquidos (halogenados, fosforados ou pesticidas).
( ) Resíduos não identificados ou misturas dos resíduos acima.

22- O resíduo químico e/ou radioativo recebe algum tratamento ou pré-tratamento no próprio laboratório antes de ser descartado:
( ) Sim ( ) Não

23- Quem segrega e identifica os resíduos gerados?
( ) Não segregam e identificam os resíduos gerados
( ) Profissional que gerou (aluno, técnico, professor)

( ) Técnicos do laboratório treinados
( ) Profissional do órgão responsável pelo recolhimento

24- Quem transporta os resíduos gerados para a sala de armazenamento?
( ) Não tem sala de armazenamento
( ) Profissional que gerou
( ) Técnicos do laboratório treinados
( ) Profissional do órgão responsável pelo recolhimento
( ) Profissionais do setor de limpeza da instituição

25- Profissionais que manipulam os resíduos perigosos utilizam Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) adequados?
( )SIM ( )NÃO ( )Não sabem informar

Figura 5. Formulário usado na entrevista com representantes dos laboratórios da EQ/UFRJ

Para Triviños (2010) a entrevista semi-estruturada tem como característica questionamentos básicos que são apoiados em teorias e hipóteses que se relacionam ao tema da pesquisa. Os questionamentos dariam frutos a novas hipóteses surgidas a partir das respostas dos informantes. O foco principal seria colocado pelo investigador-entrevistador.

As entrevistas semi-estruturadas são muito utilizadas quando se deseja delimitar o volume das informações, obtendo assim um direcionamento maior para o tema (BONI; QUARESMA, 2005). Esse tipo de pesquisa combina um conjunto de questões previamente definidas em um contexto muito semelhante ao de uma conversa informal. O entrevistador deve ficar atento para dirigir, no momento que achar oportuno, a discussão para o assunto que o interessa fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras ou ajudar a recompor o contexto da entrevista. A principal vantagem desta técnica é produzir uma melhor amostra da situação em estudo (BONI; QUARESMA, 2005).

O levantamento bibliográfico também contribuiu para a aplicação da técnica da observação assistemática, conduzindo a observação de fatos e fenômenos para conseguir informações sob determinados aspectos da realidade.

A observação assistemática ajuda o pesquisador a identificar e obter provas a respeito de objetos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento (LAKATOS; MARCONI, 1996). Nesta técnica o pesquisador recolhe e registra os fatos da realidade sem a utilização de meios técnicos especiais (BONI; QUARESMA, 2005).

4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Com o roteiro para a entrevista elaborado, foi feito a triagem da população a ser entrevistada. Essa triagem foi realizada através de pesquisa no site da Escola de Química/UFRJ, com posterior análise para definição dos professores na ativa responsáveis por laboratórios de ensino, pesquisa e/ou extensão. Foram identificados setenta docentes distribuídos entre os quatro departamentos.

Posteriormente, foi enviada uma carta de apresentação via e-mail para cada docente selecionado na intenção de explicar os objetivos e interesses da entrevista. Após o aceite foi marcada uma visita ao laboratório acompanhada pelo docente ou representante por ele indicado. A visita serviu para aplicação do formulário de entrevista semi-estruturada.

As entrevistas foram realizadas no período de Junho a Setembro de 2014, juntamente foi realizada a observação assistemática pelo entrevistador.

Em relação aos e-mails enviados, nove não tiveram retorno. Entre os e-mails respondidos: quatorze professores relataram fazer parte do mesmo laboratório de outro docente, sendo assim apenas foi entrevistado um professor por laboratório; dez professores responderam que seus laboratórios não produzem resíduos; um professor está realizando obras de montagem do laboratório; três professores não possuem laboratório; e sete professores informaram que não desejavam participar.

4.4 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos a partir dos questionários, por meio das entrevistas, foram dispostos em tabelas e gráficos, permitindo uma análise crítica das condições de geração dos resíduos nos laboratórios da Escola de Química/UFRJ.

Por fim, estabelecido e analisado os dados, foi discutida uma possível proposta para gestão dos resíduos dos laboratórios da Escola de Química/UFRJ, expressa com auxílio de fluxograma, quadro e imagens. Foram apresentadas sugestões de segregação, tratamento, acondicionamento, identificação e armazenamento dos resíduos para suprir as características da EQ/UFRJ, isto mediante consulta a informações encontradas na literatura técnica, em metodologias aplicadas por outras instituições de ensino superior e na legislação vigente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das informações coletadas com a entrevista e a observação assistemática, foram contabilizados trinta e cinco laboratórios na Escola de Química/UFRJ. Para esta contagem laboratórios que dividem o mesmo espaço físico foram considerados como um único laboratório.

Conforme Figura 6, 77% dos laboratórios aceitaram participar da pesquisa. Destes, 6% se declararam não geradores de resíduos (2/35) e 71% se declararam geradores (25/35). A rejeição foi de 23%, isto é, oito laboratórios não aceitaram participar.

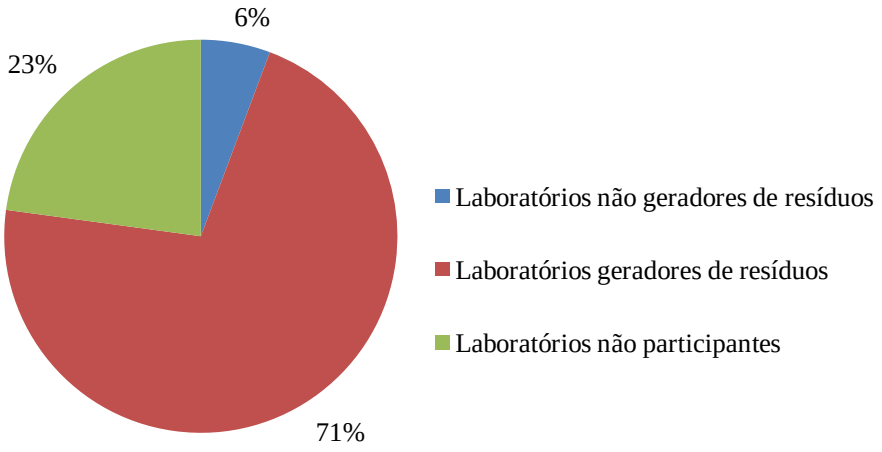


Figura 6. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ geradores e não geradores de resíduos participantes da pesquisa (n: 35)

Os laboratórios da EQ/UFRJ desenvolvem atividades de ensino, pesquisa e extensão. Entre os laboratórios participantes da pesquisa, 89% (24/27) desenvolvem alguma atividade de pesquisa e 33% (9/27) informaram realizar práticas de ensino, conforme apontado na Figura 7. Foi considerado laboratório de ensino os que utilizam o espaço para ministrar aulas práticas.

Desta forma, observa-se que o gerenciamento de resíduos nos laboratórios da instituição é uma atividade de elevada complexidade devido à diversidade de resíduos produzidos na pesquisa, muitas vezes de composição desconhecida, e ao grande fluxo de alunos de pós-graduação (alunos de mestrado e doutorado) e de graduação nas atividades experimentais da pesquisa e nas aulas práticas, não permitindo o treinamento adequado destes em gerenciamento dos resíduos.

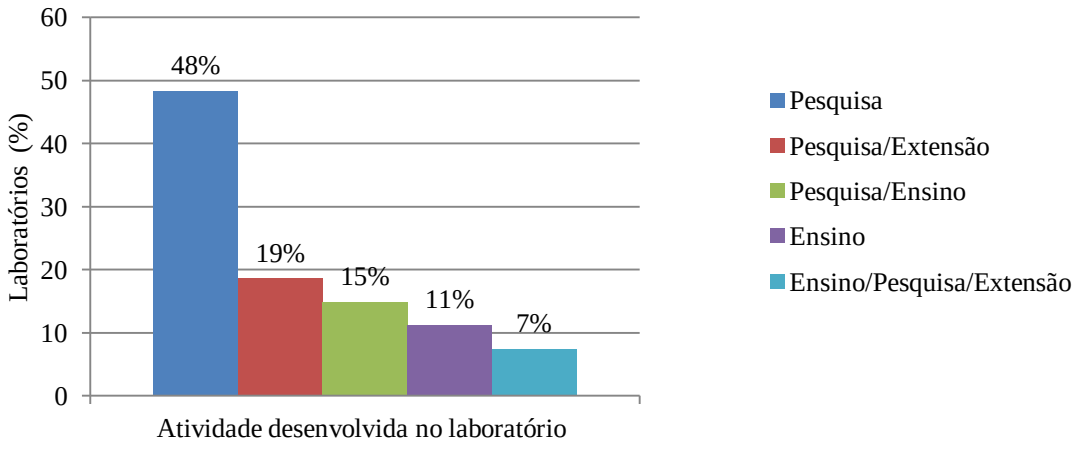


Figura 7. Atividades desenvolvidas nos laboratórios da EQ/UFRJ participantes da pesquisa (n: 27)

Para efetuar esta pesquisa foram entrevistados preferencialmente os professores responsáveis pelos laboratórios, que responderam 33% (9/27) dos questionários (Figura 8). Um valor importante, já que a sustentação de um PGR depende do apoio institucional (JARDIM, 1998), e o professor responsável contribui para essa conquista disseminando o programa e conscientizando a comunidade acadêmica.

Não havendo disponibilidade do professor responsável, recorreu-se a pessoas que estavam a par das atividades efetuadas no laboratório em questão, indicadas pelo professor. Técnicos responderam 22% dos questionários (6/27), enquanto alunos de graduação, pós-graduação e pesquisadores responderam 45% (12/27), estes se enquadrando no campo "outros" do gráfico (Figura 8).

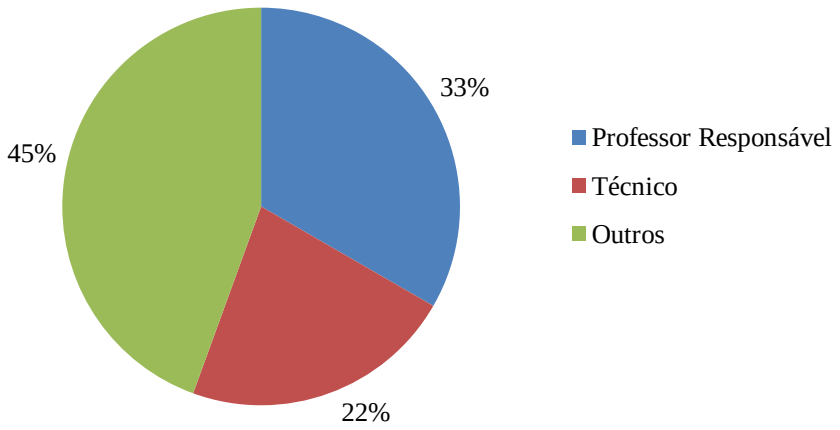


Figura 8. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ participantes da pesquisa caracterizando a função do profissional entrevistado (n: 27)

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS REAGENTES UTILIZADOS NOS LABORATÓRIOS DA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ

O levantamento de dados através das entrevistas revelou o panorama de reagentes utilizados e de resíduos gerados. O presente trabalho tem como premissa caracterizar os resíduos produzidos, logo a caracterização dos reagentes é importante para determinar a composição dos resíduos.

A Figura 9 mostra os diversos reagentes utilizados pelos laboratórios da EQ/UFRJ. Ressalta-se que um mesmo laboratório pode utilizar mais de um tipo de substância. O item "outros", com expressivo valor (56%), representa materiais não listados no questionário, como óleos, resinas, reveladores, produtos de limpeza, açúcares e gases. Alguns laboratórios, além destes reagentes citados, mantém estoque de meio de cultura e de cultura de bactérias.

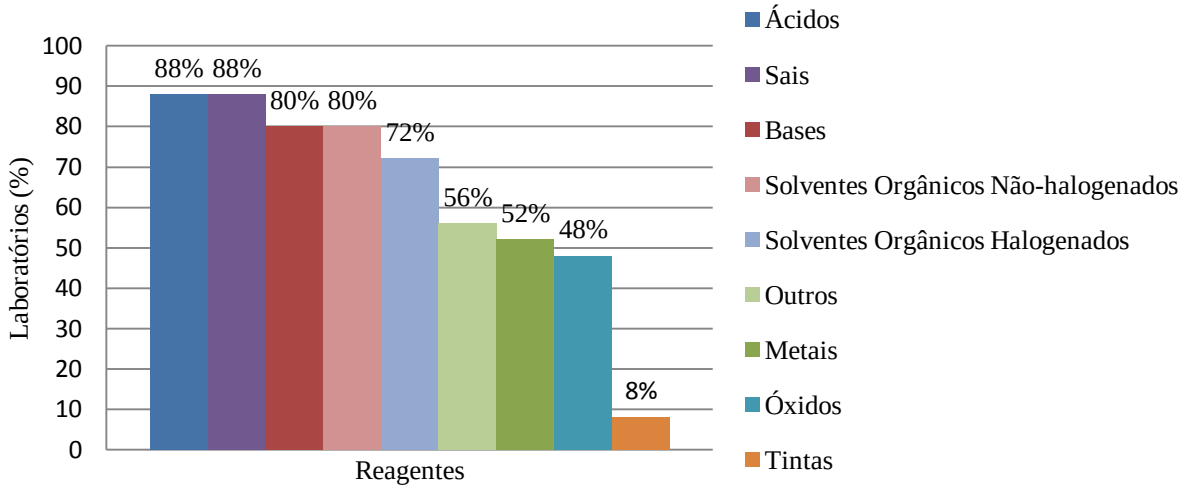


Figura 9. Percentagem de laboratórios que utilizam reagentes na EQ/UFRJ (n: 25)

Outra questão interessante refere-se ao armazenamento desses produtos antes de seu uso. A maioria dos laboratórios (72% - 18/25), como mostra Figura 10, armazenam os reagentes químicos no próprio laboratório dentro de armários reservados para este fim (Figura 11).

Imbroisi e outros (2006), em pesquisa na UnB, relataram que 76% dos laboratórios da instituição armazenam seus reagentes dentro do próprio espaço de trabalho, 14% armazenam dentro do laboratório e em almoxarifado externo, e 7% apenas em almoxarifado externo. Dados esses que corroboram com os dados encontrados no presente trabalho, revelando que há uma preferência pelo armazenamento dos reagentes dentro do laboratório pelas

universidades, atitude que necessita ser avaliada devido a características de inflamabilidade, explosão e corrosão de muitos reagentes se estocados erradamente.

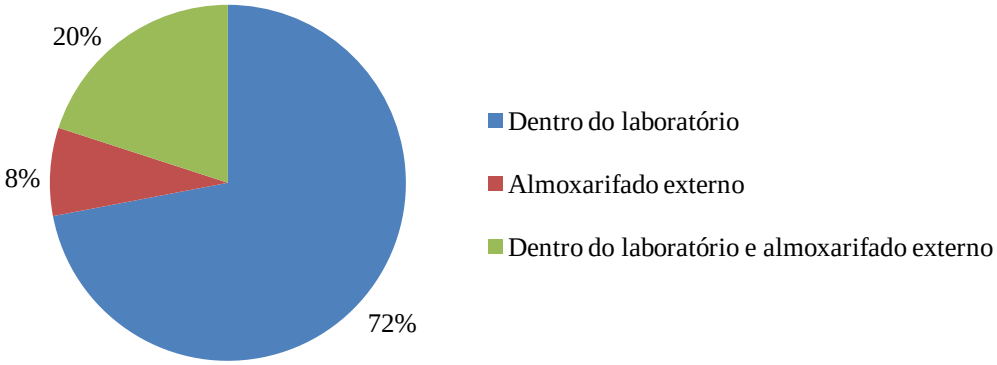


Figura 10. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que armazenam reagentes químicos dispostos em diferentes locais (n: 25)

Figura 11. Armário de armazenamento de reagentes dentro de um laboratório da EQ/UFRJ (Fotografia elaborada pelo autor)

Na discussão sobre reagentes, há um tópico controverso, que é a destinação dos reagentes com data de validade expirada. Na Figura 12, nota-se que 60% (15/25) dos laboratórios da EQ/UFRJ continuam usando os reagentes após a data de validade ter expirado,

percentagem esta que poderia ser aumentada segundo Imbroisi e outros (2006), pois a validade de um reagente químico deve estar associada a uma análise de controle de qualidade que justifique o descarte do produto pela perda de suas características físico-químicas. Desta forma, um adequado controle de qualidade dos reagentes garante o sucesso das reações químicas que utilizarão estes reagentes vencidos, contribuindo assim para economia dos recursos financeiros e recursos naturais, já que o meio ambiente atua fornecendo insumos e recebendo rejeitos quando da destinação final (IMBROISI *et al.*, 2006).

Alberguini, Silva e Rezende (2003) descreveram o programa Bolsa de Resíduos Químicos realizado na USP campus São Carlos, em que o material (resíduos e reagentes vencidos) encaminhado para o LRQ é identificado, classificado e recuperado. E então ficam disponíveis aos interessados. Na UFSCar no campus de São Carlos os reagentes vencidos são encaminhados a Unidade de Gestão de Resíduos (UGR) onde são agrupados em um Banco de Reagentes e disponibilizados a outros laboratórios dentro e fora da instituição (MACHADO; SALVADOR, 2005). Na EQ/UFRJ 16% (4/25) dos laboratórios fazem doação dos reagentes vencidos para outras unidades, indicado na Figura 12 pelo item "guardado para uso futuro".

A Figura12 também mostra que 16% (4/25) dos laboratórios declararam guardarem os reagentes vencidos para posterior recolhimento pela Universidade, vale ressaltar que a UFRJ não possui programa de recolhimento de reagentes vencidos nem de resíduos perigosos. Outros 16% (4/25) guardam para posterior recolhimento por empresa autorizada. Alguns laboratórios (16% - 4/25) não permitem o vencimento, pois compram a quantidade realmente necessária para os experimentos. E apenas 8% (2/25) dos laboratórios guardam os reagentes vencidos para posterior tratamento.

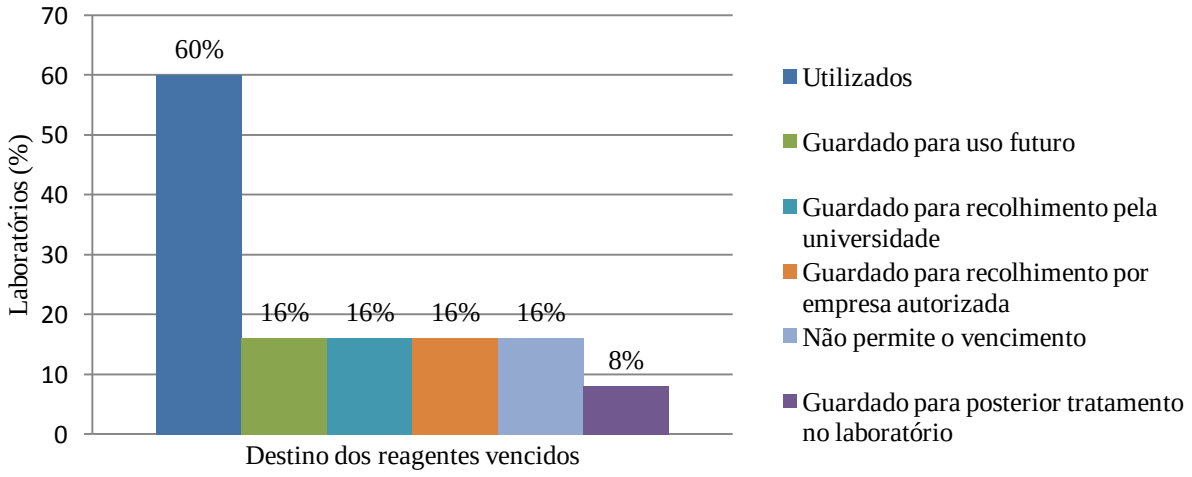


Figura 12. Destinação dos reagentes vencidos nos laboratórios da EQ/UFRJ (n:25)

Uma pequena parcela de laboratórios na EQ/UFRJ aceita reagentes vencidos de outras instituições, representando 16% (4/25) dos laboratórios como é visto na Figura 13. Esta ação é interessante para a economia de recursos financeiros e naturais, mas é necessário um controle de qualidade no laboratório que recebe os reagentes, para validar as características físico-químicas do material recebido.

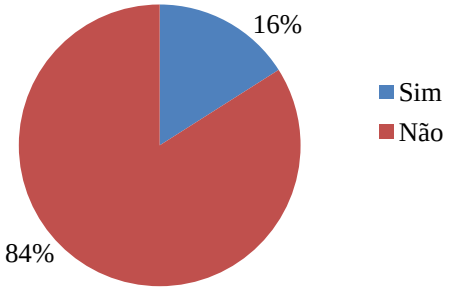


Figura 13. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que recebem reagentes vencidos de outras instituições (n: 25)

5.2 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS NOS LABORATÓRIOS DA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ

A partir das entrevistas semi-estruturadas e a observação assistemática tornou-se possível inferir alguns pontos importantes, como a diversidade de resíduos produzidos na EQ/UFRJ e o atual estado de armazenamento dos resíduos perigosos. Também foram encontradas inúmeras deficiências no que diz respeito ao conhecimento na elaboração de rótulo, ficha de identificação e caracterização dos resíduos.

Devido à diversidade das atividades e pesquisas desenvolvidas nos laboratórios da EQ/UFRJ uma variedade de resíduos é gerada diariamente. Para uma melhor visualização dos tipos de resíduos gerados pelos laboratórios foi utilizada a classificação do CONAMA 358/2005, como já citado anteriormente.

A caracterização dos resíduos gerados na EQ/UFRJ, apresentada pela Figura 14, revelou que 92% (23/25) dos laboratórios participantes e geradores de resíduos geram resíduos do Grupo B, que corresponde aos resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco a saúde pública e ao meio ambiente. Este fato já era esperado, já que nas atividades de pesquisa os reagentes químicos estão sempre presentes, logo a geração de resíduos químicos é inevitável. Em seguida, com 68% (17/25), aparecem os resíduos do

Grupo E, que são os materiais perfurocortantes ou escarificantes como vidraria quebrada e agulhas encontradas em diversos laboratórios.

Por último, aparecem os resíduos do Grupo A gerados apenas por 40% (10/25) dos laboratórios. Este grupo corresponde aos resíduos com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de virulência ou concentração, podem apresentar risco ao homem e ao equilíbrio do meio ambiente.

O Grupo D são os resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radioativo à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparado aos resíduos domiciliares. Esses resíduos são recolhidos pela Universidade, e encaminhados para programas de reciclagem como o Recicla CT. Apenas um laboratório declarou não produzir este resíduo (Figura 14).

Os resíduos do Grupo C, resíduos radioativos, não serão tratados neste trabalho, pois nenhum laboratório participante da pesquisa declarou gerar este tipo de resíduo.

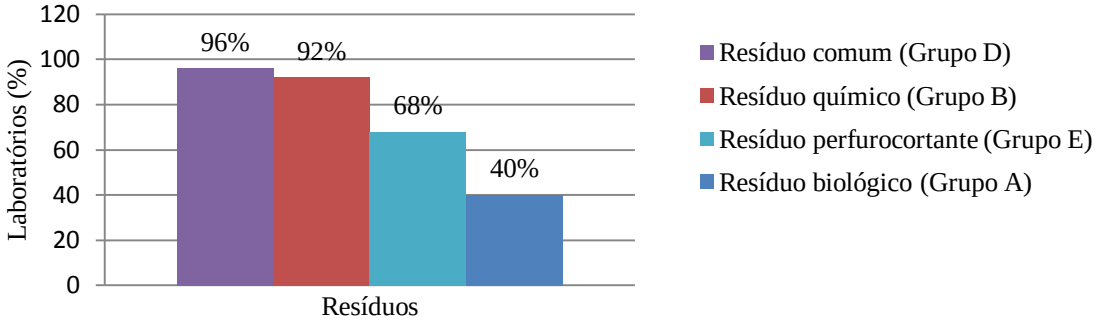


Figura 14. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes tipos de resíduos. Os resíduos seguem a classificação descrita no CONAMA 358/2005 (n: 25)

5.2.1 Volume dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

As instituições de ensino e pesquisa realizam experimentos com volumes pequenos de reagentes, normalmente trabalham com unidades como miligrama e mililitro. Assim o volume de resíduos gerados nestas instituições, diferente das indústrias, é geralmente reduzido.

As Figuras 15 e 16 apresentam o volume de resíduos biológicos e químicos, respectivamente, gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ. Nestes gráficos observa-se que a maior parte dos laboratórios produzem no máximo 10L de resíduos biológicos e/ou químicos por mês, sendo 45% (5/10) dos laboratórios geradores de resíduos biológicos e 57% (13/23) dos laboratórios geradores de resíduos químicos. Imbroisi e outros (2006) relataram que 70% dos laboratórios da UnB geram menos de 10L de resíduos químicos por mês, corroborando com o achado nesta pesquisa.

Outro ponto a ser considerado é a porcentagem alta de laboratórios que não sabem informar o volume de resíduos gerados, 28% (3/10) dos laboratórios geradores de resíduos biológicos e 22% (5/23) dos laboratórios geradores de resíduos químicos (Figura 15 e 16, respectivamente). Esse cenário pode ser consequência do fato que muitos laboratórios informaram descartar seus resíduos na pia, não havendo um controle efetivo do volume de resíduos gerados.

A massa sólida (9% - 1/10) apresentada em um dos itens da Figura 15 refere-se aos meios de cultura com crescimento microbiano utilizado nos laboratórios que realizam pesquisa na área de processos bioquímicos.

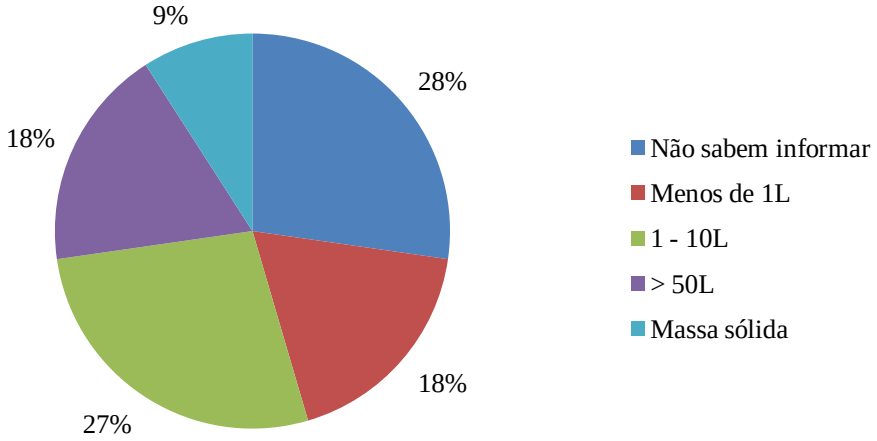


Figura 15. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos biológicos - Grupo A - (n:10)

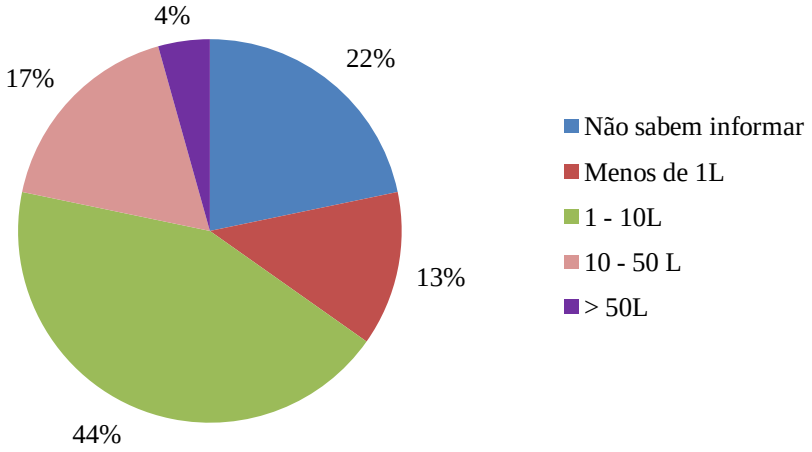


Figura 16. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos químicos - Grupo B - (n:23)

O volume de resíduos perfurocortantes gerado nos laboratórios da EQ/UFRJ também é pequeno. Quase 50% (8/17) dos laboratórios geradores de perfurocortantes geram até 1Kg de

resíduo por mês (Figura 17). A maior parte destes resíduos é vidraria quebrada. Alguns laboratórios geradores de resíduos biológicos utilizam seringas gerando agulhas como resíduos.

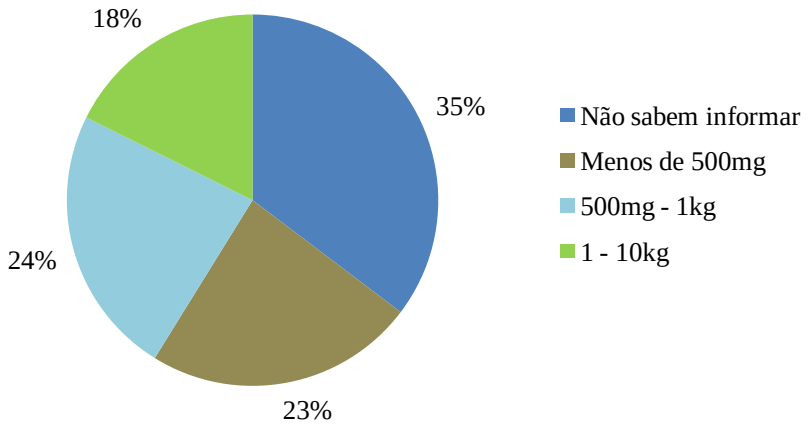


Figura 17. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que geram diferentes volumes mensais de resíduos perfurocortantes - Grupo E - (n:17)

5.2.2 Destino dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

Todo resíduo antes de ser enviado para a destinação final deve ser avaliado quanto seu grau de periculosidade. Cada resíduo dependendo de suas características físicas, químicas ou infecto-contagiosas deve seguir normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

A Figura 18 apresenta a destinação final dos resíduos biológicos nos laboratórios da EQ/UFRJ geradores destes resíduos do Grupo A. Cerca de 70% (7/10) destes laboratórios realizam autoclavagem e posteriormente descartam na pia ou em lixo comum. Este procedimento sendo realizado adequadamente é eficiente para eliminar os micro-organismos presentes no resíduo, tornando-o um resíduo comum, logo cabível de ser descartado como os resíduos do Grupo D (equiparados aos resíduos domiciliares). Este gráfico também revela uma porcentagem elevada de laboratórios que não adotam um descarte adequado destes resíduos, sendo que 20% (2/10) lançam os resíduos na pia ou em lata de lixo comum sem tratamento e 10% (1/10) guardam o resíduo sem tratamento para futuro recolhimento pela universidade – apesar de não ter ficado comprovada a existência de um sistema de recolhimento de resíduos perigosos na EQ/UFRJ.

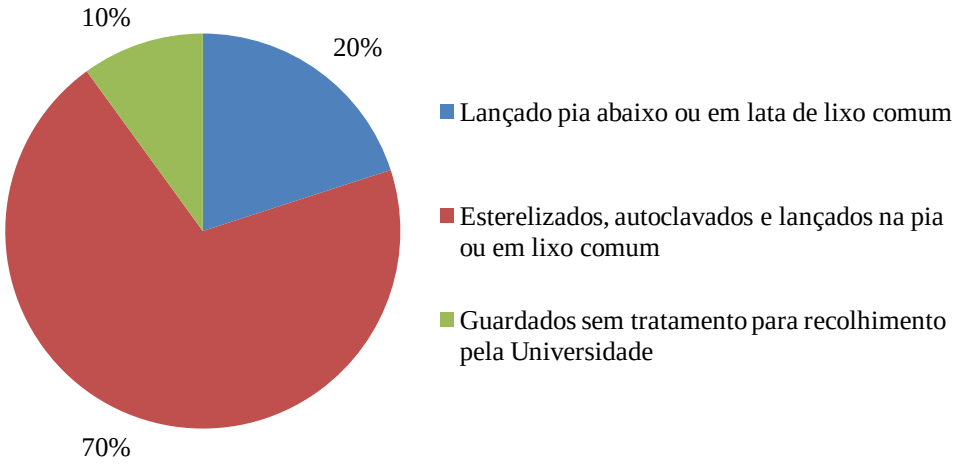


Figura 18. Percentagem dos laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final dos resíduos biológicos - Grupo A - (n:10)

Ficou claro que resíduos químicos são gerados por quase todos os laboratórios da EQ/UFRJ, portanto uma destinação final adequada é relevante. Alguns laboratórios relataram realizarem mais de um procedimento, não havendo uma destinação pré-definida. A Figura 19 mostra que mais de 50% dos laboratórios não realizam uma destinação adequada dos resíduos químicos, destes 30% (7/23) descartam seus resíduos na pia ou no lixo comum sem tratamento, 22% (5/23) guardam o resíduo sem tratamento e dispõe para recolhimento pela universidade e 4% (1/23) declararam diluir o resíduo e lançar na pia, este último no gráfico está representado como “outras medidas”.

Corroborando com esses achados, pesquisa na UnB em 2006 revelou que 61% dos laboratórios descartam os resíduos químicos na pia ou em lata de lixo comum, comprovando que muitas instituições acadêmicas não descartam corretamente seus resíduos (IMBROISI *et al.*, 2006).

Uma mudança de atitude com relação à correta destinação dos resíduos é observada através da Figura 19, já que 48% (11/23) dos laboratórios da EQ/UFRJ contratam uma empresa autorizada para recolher esses resíduos e 17% (4/23) reutiliza, recupera e recicla. Esse último grupo de laboratórios estão seguindo o preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

O item “guardados para posterior tratamento pelo próprio laboratório”, na Figura 19, representam os laboratórios que armazenam os resíduos químicos, gerando um grande volume

de resíduo passivo, mas não sabem como proceder. Estes demonstraram um grande interesse nesta pesquisa vendo o desenvolvimento de um PGR a solução para este problema.

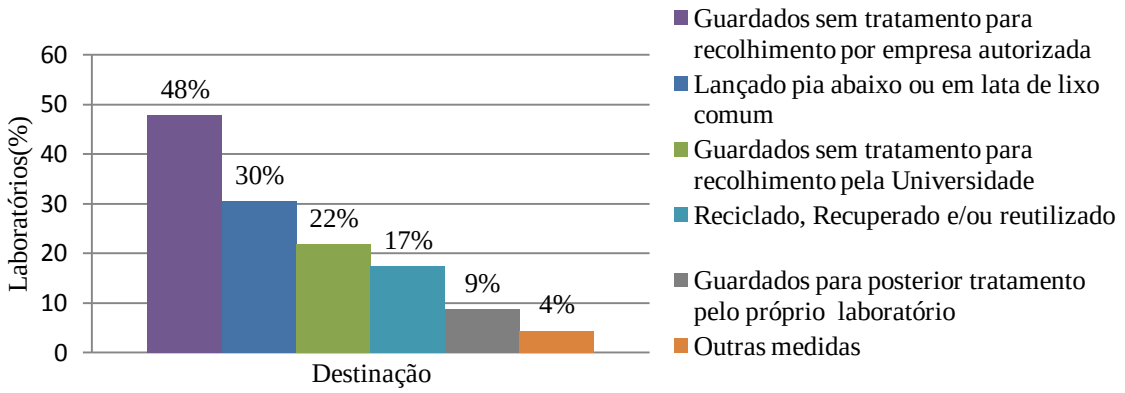


Figura 19. Percentagem dos laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final dos resíduos químicos - Grupo B - (n: 23)

Os resíduos perfurocortantes, além de apresentarem risco à saúde humana podendo causar cortes e ferimentos, oferecem risco infecto-contagioso ao homem e risco de danos ao meio ambiente se estiverem contaminados com micro-organismo e produtos químicos. Mas este fato, não vem sendo considerado pelas universidades, que normalmente fazem o descarte destes resíduos como um resíduo comum. Na EQ/UFRJ, 38% (6/17) dos laboratórios geradores deste resíduo guardam para recolhimento pela universidade e 6% (1/17) autoclavam antes do recolhimento pela universidade, outro ponto relevante são os 12% (2/17) que declararam autoclavar, mas descartar em lixo comum (Figura 20). Como a EQ/UFRJ não possui recolhimento específico de matérias perfurocortantes muitos destes resíduos acumulam no laboratório ou acabam sendo descartado no lixo comum.

Alguns laboratórios realizam outras medidas para descarte dos resíduos perfurocortantes que não estavam relacionadas no questionário da entrevista. Essas outras medidas são praticadas por 13% (2/17) dos laboratórios (Figura 20), e são elas: incineração e reciclagem. Esses laboratórios armazenam as vidrarias quebradas e enviam para o programa Recicla CT e as agulhas e seringas são incineradas. O procedimento da incineração o entrevistado não soube explicar.

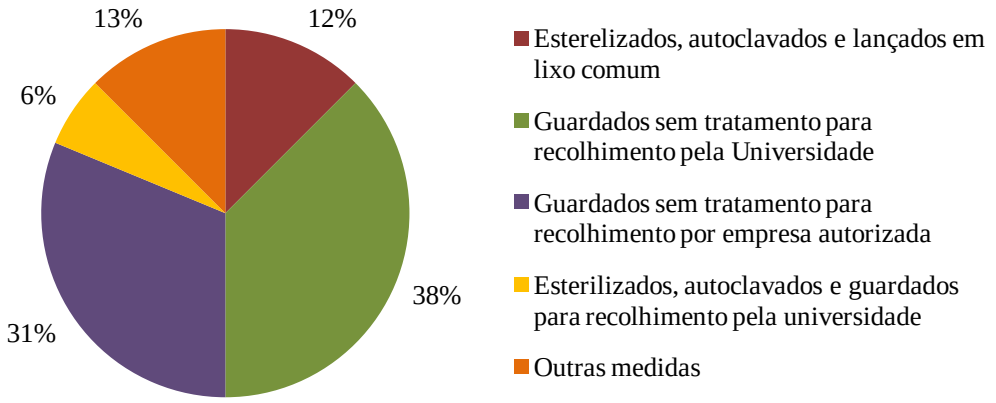


Figura 20. Percentagem dos laboratórios da EQ/UFRJ que realizam a destinação final dos resíduos perfurocortantes - Grupo E - (n:17)

A prática da observação assistemática durante a pesquisa permitiu achados importantes como a área apresentada na Figura 21. Um espaço descoberto e de ampla circulação de pessoas servindo de armazenamento para resíduos perigosos (vidraria de laboratório e resíduos químicos) e resíduos comuns. Como pode ser visto na figura, a área está delimitada com uma fita e com uma folha de papel com a descrição “Perigo”, não fornecendo nenhuma proteção para os transeuntes e para os profissionais que forem recolher este material.

Figura 21. Área utilizada para armazenamento de resíduos perigosos e resíduos comuns próximo a EQ/UFRJ (Fotografia elaborada pelo autor)

5.2.3 Manual de Procedimento para Gerenciamento dos Resíduos

Na EQ/UFRJ somente 24% (6/25) dos laboratórios declararam possuir o Manual de Procedimento para Gerenciamento de Resíduos (Figura 22). Um percentual pequeno, considerando que, de vinte e sete laboratórios participantes da pesquisa, vinte e cinco são geradores de resíduos perigosos.

O Manual de Procedimento é a sistematização de todos os procedimentos operacionais padrão de uma organização. Esta coletânea de procedimentos deve estar completa, atualizada e revisada por pessoa capaz. O Procedimento Operacional Padrão (POP), seja técnico ou gerencial, é a base para garantia da padronização das tarefas e assim garantir aos usuários um serviço ou produto livre de variações indesejáveis na sua qualidade final (DUARTE, 2005).

O manejo dos resíduos deve ser contemplado no Manual de Procedimento das instituições geradoras, já que a manipulação do resíduo deve ser realizada de forma padrão por todos os funcionários, garantindo a destinação final ambientalmente adequada.

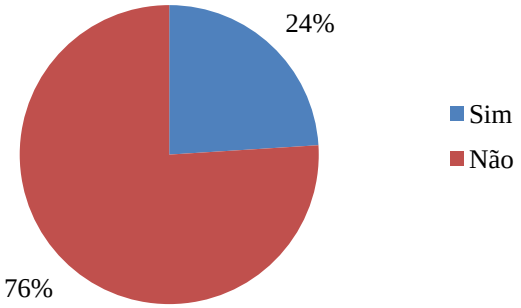


Figura 22. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que possuem Manual de Procedimento para Gerenciamento de Resíduos (n: 25)

5.2.4 Segregação e Identificação dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

Entre os laboratórios participantes da pesquisa e geradores de resíduos, 76% (19/25) relataram realizar algum tipo de segregação e identificação dos resíduos gerados (Figura 23). Isso reafirma que as instituições acadêmicas estão percebendo o grau de periculosidade de seus resíduos.

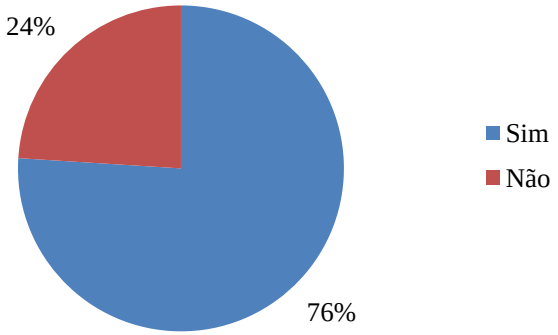


Figura 23. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que fazem algum tipo de segregação e identificação dos resíduos (n: 25)

Os resíduos segregados encontrados nos laboratórios da EQ/UFRJ estavam identificados com rótulo ou com a descrição a caneta na própria embalagem como pode ser observado pela foto da Figura 24. A identificação utilizada não está de acordo com as definições da RDC 306/2004 (ANVISA, 2004) e da NBR 7500/2013 (ABNT, 2013).

Figura 24. Rotulagem dos resíduos utilizada em alguns laboratórios da EQ/UFRJ
(Fotografia elaborada pelo autor)

As informações contidas nos rótulos das embalagens de resíduos são de suma relevância para o descarte adequado do resíduo. Várias informações são necessárias para a tomada de decisão nas diferentes etapas do gerenciamento do resíduo. Os rótulos utilizados nos laboratórios da EQ/UFRJ contêm as seguintes informações: nomes dos produtos químicos em 52% (13/25) dos laboratórios, identificação de misturas em 44% (11/25), laboratório de origem em 24% (6/25) entre outras informações utilizadas por um número pequeno de laboratórios, vide Figura 25. Imbroisi e outros (2006) também observaram que o nome do produto químico, a identificação da mistura química e o nome do laboratório gerador são as informações mais frequentes nos rótulos das embalagens de resíduos na UnB sendo utilizadas, respectivamente, por 42%, 24% e 23% dos laboratórios.

Ainda sobre as informações contidas nos rótulos das embalagens (Figura 25), 8% (2/25) dos laboratórios acrescentam outras informações não descritas no questionário como volume, destino, fórmula molecular, código da Organização das Nações Unidas (ONU), classe e número de risco.

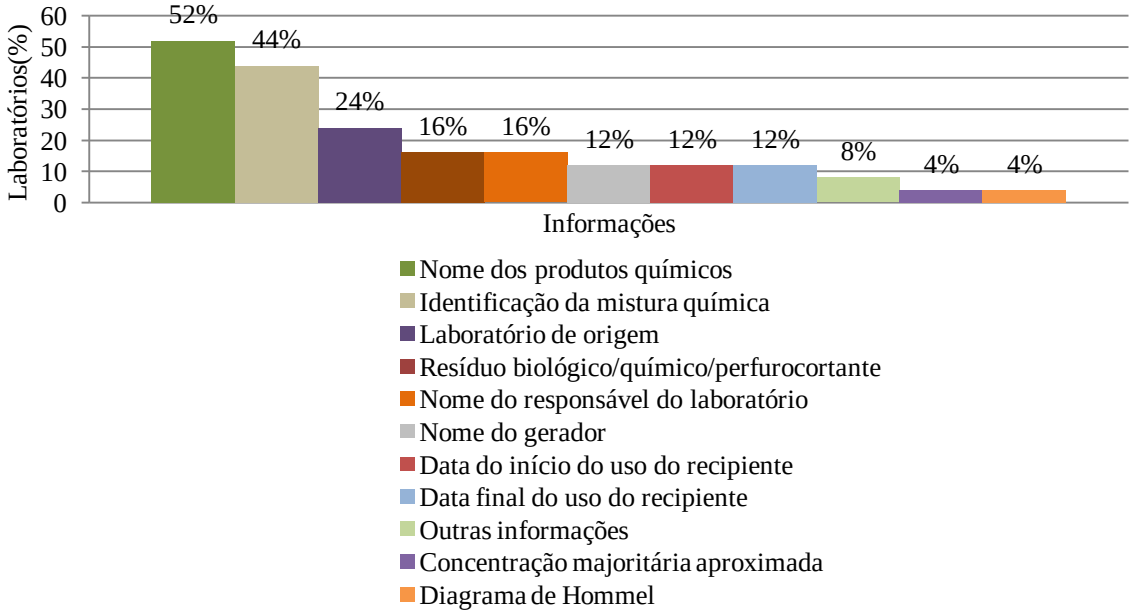


Figura 25. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que apresentam diferentes informações nos Rótulos das embalagens de descarte de resíduos (n: 25)

Também foram encontradas embalagens de resíduos sem nenhuma identificação em quatro laboratórios, como apresentado na foto da Figura 26.

Figura 26. Embalagens de resíduos sem identificação encontradas em alguns laboratórios da EQ/UFRJ (Fotografia elaborada pelo autor)

Outra identificação importante dos resíduos é a Ficha de Descarte. Na EQ/UFRJ apenas 24% (6/25) dos laboratórios anexam essa ficha aos seus resíduos (Figura 27). Essa ficha de descarte contém informações complementares ao rótulo do resíduo como recomendações sobre medidas de precaução e procedimentos de emergência (ABNT, 2014).

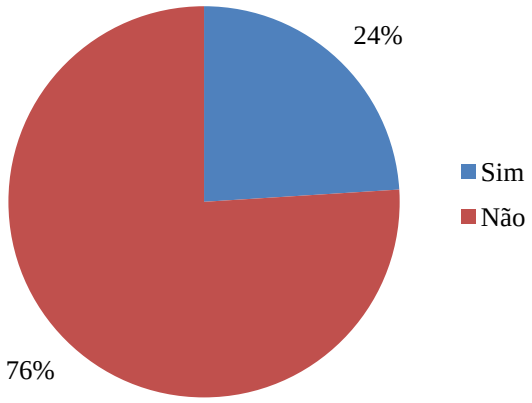


Figura 27. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que possuem Ficha de Descarte de Resíduos (n: 25)

Nos laboratórios da EQ/UFRJ que elaboram Ficha de Descarte, as informações sobre nome do produto químico, identificação da mistura química e laboratório de origem são utilizadas por 83% (5/6), 83% (5/6) e 67% (4/6) dos laboratórios, respectivamente (Figura 28). Ainda 33% (2/6) dos laboratórios acrescentam outras informações como volume, destino, estado físico, tipo de acondicionamento, justificativa do descarte, código da CONAMA 313/2002 e "código NFPA".

O denominado "código NFPA" provem do Diagrama de Hommel ou Diamante do Perigo, onde NFPA é a *National Fire Protection Association*, associação americana de proteção contra incêndios.

O código CONAMA 313/2002 está apresentado nesta resolução que dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Esse código se relaciona com os códigos da NBR 10004/2004 e indicam a descrição de resíduo. Esta resolução também apresenta códigos para a forma de armazenamento, tratamento, reutilização, reciclagem e disposição final.

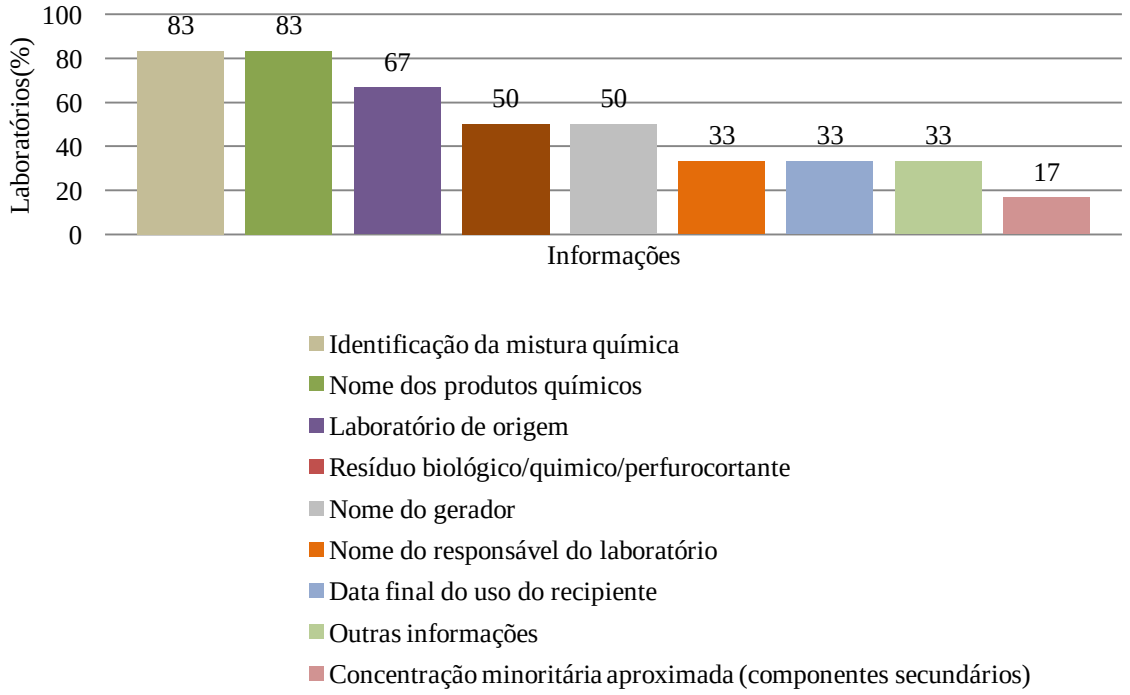


Figura 28. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que apresentam diferentes informações na Ficha de Descarte de Resíduo (n: 6)

Na Figura 29 foi estudado o profissional que realiza a segregação e identificação dos resíduos nos laboratórios. Foi observado que a segregação e a identificação são realizadas pelo profissional que gerou o resíduo em 72% (18/25) dos laboratórios e por técnicos treinados em apenas 28% (7/25) dos laboratórios. Esse dado revela a necessidade de treinamento contínuo dos profissionais atuantes no laboratório, de modo a qualificá-los, fazendo destes agentes de disseminação do processo (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

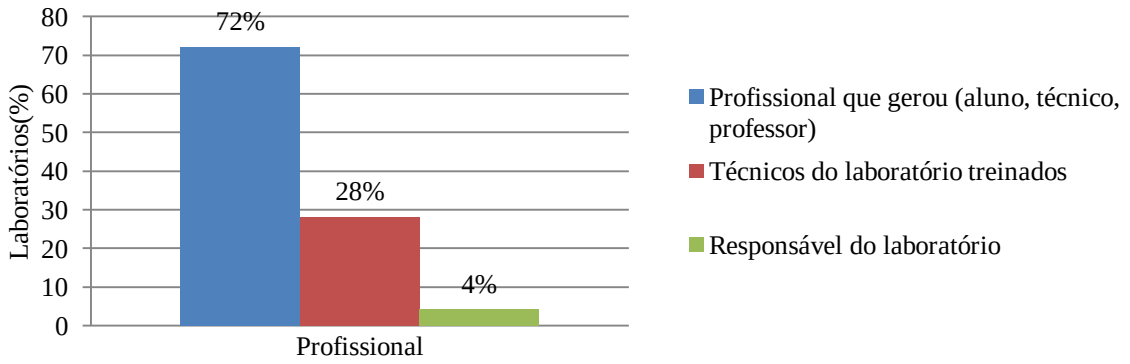


Figura 29. Profissional que segrega e identifica os resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ (n: 25)

5.2.5 Embalagens utilizadas para os resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

Os recipientes ou sacos utilizados para acondicionamento dos resíduos devem ser apropriados para cada tipo de resíduo e compatível quimicamente com o mesmo.

No presente estudo, 64% (16/25) dos laboratórios acondicionam seus resíduos em embalagem de plástico e 48% (12/25) em recipientes de vidro (Figura 30). As embalagens plásticas utilizadas são normalmente do tipo "bombona" e são usadas para o acondicionamento dos resíduos químicos, assim como também as embalagens de vidro.

Em pesquisa realizada por Imbroisi e outros (2006) na UnB pode-se observar um resultado diferente, em que 61% dos laboratórios da instituição utilizam embalagens de vidro e 35% utilizam embalagens de plástico. A opção dos laboratórios da UnB em utilizarem principalmente vidro como embalagem de armazenamento de resíduos tem algumas vantagens, já que o vidro é resistente ao tempo, calor, ácidos, álcalis, pressões internas e não se deformam, além do baixo custo, enquanto as desvantagens são o peso elevado e a fragilidade (MACHADO; SALVADOR, 2005).

Os laboratórios geradores de resíduos perfurocortantes utilizam caixas de papelão e baldes para a vidraria quebrada e garrafa pet para as seringas, estes se enquadram no item "outros recipientes" do gráfico (Figura 30).

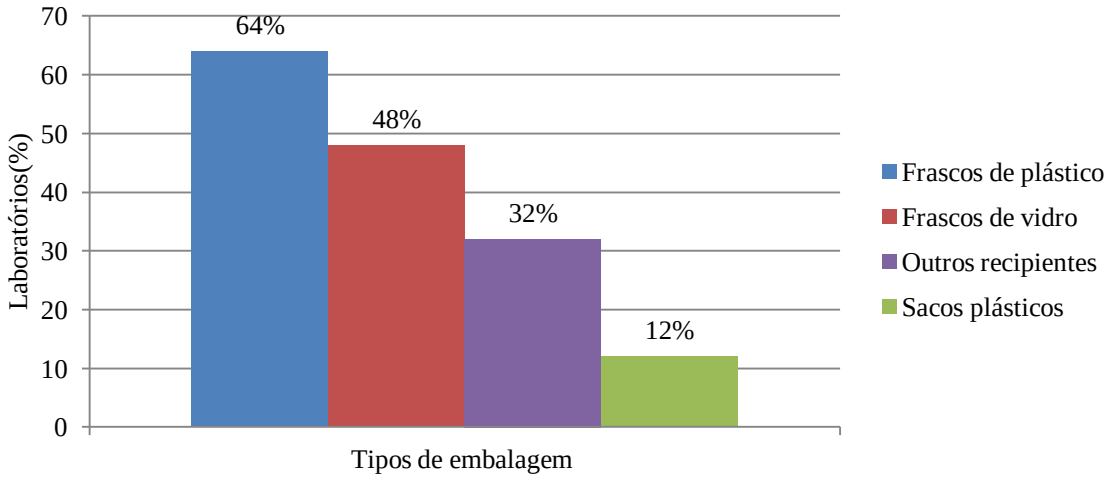


Figura 30. Tipos de embalagens usadas para armazenar os resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ (n: 25)

Os recipientes utilizados para acondicionamento dos resíduos são reciclados de outros produtos ou reagentes em 72% (18/25) dos laboratórios e 44% (11/25) compram embalagens

novas (Figura 31). Como pode ser observado, há laboratórios que utilizam as duas formas de aquisição de embalagens.

Um laboratório declarou que utilizava as embalagens de álcool da Farmácia Universitária no CCS/UFRJ para armazenar seus resíduos, porém a farmácia parou de doar suas embalagens.

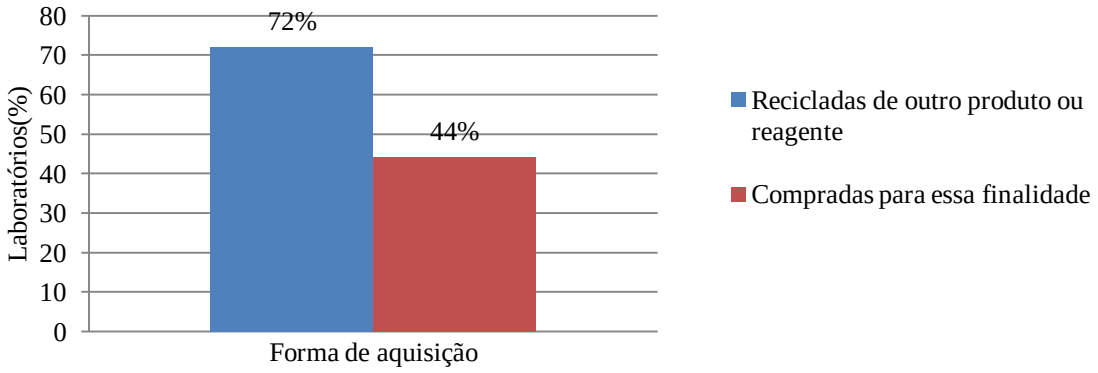


Figura 31. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que recicla embalagens de outros produtos para armazenar os resíduos (n: 25)

Na foto da Figura 32 são apresentadas embalagens usadas para armazenar resíduos químicos pelos laboratórios da EQ/UFRJ. Na imagem pode-se observa embalagens reaproveitadas de reagentes, galões e bombonas contendo resíduos.

Figura 32. Embalagens usadas para armazenar resíduos químicos nos laboratórios da EQ/UFRJ. Local não identificado dentro do laboratório (Fotografia elaborada pelo autor)

A imagem da Figura 33 apresenta um exemplo de embalagem utilizada para o acondicionamento de seringas nos laboratórios da EQ/UFRJ. Observa-se a identificação com poucas informações e a data de 2013.

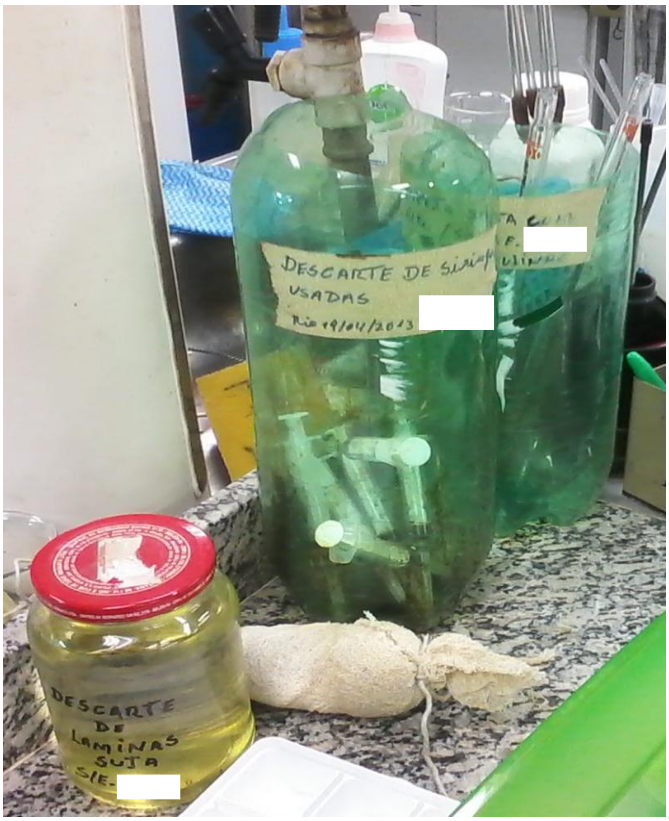


Figura 33. Embalagens usadas para armazenar resíduos perfurocortantes nos laboratórios da EQ/UFRJ
(Fotografia elaborada pelo autor)

A Figura 34 mostra um exemplo de embalagem de vidraria quebrada, que também é um resíduo perfurocortante, em que a embalagem não tem nenhuma identificação.

Figura 34. Embalagens usadas para armazenar vidraria quebrada (resíduos perfurocortantes) nos laboratórios da EQ/UFRJ (Fotografia elaborada pelo autor)

5.2.6 Armazenamento dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

O local de armazenamento dos resíduos já acondicionados deve ser previamente escolhido e preparado baseando-se nas propriedades físicas e químicas do resíduo. O local selecionado deve minimizar o risco de perigo a saúde humana e de contaminação ambiental (ABNT, 1992a).

Por meio de entrevistas constatou-se a reclamação por parte dos entrevistados pela falta de um espaço adequado fora do laboratório para armazenamento dos resíduos, já que os laboratórios são pequenos não permitindo o isolamento de uma área exclusiva para os mesmos. Apesar disso, apenas 12% (3/25) dos laboratórios declararam não armazenarem seus resíduos (vide Figura 35).

A Figura 35 evidencia ainda que 20% (5/25) dos laboratórios armazenam seus resíduos em armário ou local não identificado dentro do laboratório, 8% (2/25) em armário ou local não identificado fora do laboratório, e outros 8% (2/25) em sala não identificada no

laboratório, dando um total de 36% de laboratórios que não possuem um sistema de isolamento para impedir o acesso de pessoas estranhas, não tem uma sinalização de segurança e áreas definidas e sinalizadas para o armazenamento de resíduos compatíveis, estando em desacordo com a NBR 12235/1992 (ABNT, 1992a).

Outro ponto interessante na Figura 35 é que mais da metade dos laboratórios (52% - 13/25) tem a preocupação de identificar o espaço de armazenamento dos resíduos, o que mostra em parte a consciência dos responsáveis pelos resíduos que estes materiais são perigosos e prejudiciais a saúde e ao meio ambiente. Porém a identificação é precária, faltam informações necessárias para garantir a total segurança das pessoas que utilizam o local.

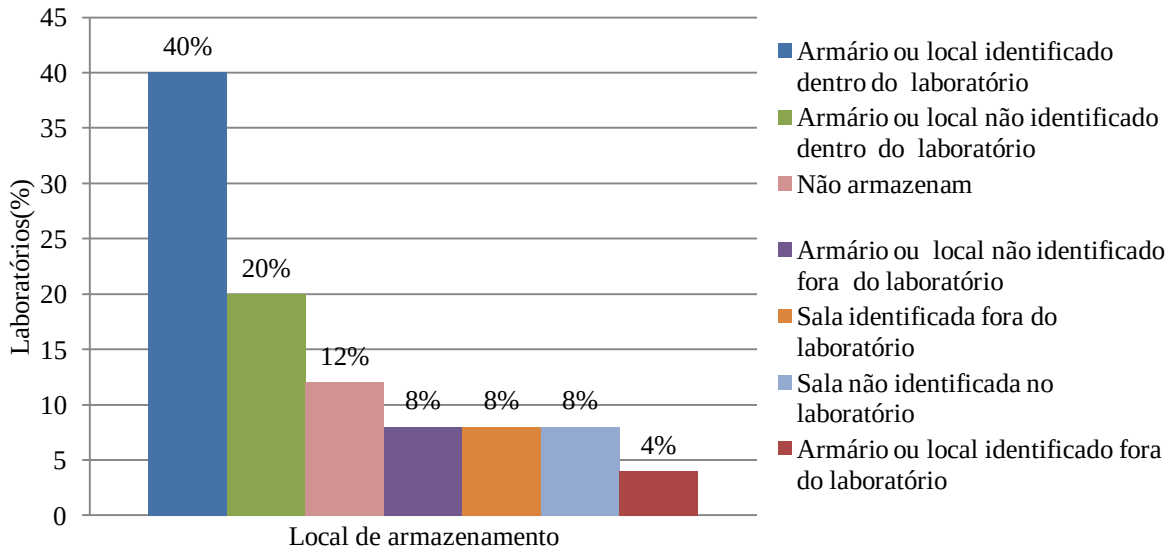


Figura 35. Local de armazenamento dos resíduos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ (n: 25)

Ainda sobre armazenamento dos resíduos, foram obtidos dados sobre o tempo de permanência dos recipientes no local de armazenamento até que ocorra tratamento ou recolhimento. Com esses dados verificou-se que em média 23% (5/22) dos laboratórios armazenam seus resíduos por um período maior que um ano (Figura 36). Estes laboratórios justificaram o longo período de estocagem pelo fato de estarem produzindo um volume pequeno de resíduos, aguardando assim ter um montante maior para definirem o destino. Em contra partida 14% (3/22) dos laboratórios estocam seus resíduos de um a dois meses.

Os entrevistados revelaram que o tempo de armazenamento é muito variado, pois o volume de trabalho desenvolvido em um laboratório depende do número de alunos de graduação e pós-graduação, da aprovação de projetos, da compra de reagentes, etc.

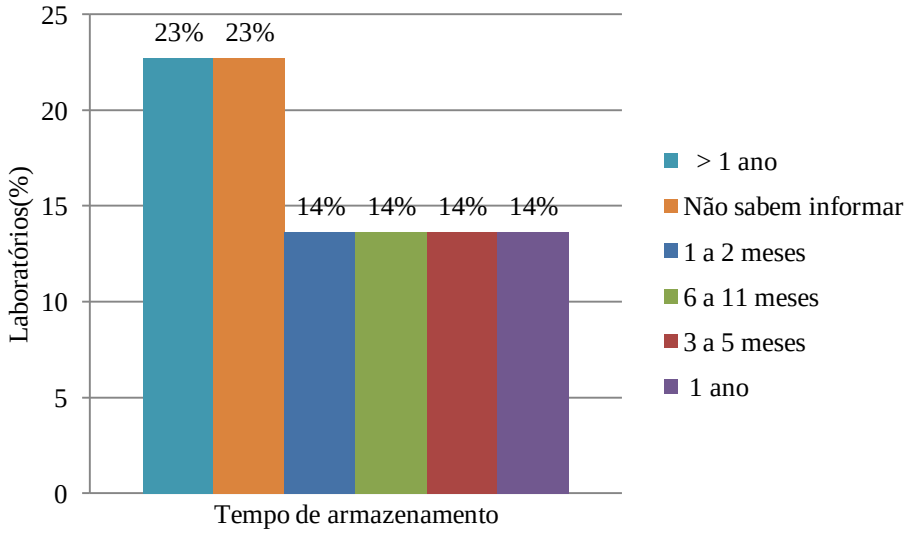


Figura 36. Tempo de armazenamento dos resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ (n: 22)

Com o intuito de avaliar o transporte dos resíduos até a área de armazenamento, buscaram-se informações sobre os profissionais que executam esta atividade. E constatou-se que em 59% (13/22) dos laboratórios o próprio profissional que gerou transporta o resíduo já acondicionado até a área de estocagem (Figura 37), comprovando novamente a importância do treinamento contínuo em manipulação de resíduos, já que a rotatividade de profissionais trabalhando em um laboratório de pesquisa e ensino é muito grande.

O Centro de Tecnologia da UFRJ, através de representantes de uma comissão de Gestão de Resíduos Perigosos, procura fazer o treinamento de funcionários da limpeza recém ingressos buscando elucidar os perigos existentes e o manejo adequado na manipulação dos resíduos. No entanto, observa-se que estes funcionários na maioria das vezes não usam Equipamentos de Proteção Individual adequados. Ressalta-se ainda que cada laboratório tem suas particularidades, havendo necessidade de treinamentos específicos.

Figura 37. Percentual de laboratórios da EQ/UFRJ que armazenam e transportam os resíduos para o local de armazenamento caracterizando o profissional que realiza o transporte (n: 22)

As imagens (vide Figura 38 a 40) mostram alguns locais de armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ.

A) B)

Figura 38. Local não identificado fora do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ
A- Vista do local com a cobertura de proteção B- Vista do local sem a cobertura de proteção
(Fotografias elaboradas pelo autor)

Figura 39. Local não identificado dentro do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ
(Fotografia elaborada pelo autor)

A) B)

Figura 40. Local identificado fora do laboratório para armazenamento de resíduos na EQ/UFRJ,
A- Vista geral B- Vista ampliada da prateleira de resíduos (Fotografias elaboradas pelo autor)

5.2.7 Resíduos químicos gerados nos laboratórios da EQ/UFRJ

Os resíduos químicos são gerados por praticamente todos os laboratórios da EQ/UFRJ. Sendo assim é relevante estudar os tipos de resíduos químicos gerados, para isto os resíduos químicos foram divididos em quatro grupos, vide Figura 41.

Na Figura 41 evidencia-se que a maioria dos laboratórios da EQ/UFRJ geram resíduos inorgânicos (72% - 18/25), seguidos dos resíduos orgânicos não halogenados. Isto é

justificado pelas linhas de pesquisa desenvolvidas na EQ/UFRJ como síntese e análise de processos químicos, desenvolvimento de processos orgânicos, desenvolvimento e avaliação de processos catalíticos, desenvolvimento de bioprocessos e outros. Para o desenvolvimento destas pesquisas são utilizados principalmente reagentes inorgânicos (ácidos, sais, bases) e muitos solventes orgânicos nos experimentos como foi demonstrado na Figura 9, gerando assim resíduos contendo essas substâncias.

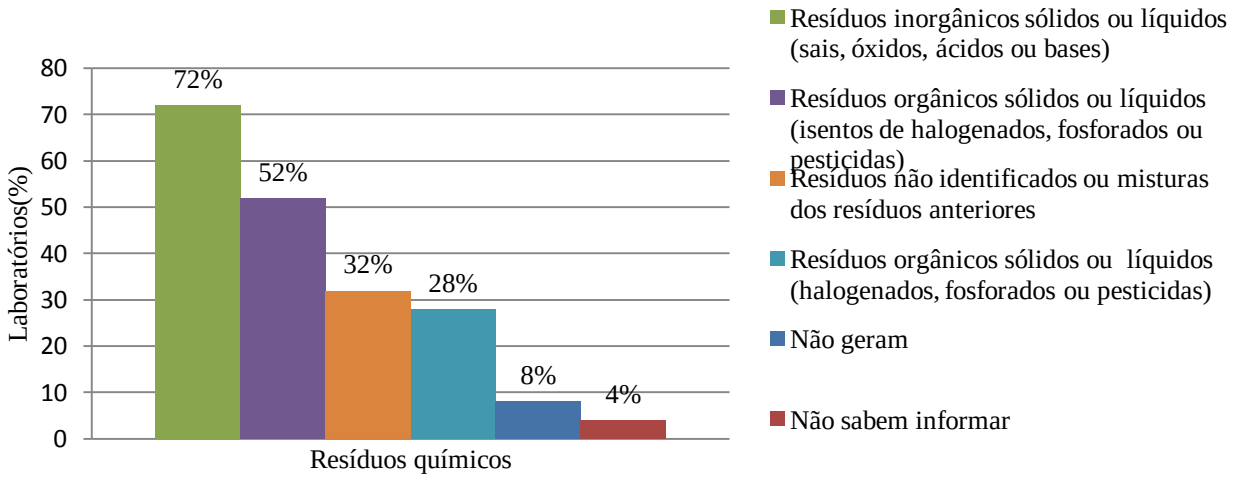


Figura 41. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ geradores de resíduos químicos dispostos em Grupos Químicos (n: 25)

Alguns resíduos químicos apresentam elevado potencial de periculosidade, por isso devem ser analisados e se possível tratados ou mesmo reaproveitados. Os dados revelaram um resultado negativo: somente 17% (4/23) dos laboratórios relataram realizar um tratamento ou pré-tratamento no próprio laboratório antes da disposição final (Figura 42).

Resultado preocupante também foi encontrado no campus de Araras da UFSCar, em que apenas 2% dos resíduos químicos perigosos gerados pelos laboratórios são tratados (SAQUETO, 2010). Esse resultado juntamente com os dados encontrados no presente trabalho mostram que as universidades precisam desenvolver pesquisas na área de tratamento e reaproveitamento de resíduos químicos.

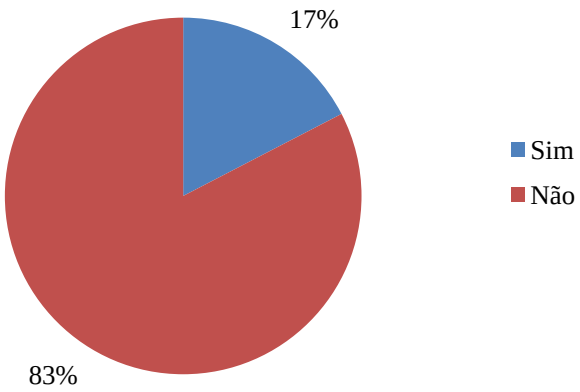


Figura 42. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que realizam algum tratamento ou pré-tratamento nos resíduos químicos antes do descarte (n: 23)

5.2.8 Custo com descarte de resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ

Nas entrevistas realizadas, dezenove laboratórios não sabiam informar o valor gasto com o descarte de resíduos. Destes, um relatou enviar seu material para ser descartado juntamente com outro laboratório, e seis possuem resíduo passivo armazenado por aproximadamente um ano e não sabem como proceder (Quadro 3). Para todos os laboratórios que conhecem seus gastos com descarte de resíduos, os valores são referentes à contratação de empresas autorizadas para o recolhimento. Vale ressaltar que uma mesma empresa foi contratada pelos seis laboratórios que revelaram seus gastos.

Ainda no Quadro 3 observa-se que os laboratórios que gastaram maiores valores tem um tempo maior de armazenamento. Mas, como já dito anteriormente, esse tempo é proporcional ao volume de trabalho, logo o valor gasto com descarte de resíduos também é proporcional ao volume de trabalho.

Número de laboratórios	Gasto com descarte de resíduos	Tempo de armazenamento dos resíduos até a retirada pela empresa
19	Não sabem informar	##########
1	R$5.000,00	>1 ano
2	R$4.000,00	1 ano; 6 a 11 meses
2	R$3.000,00	3 a 5 meses; 6 a 11 meses
1	R$2.000,00	3 a 5 meses

Quadro 3. Valores gastos pelos laboratórios da EQ/UFRJ com descarte de resíduos

5.2.9 Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e de Proteção Coletiva (EPCs) na manipulação de resíduos nos laboratórios da EQ/UFRJ

Os EPIs têm o seu uso regulamentado, pelo Ministério do Trabalho e Emprego, em sua Norma Regulamentadora nº 6 (NR6). Esta Norma define como Equipamento de Proteção Individual todo aquele composto por vários dispositivos de uso individual, que o fabricante tenha associado contra um ou mais riscos que possam ocorrer simultaneamente e que sejam suscetíveis de ameaçar a segurança, saúde e integridade física do indivíduo no trabalho (BRASIL, 1978).

Os EPCs são equipamentos de uso no laboratório que, quando bem especificados para as finalidades a que se destinam, permitem executar operações em condições de salubridade para o trabalhador. Estes equipamentos minimizam a exposição dos trabalhadores a riscos. Em alguns casos o uso de EPC adequados elimina ou reduz a necessidade do uso de um determinado EPI (CARDELLA, 1999).

No presente estudo, dados sobre a utilização de EPIs e EPCs foram coletados e averiguou-se que 88% (22/25) dos laboratórios relataram utilizar esses equipamentos (Figura 43). Corroborando com esse achado Busnardo (2011) em estudo no Departamento de Engenharia Bioquímica na EQ/UFRJ verificou que 88,8% das pessoas utilizavam EPIs, enquanto 33,3% utilizavam EPCs.

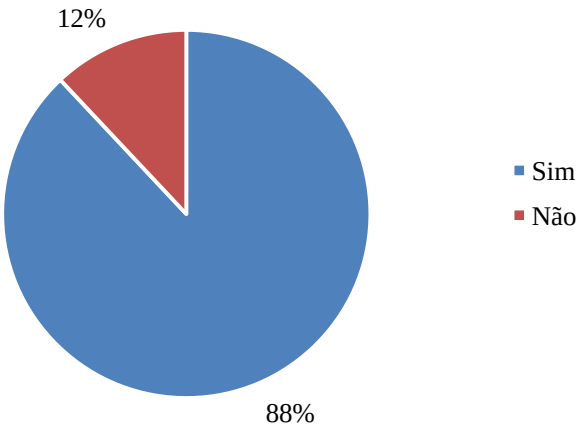


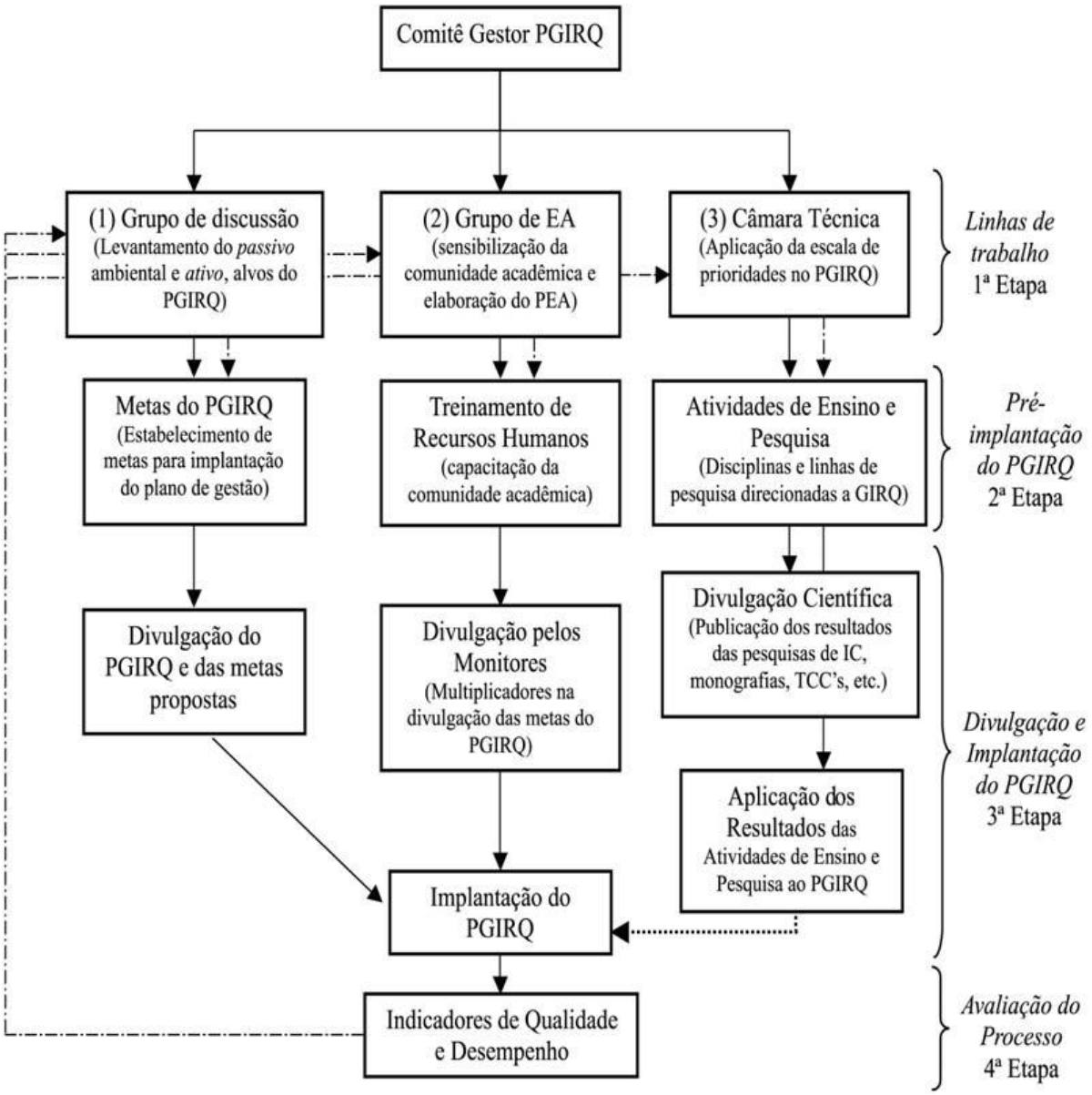
Figura 43. Percentagem de laboratórios da EQ/UFRJ que os profissionais utilizam equipamentos de proteção individual (EPIs) e equipamentos de proteção coletiva (EPCs) adequados ao manipularem os resíduos (n: 25)

5.3 PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA ESCOLA DE QUÍMICA/UFRJ

5.3.1 Criação da Comissão de Gestão de Resíduos

Os dados coletados e apresentados nesta pesquisa provam a necessidade da estruturação e implementação de um programa de gerenciamento de resíduos (PGR) na Escola de Química/UFRJ.

A implantação de um PGR deve iniciar com a constituição de um grupo de profissionais (docentes e discentes) aptos e sensibilizados com a questão. Giloni-Lima e Lima (2008) propõem um fluxograma (Figura 44) que contempla as premissas descritas por Jardim (1998) para sustentar um programa desta magnitude, já discutidas na revisão bibliográfica.



EA = Educação Ambiental;
PEA = Programa de Educação Ambiental;
GIRQ = Gerenciamento Integrado de Resíduos Químicos;
IC = Iniciação Científica;
TCC's = Trabalhos de Conclusão de Curso;
Linhas cheias = direção das linhas básicas de trabalho;
Linhas tracejadas = retroalimentação;
Linhas pontilhadas = aplicação direta dos resultados na implantação do PIGRQ

Figura 44. Fluxograma básico para implantação do Plano de Gestão Integrado de Resíduos Químicos (PGIRQ) em Instituições de Ensino Superior (GILONI-LIMA; LIMA, 2008)

A estrutura geral do fluxograma consiste de quatro etapas que se iniciam a partir da constituição de um Comitê Gestor, o qual irá coordenar o desenvolvimento do processo para implantação do PGR, desencadeado na formação das três Linhas Básicas de Trabalho - 1ª

Etapa, a formação do (1) Grupo de Discussão, (2) Grupo de Educação Ambiental (EA) e (3) da Câmara Técnica. Os resultados dos trabalhos desenvolvidos na primeira etapa irão definir os principais pontos a serem trabalhados na 2ª Etapa, a Pré-implantação do Plano de Gestão. Uma vez iniciada esta etapa, após ter reunido os requisitos básicos necessários, ou seja, definição de metas e objetivos do plano de gestão, bem como o treinamento mínimo para o cumpri-los, a 3ª Etapa é deflagrada – a Divulgação e Implantação do PGR. A 4ª Etapa, de Avaliação do Processo, representa o momento de reavaliação dos êxitos ou insucessos a partir dos Indicadores de Qualidade e Desempenho estabelecidos pelas linhas básicas de trabalho, para as quais poderá redirecionar seus resultados visando promover os ajustes necessários ao processo como um todo (GILONI-LIMA; LIMA, 2008).

Cada laboratório deverá ter, no mínimo, um responsável pelo processo de gestão dos resíduos ali gerados. Esse responsável deverá ser designado pela chefia e trabalhar em consonância com a comissão. Ele ficará encarregado de disponibilizar as folhas de dados de segurança, de providenciar o tratamento dos resíduos, quando possível e de buscar formas de prevenir e minimizar sua geração.

Cabe ao gerador a responsabilidade de conhecer e seguir as normas e diretrizes do PGR. Deve procurar atuar de maneira pró-ativa, sempre que houver um novo caso, condição não prevista ou nova rotina, informando à comissão as práticas necessárias ao tratamento do resíduo.

O trabalho desta comissão não exime o gerador de sua responsabilidade para com o correto armazenamento, tratamento e disposição do resíduo.

5.3.2 Caracterização do Resíduo Passivo

Nas visitas aos laboratórios da EQ/UFRJ observou-se um acúmulo de resíduos químicos (passivo) armazenados sem identificação correta. Este passivo deve ser caracterizado de maneira bem equacionada priorizando a reutilização, recuperação e reciclagem de todo o volume de resíduo possível. O que for considerado rejeito deve ser habilitado a disposição final adequada (JARDIM, 1998).

O Quadro 4 traz uma série de testes simples que podem ser usados na caracterização preliminar do passivo.

Teste a ser realizado	Procedimento a ser seguido
Reatividade com água	Adicione uma gota de água e observe se há a formação de chama, geração de gás, ou qualquer outra 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 medidor de pH.
Resíduo oxidante	A oxidação de um sal de Mn(II), de cor rosa claro, para uma coloração 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: o verde indica a presença de halogênios.
Solubilidade em água	Após o ensaio de reatividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente.

Quadro 4. Protocolo para caracterização preliminar de resíduos químicos não identificados (JARDIM, 1998). Testes realizados com uma pequena alíquota (~1g) que seja representante do resíduo.

5.3.3 Fluxograma de Gerenciamento de Resíduos proposto

Um fluxograma (vide Figura 45) para a implantação do PGR na EQ/UFRJ foi elaborado utilizando o princípio da responsabilidade objetiva, onde o gerador do resíduo deve ser o responsável pelo seu correto tratamento e descarte (individual ou coletivo) e seguindo a escala de prioridades ou hierarquia indicada por Tavares e Bendassolli (2005), discutida na revisão bibliográfica, além de adotar a sequência de etapas recomendadas na RDC 306/2004 (ANVISA, 2004), modificada para as necessidades da instituição.

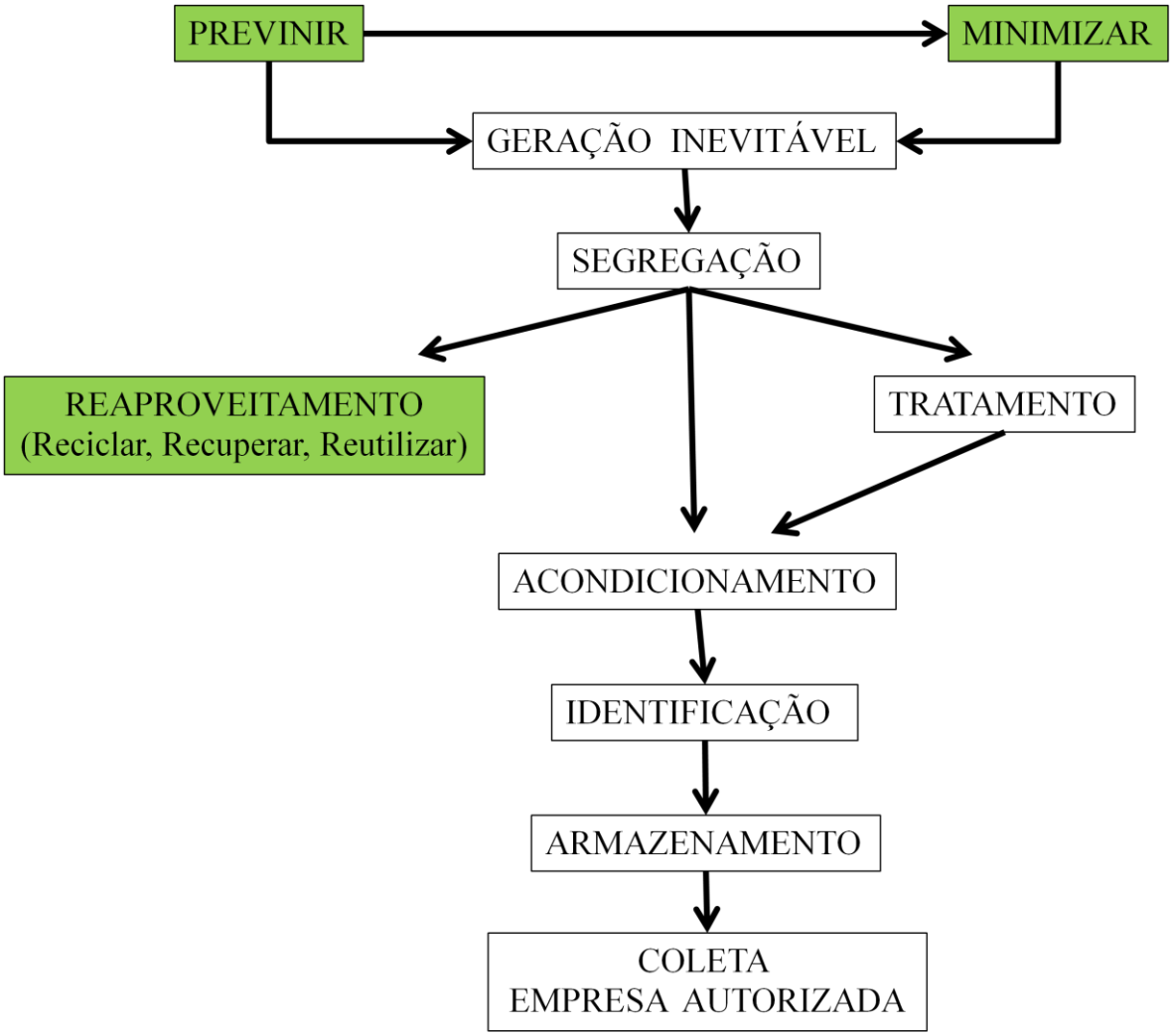


Figura 45. Fluxograma proposto para o PGR da EQ/UFRJ

Cada laboratório da EQ/UFRJ, seja de ensino ou pesquisa, deve elaborar seu POP incluindo os procedimentos de manejo de resíduos seguindo o fluxograma citado anteriormente.

A primeira etapa no PGR proposto é Prevenir. Nesta etapa o gerador deve buscar técnicas para evitar a geração de resíduos que já se conhece o potencial de periculosidade. Não sendo possível prevenir, o gerador inicia a segunda etapa que é Minimizar. Nesta etapa deve-se otimizar os processos buscando a menor produção possível do resíduo.

Após realizada a prevenção e a minimização e se mesmo assim o resíduo foi gerado, então deve-se iniciar a sequência de etapas de manejo dos resíduos.

5.3.3.1 Segregação

A segregação sempre que possível deve ser realizada, pois aumenta a segurança sob o ponto de vista químico e facilita o gerenciamento e tratamento. Inicialmente a segregação deve dividir os resíduos em cinco grupos definidos na CONAMA 358/2005 (CONAMA, 2005b): Grupo A (biológicos), Grupo B (químicos), Grupo C (radioativos), Grupo D (comum) e Grupo E (perfurocortantes), veja anexo A.

O grupo B, resíduos químicos, ainda deve ser segregado em grupos de compatibilidade para evitar explosão, inflamabilidade, corrosão, calor excessivo, gases tóxicos e reações violentas. Para determinar essa segregação é importante o conhecimento de todos os resíduos gerados na EQ/UFRJ e o prévio conhecimento do destino final de cada um (LUNN; SANSONE, 1994).

A seguir uma proposta de segregação de resíduos químicos:

a) Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas **não halogenados**;
b) Solventes orgânicos e soluções orgânicas **halogenados**;
c) Resíduos de sais metálicos regeneráveis, sendo que cada metal deve ser recolhido separadamente (Ag, Au, Pt, Cu, entre outros);
d) Resíduos inorgânicos tóxicos contendo metais pesados (Cd, Pb, Ni, Tl, As, Se, Sn, Zn, Cr, entre outros);
e) Mercúrio e resíduos de seus sais inorgânicos;
f) Resíduos inorgânicos não contendo metais pesados;
g) Ácidos (soluções de ácido clorídrico, sulfúrico, fosfórico, nítrico, acético, perclórico, ácidos sólidos como oxálico e cítrico);
h) Bases (aminas, soluções de hidróxidos, soda cáustica, amônia);
i) Oxidantes (soluções ou sais de dicromato, permanganato, hipoclorito, iodato, persulfato, bismuto (III), solução de bromo, iodo, peróxido de hidrogênio, sólidos : bismutato de sódio, dióxido de chumbo, ácido crômico);
j) Redutores (soluções ou sais de sulfito, iodeto, tiosulfato, oxalato, ferro (II), estanho (II), fósforo vermelho);
k) Soluções que contenham cianetos/nitrilas ou geradores de CN;
l) Sólidos de produtos químicos orgânicos;
m) Outros compostos: tintas, resinas, óleos de bomba de vácuo (contaminados com PCB’s), herbicidas, pesticidas

Materiais contaminados durante e após a realização de experimentos (luvas, vidrarias

quebradas, papéis de filtro e outros) também devem ser segregados para que a contaminação não se estenda no lixo comum.

A avaliação da periculosidade do resíduo deve basear-se na NBR 10004/2004 (ABNT, 2004a) e assim o resíduo será classificado em Classe I, Classe II A ou Classe II B. Informações sobre toxicidade, reatividade e compatibilidade de inúmeras substâncias químicas podem ser encontradas em MSDS (*Material Safety Data Sheets*), disponíveis em sites da internet (listagem de exemplos – Anexo G).

A segregação dos resíduos deve ser uma atividade diária dos laboratórios, sendo preferencialmente, realizada imediatamente após o término de um experimento ou procedimento de rotina. As substâncias que não se enquadram nas categorias propostas devem ser avaliadas quanto à compatibilidade química e adicionadas a uma delas, ou armazenadas em separado. Lembrar que quanto mais complexa for a mistura, mais difícil será o reaproveitamento e tratamento, além de aumentar o custo do descarte.

O resíduo que não for classificado como perigoso pode ser descartado como resíduo comum. Entretanto, no caso de resíduos químicos, toda atenção e cuidado devem ser tomados. Em caso de dúvidas a melhor opção é nunca descartar em lixo ou rede de esgoto. Verificar a possibilidade de doação, reciclagem, recuperação e reutilização.

Para o resíduo ser lançado na rede pública de esgoto e corpos d'água no estado do Rio de Janeiro deve seguir os critérios e padrões estabelecidos na Norma Técnica-202.R-10 publicada em 12 de dezembro de 1986 (CECA, 1986), bem como a CONAMA 430/2011 (CONAMA, 2011). A seguir alguns compostos que podem ser descartados no lixo ou na rede de esgoto (MACHADO; SALVADOR, 2005):

- Orgânicos: açúcares, amido, aminoácidos e sais de ocorrência natural, ácido cítrico e seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH4), ácido lático e seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH4);
- Inorgânicos: a) Sulfatos, carbonatos: Na, K, Mg, Ca, Sr, NH4; b) Óxidos: B, Mg, Ca, Sr, Al, Si, Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Zn; c) Cloretos: Na, K, Mg; d) Boratos: Na, K, Mg, Ca.

Para resíduos perigosos, verificar também a possibilidade de reutilização, recuperação, reciclagem ou doação. Se a única opção for o descarte verificar a possibilidade de submetê-lo a algum tratamento para minimização ou eliminação completa de sua periculosidade.

5.3.3.2 Reaproveitamento e Tratamento

O gerador é o responsável por determinar quais resíduos serão reciclados, recuperados e reutilizados, bem como definir e realizar as técnicas para esses procedimentos.

O tratamento dos resíduos considerados perigosos também é responsabilidade do gerador determinar as técnicas que serão utilizadas.

O Quadro 5 mostra algumas regras gerais para tratar os resíduos:

Resíduo	Tratamento
Grupo A (resíduos biológicos)	Autoclavação por 20 min a 121°C e 1atm. (VERMELHO *et al.*, 2006).
Grupo B (resíduos químicos)	Pesquisar o tratamento adequado para cada resíduo. Alguns exemplos no anexo F.
Grupo C (resíduos radioativos)	Não gerado na EQ/UFRJ.
Grupo D (resíduo comum)	O reciclável dispor para recolhimento pelo Programa Recicla CT, o não reciclável dispor como lixo comum.
Grupo E (perfurocortantes)	Se contaminado com resíduos biológicos deve ser autoclavado. Se contaminado com resíduo químico tratar como resíduo químico sólido.

Quadro 5. Tratamentos propostos para o gerenciamento dos resíduos gerados na EQ/UFRJ

5.3.3.3 Acondicionamento

Cada resíduo deve ser acondicionado em recipiente adequado às suas características, com tipo e tamanho adequado, de maneira que evite vazamento e rupturas e garanta segurança ao ser transportado.

Os resíduos do Grupo A (resíduos biológicos), como meios de culturas e estoques de micro-organismos, após tratamento adequado que garanta a eliminação da carga microbiana (descaracterização física das estruturas), devem ser acondicionados como resíduo do Grupo D (ANVISA, 2004).

Os resíduos do Grupo B (resíduos químicos) devem ser acondicionados observados as exigências de compatibilidade químicas dos resíduos entre si, assim como de cada resíduo com os materiais das embalagens de forma a evitar reações químicas entre os componentes do resíduo e da embalagem, enfraquecendo ou deteriorando a mesma, ou a possibilidade de que o material da embalagem seja permeável aos componentes do resíduo (ANVISA, 2004). Outra regra importante é os frascos permanecerem sempre tampados e preenchidos até o máximo de

2/3 de seu volume para evitar problemas com gases que eventualmente se desprendem do resíduo (UTFPR, 2014).

Os resíduos químicos líquidos devem ser acondicionados em recipientes constituídos de material compatível com o líquido armazenado, resistentes, rígidos e estanques, com tampa rosqueada e vedante (Figura 46). Os resíduos sólidos devem ser acondicionados em recipientes de material rígido, adequados para cada tipo de substância química, respeitadas as suas características físico-químicas e seu estado físico (ANVISA, 2004), exemplo Figura 47.

As embalagens da Figura 46 e Figura 47 são apenas possibilidades de recipientes para armazenamento dos resíduos, ficando a cargo do laboratório analisar a constituição química do resíduo e definir a embalagem compatível ao armazenamento. Os recipientes podem ser de vidro, metal (tambor metálico) ou plástico (bombonas).

Figura 46. Bombona de tampa fixa para resíduo líquido (DGA, 2015)

Figura 47. Bombona de tampa removível para resíduo sólido (DGA, 2015)

Os plásticos são muito úteis no armazenamento de resíduos, pois geralmente se apresentam em embalagens de maiores volumes e com um peso menor. Exemplo são as bombonas com volume de 5 a 25L. Porém os frascos de plástico se deterioram com a exposição ao tempo e com variáveis físicas, podem amassar e romper. Alguns exemplos de embalagens de plástico são (MACHADO; SALVADOR, 2005):

- Polietileno de baixa densidade - Vantagens: resistente a maioria dos solventes, ácidos (exceto a ácido nítrico) e bases e a umidade. Desvantagens: a altas temperaturas (cerca de 60°C) pode sofrer ataques por parte de hidrocarbonetos aromáticos. Pode sofrer alterações por conta de óleos e gorduras e permite a passagem de gases e vapores.
- Polietileno de alta densidade (PEAD) - Vantagens: semelhante ao polietileno de baixa densidade não é afetado pela maioria dos solventes nem pela maioria dos ácidos e bases. Desvantagens: ainda tem baixa resistência ao ácido nítrico concentrado, principalmente a temperaturas mais elevadas. Veja anexo H, a lista de substâncias que reagem com embalagens de PEAD.
- Polipropileno - Vantagens: propriedades semelhantes ao polietileno, menor densidade (menor “peso”) e maior resistência ao calor. Resistente a maioria dos solventes, ácidos e bases. Resistentes a óleos e graxas e grande resistência ao rompimento. Desvantagens: menor resistência a solventes clorados. Capacidade de barreira em relação a umidade, gases e vapores.
- Poliestireno - Vantagens: resistência a alcoóis de cadeia curta, ésteres, cetonas, hidrocarbonetos aromáticos e clorados. Resistente também a ácidos e bases.

Desvantagens: baixa resistência física (luz e calor) dependendo do solvente pode trincar e mudar de cor (escurecer). Baixa resistência a ácidos oxidantes fortes (ácidos nítrico, sulfúrico e perclórico).

As embalagens de vidro são de baixo custo, resistentes ao tempo, calor, ácidos e álcalis. Uma embalagem de vidro bem vedada garante proteção total a qualquer agente externo, com exceção da luz e outras radiações, que pode ser contornado com o emprego de vidros coloridos. Desta forma, é praticamente insubstituível para alguns produtos ou quando o tempo de armazenagem é muito longo. Desvantagens: a baixa resistência a choques físicos que podem levar a ruptura dos frascos e a massa elevada que confere um grande "peso" ao resíduo final (MACHADO; SALVADOR, 2005).

As embalagens de vidro podem ser aproveitadas dos próprios frascos de reagentes originais. Isto leva a uma economia e leva ao reaproveitamento do frasco. Os frascos de reagentes seriam naturalmente descartados, pois não podem ser reaproveitados para outras utilidades. Para ser reutilizado deve ser realizada a tríplice lavagem dos frascos que consiste em três etapas: na primeira é realizada uma lavagem com uma solução diluída de uma base forte; na segunda, a lavagem é realizada com ácido, que na maioria das vezes apresenta mesma concentração da base e na última etapa, uma lavagem normal com água e detergente para retirada de possíveis partículas que não foram carreadas pelas outras lavagens (OLIVEIRA JUNIOR, 2012).

Os materiais perfurocortantes, Grupo E, devem ser descartados separadamente, no local de sua geração, imediatamente após o uso ou necessidade de descarte, em recipientes rígidos, resistentes à punctura, ruptura e vazamento, com tampa, devidamente identificados, atendendo aos parâmetros referenciados na norma NBR 13853/97 da ABNT, sendo expressamente proibido o esvaziamento desses recipientes para o seu reaproveitamento. Os recipientes devem ser descartados quando o preenchimento atingir 2/3 de sua capacidade ou o nível de preenchimento ficar a cinco centímetros de distância da boca do recipiente (ANVISA, 2004).

As vidrarias de laboratório quebradas e frascos de vidros limpos e com tríplice lavagem deverão estar acondicionada em caixa de papelão, para evitar acidentes durante a coleta e transporte. As seringas e agulhas deverão ser acondicionadas em caixa amarela específica que sigam as normas da NBR 13853/1997 (ABNT, 1997), exemplo na Figura 48.

Figura 48. Modelo de embalagem para descarte de seringas e agulhas

5.3.3.4 Identificação

Todo o resíduo deve estar corretamente identificado com etiquetas padronizadas pela unidade. Essa identificação é importante para uma destinação final do resíduo segura e ambientalmente adequada.

As bandejas de transporte e armazenamento dos resíduos biológicos (meios de culturas e estoque de micro-organismos) até o momento da autoclavação deverão utilizar a etiqueta apresentada na Figura 49. A etiqueta foi elaborada baseando-se na RDC 306/2004 e na NBR 7500/2013.

Figura 49. Etiqueta proposta para resíduos infectantes

Os resíduos químicos necessitam de uma identificação mais detalhada, por isso além dos rótulos, as Fichas com Dados de Segurança de Resíduos (FDSR) devem acompanhar as embalagens.

Uma proposta de rótulo para as embalagens de resíduos químicos é apresentada na Figura 50. É imprescindível que todas as informações no rótulo estejam preenchidas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

RESÍDUO QUÍMICO

Laboratório:_____

Professor Responsável: _____

Tel.: _____ E-mail: _____

Nome do gerador: _____

Volume estimado: _____

Período de coleta: ____/_____/_____ à _____/_____/_____

Composição/concentração: _____

_____

_____

Controle de ficha: _____

N° de Risco: _____

N° da ONU: _____

Rótulo de Risco

Figura 50. Etiqueta proposta para resíduo químico

No rótulo de resíduo químico será adotada a simbologia de risco da *National Fire Protection Association* (NFPA), dos EUA, também conhecida como Diagrama de Hommel, modelo apresentado na Figura 51.

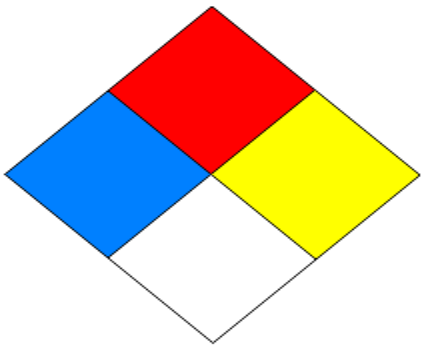


Figura 51. Representação do Diagrama de Hommel

No diagrama de Hommel, cada um dos losangos expressa um tipo de risco, aos quais serão atribuídos graus de riscos variando entre 0 e 4. Os riscos representados são os seguintes (UTFPR, 2014):

- Reatividade (losango amarelo):

  4 – Perigo: Material explosivo em temperatura ambiente;

  3 – Perigo: Pode ser explosivo em caso de choque, em aquecimento sobre confinamento ou se misturado com água;

  2 – Cuidado: Instável ou pode reagir violentamente se misturado com água;

  1 – Cautela: Pode reagir sobre aquecimento ou misturado com água, mas não violentamente;

  0 – Estável: Não reativo quando misturado com água.

- Danos à Saúde (losango azul):

  4 – Letal: Pode ser fatal em pequena exposição. Usar EPI's necessários;

  3 – Perigoso: Corrosivo ou tóxico. Evitar contato com a pele ou inalação;

  2 – Cuidado: Pode ser prejudicial ou nocivo se inalado ou absorvido;

  1 – Cautela: Risco Leve;

  0 – Estável: Material normal.

- Inflamabilidade (losango vermelho):

  4 – Perigo: Gás inflamável ou líquido extremamente inflamável, abaixo de 23°C;

  3 – Perigo: Líquido inflamável com pressão de vapor abaixo de 38°C;

  2 – Cuidado: Líquido inflamável com pressão de vapor entre 38°C e 93°C;

  1 – Cautela: Combustíveis se aquecido, acima de 93°C;

  0 – Estável: Não combustíveis.

- Risco Específico (losango branco)

  OX – oxidante;

  ACID – ácido;

  ALK – alcalino;

  COR – corrosivo;

  ~~W~~ – reativo em água;

  RAD – radioativo.

Para o preenchimento do Diagrama pode-se consultar sites (Anexo G) ou livros que contenham fichas MSDS, ou também as chamadas FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico), onde a classificação de cada produto químico pode ser encontrada.

Além do Diagrama de Hommel, a etiqueta proposta para resíduos químicos contém outras informações como número de risco, número da ONU, rótulo de risco, a composição do

resíduo gerado (produto/resíduo principal e secundários), concentração, quantidade estimada final e período de coleta.

A Resolução n° 420 da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) de 12 de fevereiro de 2004 aprova instruções para transporte terrestre de produtos perigosos. Nesta resolução eles classificam os produtos perigosos em nove classes e subclasses, segundo parâmetros da ONU. Cada classe e subclasse estão associadas a seu risco e possui um rótulo de risco definido na NBR 7500/2003.

A Resolução n° 420 da ANTT (ANTT, 2004) apresenta a relação dos códigos para os produtos perigosos, determinando o número de risco, representado por dois ou três algarismos, que indicam a natureza e a intensidade do risco. Essa codificação será aplicada as substâncias da classe 2 a 9. Os algarismos que compõem os números de risco são: 2 - desprendimento de gás devido à pressão ou à reação química; 3 - inflamabilidade de líquidos (vapores) e gases ou líquido sujeito a autoaquecimento; 4 - inflamabilidade de sólidos ou sólido sujeito a auto-aquecimento; 5 - efeito oxidante (intensifica o fogo); 6 - toxicidade ou risco de infecção; 7 - radioatividade; 8 - corrosividade; 9 - risco de violenta reação espontânea. A presença da letra X antes dos algarismos significa que a substância reage perigosamente com a água e a repetição de um determinado número indica aumento da intensidade daquele risco específico. Na possibilidade de um determinado risco ser indicado por um único número, este será seguido por zero (0).

O número da ONU identifica o produto, com um número de quatro algarismo, reconhecido internacionalmente. Essa identificação está definida na resolução 420 da ANTT.

As FDSRs que acompanham o resíduo químico deve seguir o modelo do anexo B da NBR 16725/2014. As treze seções devem ser separadas claramente, os títulos e subtítulos devem ser apresentados em destaque. Todas as informações pertinentes para cada seção devem ser fornecidas. Se a informação não estiver disponível, o motivo deve estar explicitado. Cada página deve incluir o nome do resíduo químico conforme utilizado no seu rótulo e deve ser numerada e datada com a data da última revisão (ABNT, 2014). O laboratório deve arquivar as FDSRs respeitando a numeração das fichas, para sempre que solicitado fornecer as informações necessárias. Esta numeração das fichas deve também estar presente nos rótulos (controle de ficha).

Excepcionalmente, no caso de resíduos em suas embalagens originais, estejam elas com restos de produto ou vazias e não limpas, como produtos vencidos, a FISPQ e o rótulo do produto original podem ser utilizados, desde que os perigos e as informações de segurança, saúde e meio ambiente deste resíduo não tenham se alterado, ficando facultativa a elaboração

de uma FDSR e do rótulo para identificação como resíduo. No caso de avaria da embalagem de um produto em que esta necessite ser trocada, pode ser utilizada a FISPQ do produto original, ficando facultativa a elaboração de uma FDSR, porém deve ser elaborado um rótulo para identificação do resíduo (ABNT, 2014).

O rótulo dos resíduos perfurocortantes deve ter a inscrição RESÍDUO PERFUROCORTANTE, indicando o risco que apresenta o resíduo (ANVISA, 2004). Modelo proposto na Figura 52 e 53.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

RESÍDUO PERFUROCORTANTE

VIDRARIA DANIFICADA

Laboratório: _____

Professor Responsável: _____

Tel.: _____ E-mail: _____

Atenção: realizada a esterilização ou tratamento químico necessário antes de embalar.

Figura 52. Etiqueta proposta para embalagem de vidraria quebrada

Figura 53. Etiqueta proposta para embalagem de seringas e agulhas

5.3.3.5 Armazenamento

Quando os resíduos não puderem ser tratados no laboratório de origem, devem ser armazenados temporariamente em abrigos, armazenamento externo, até que sejam retirados por uma empresa especializada, de modo que suas características e suas quantidades não se alterem. Este armazenamento não deve ser efetuado no laboratório, mas sim em local exclusivo, restrito aos funcionários e ter fácil acesso para os recipientes de transporte e para os veículos coletores (ANVISA, 2004).

O laboratório não deve acumular grandes quantidades de resíduos. Em cada laboratório deverá existir apenas um frasco em uso para cada tipo de resíduo (conforme classificação dos resíduos). Nenhum frasco cheio deve ficar esperando para ser tratado por um longo período no laboratório. No laboratório os recipientes de resíduos não devem ser armazenados na capela e/ou próximos de calor e água, devem ser colocados em local ventilado principalmente quando contiverem solventes (UTFPR, 2014).

A localização do abrigo externo de resíduos deve ser o mais próximo possível dos laboratórios, mas externamente ao edifício e contemplar as orientações contidas na norma NBR 12235/1992 (ABNT, 1992a).

O abrigo deve ter dimensionamento compatível com as características quantitativas e qualitativas dos resíduos gerados. A construção deve ser em alvenaria, fechada, dotada apenas de aberturas para ventilação adequada, com tela de proteção contra insetos, ter piso e paredes revestidas internamente de material resistente, impermeável e lavável, com acabamento liso. O piso deve ser inclinado, com caimento indicando para as caneletas, deve possuir sistema de drenagem com ralo sifonado provido de tampa que permita a sua vedação. Possuir porta dotada de proteção inferior para impedir o acesso de vetores e roedores (ANVISA, 2004).

A identificação do abrigo de resíduos deve estar em local de fácil visualização, com sinalização de segurança que identifique os riscos de acesso ao local e com símbolos baseados na norma NBR 7500 da ABNT (ANVISA, 2004).

No interior do abrigo os recipientes de resíduos devem estar fechados, apropriadamente rotulados e segregados em resíduos perfurocortantes (Grupo E) e resíduos químicos (Grupo B). Os resíduos químicos devem ser organizados respeitando a incompatibilidade química e cada recipiente deve estar com sua FDSR anexada. Devem ainda estar sobre coletores secundários, longe de fontes de luz, calor e de água.

A NBR 12235/1992 prevê a utilização de EPIs necessários à proteção dos empregados nas operações de manuseio dos resíduos (ABNT, 1992a). Além de haver, nas instalações de armazenamento de resíduos, extintor de incêndio, chuveiro e lava olhos próximos à saída, do lado de fora, e se houver instalação elétrica, deverão ser previstos equipamentos à prova de explosão (UTFPR, 2014).

Enquanto o abrigo de resíduos é construído, os resíduos podem ser armazenados em contêineres, um para resíduos do Grupo E e outro para resíduos do Grupo B. As embalagens corretamente rotuladas com as etiquetas padronizadas serão armazenadas no interior dos contêiner respeitando a segregação.

Os contêineres devem ser armazenados, preferencialmente, em áreas cobertas, bem ventiladas, e colocados sobre base de concreto ou outro material que impeça a lixiviação e percolação de substâncias para o solo e águas subterrâneas. A área deve possuir ainda um sistema de drenagem e captação de líquidos contaminados para que sejam posteriormente tratados. Os contêineres devem ser devidamente rotulados de modo a possibilitar uma rápida identificação dos resíduos armazenados. A disposição dos recipientes na área de armazenamento deve seguir as recomendações para a segregação de resíduos de forma a prevenir reações violentas por ocasião de vazamentos ou, ainda, que substâncias corrosivas possam atingir recipientes íntegros. Em alguns casos é necessário o revestimento dos

recipientes de forma a torná-los mais resistentes ao ataque dos resíduos armazenados (ABNT, 1992a).

Para o translado dos resíduos do ponto de geração até o local destinado ao armazenamento é importante a aquisição de carro de coleta interna que deve ser constituído de material rígido, lavável, impermeável, provido de tampa articulada ao próprio corpo do equipamento, cantos e bordas arredondados, além de ser identificado com símbolo correspondente ao risco (ANVISA, 2004).

5.3.3.6 Coleta e Disposição Final

A coleta dos resíduos será feita por empresa especializada e licenciada para realizar o tratamento e a disposição final dos resíduos. Cabe à instituição geradora verificar se o transportador e o receptor dos resíduos estão capacitados e devidamente autorizados pelos órgãos ambientais a realizar essas atividades.

Este procedimento deve ser realizado por profissionais da empresa treinados e equipados com EPIs necessários para cada resíduo. Esta coleta é realizada na presença do gerador, neste caso deverá ser um membro da comissão de gerenciamento de resíduos.

A coleta será solicitada pela instituição de maneira periódica ou sempre que necessária. Pode ser estabelecida coleta periódica a cada seis meses, baseado no volume de resíduo gerado pela instituição.

No momento da coleta a empresa especializada necessitará da FDSR da cada resíduo, pois este documento apresenta informações importantes como as medidas a serem tomadas que minimizem ou restrinjam os possíveis efeitos danosos decorrentes em caso de acidentes. Esta ficha deverá ser providenciada pelo laboratório gerador em duas vias. A primeira ficará com o próprio laboratório, sendo disponibilizada sempre que solicitada, e a segunda deverá ser entregue ao motorista da empresa especializada.

A empresa não receberá os resíduos que estiverem foram das especificações quanto à segregação, acondicionamento e identificação, atividades realizadas pelo laboratório gerador. Por isso é muito importante que todos os laboratórios da instituição cumpram as normas estabelecidas no PGR.

No estado do Rio de Janeiro a Diretriz 1310.R-7 aprovada pela Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) - deliberação CECA nº 4.497, de 03/09/2004 e publicada no Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, de 21/09/2004, estabelece a metodologia do Sistema de Manifesto de Resíduos, de forma a subsidiar o controle dos resíduos gerados no

Estado, desde sua origem até a destinação final, evitando seu encaminhamento para locais não licenciados, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (CECA, 2004). O órgão competente (INEA) que determinará a vinculação ao Sistema em função da periculosidade e quantidade de resíduos gerados pela atividade.

O Manifesto de Resíduos deve ser gerado e preenchido pelo gerador em quatro vias, da seguinte forma: o gerador tem a obrigação de preencher, assinar e datar todas as quatro vias do Manifesto, arquivando a primeira via após a assinatura do transportador, as outras vias (2, 3 e 4) deverão ser entregues para o transportador; o transportador, por sua vez, assinará as três vias e as entregará para assinatura do receptor do resíduo, arquivando a segunda via; o receptor do resíduo, após assinar as três vias, deverá devolver a 4a via, em até 48 horas, ao gerador, que arquivará e encaminhará aos órgãos competentes quando solicitado (CECA, 2004).

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam que alguns laboratórios de ensino, pesquisa e extensão estudados da Escola de Química da UFRJ, não atendem o que preconiza a legislação vigente para manejo de resíduos: RDC 306/2004 (ANVISA, 2004), CONAMA 358/2005 (CONAMA, 2005b), nem a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Os dados desta pesquisa mostraram que as atividades de laboratório realizadas em aulas experimentais ou atividades de pesquisa, geram resíduos que podem oferecer riscos ao meio ambiente e/ou à saúde humana, pois mais de 90% dos laboratórios estudados geram resíduos químicos, mais de 50% geram resíduos perfurocortantes, além de 40% gerarem resíduos biológicos.

Observa-se que alguns resíduos, incluindo resíduos perigosos, são manejados na EQ/UFRJ de forma não conforme, por exemplo, o armazenamento dentro do laboratório sem ventilação e próximo à fonte de calor com uma identificação precária é realizado por mais de 50% dos laboratórios estudados. Este procedimento entre outros expõe os profissionais, corpo docente e discente a riscos físicos, químicos e de acidentes, além da poluição ambiental dos receptores dos efluentes destes laboratórios.

Frente a essa realidade, é fundamental a implantação do PGR na EQ/UFRJ visando minimizar impactos no meio ambiente e proporcionar segurança aos profissionais e alunos, buscando tratar e destinar corretamente os resíduos gerados nos laboratórios da instituição.

Com este fim, foi proposto um PGR que prioriza a prevenção, minimização e reaproveitamento dos resíduos, já que apena 17% dos laboratórios da EQ/UFRJ praticam o reaproveitamento (reutilização, recuperação e reciclagem) dos resíduos. Esse PGR propõe o manejo da prevenção até a coleta dos resíduos, incluindo resíduos biológicos, químicos e perfurocortantes.

Para uma implantação apropriada é fundamental que primeiro seja criada a Comissão de Gerenciamento de Resíduos, que terá a função de coordenar o processo de implantação do programa. Para isso deve valorizar o lado humano, pois o sucesso depende da participação e colaboração de todos os atores da unidade geradora, sendo de igual importância o apoio da instituição ao programa; expor a proposta político-filosófica definida, seja em fórum de discussão ou em outra forma proposta pela instituição; e auxiliar na elaboração dos indicadores de qualidade e desempenho para a reavaliação contínua dos resultados obtidos e das metas estipuladas.

Inicialmente, recomenda-se que o resíduo passivo seja eliminado e uma descrição detalhada do resíduo ativo seja requisitada a todos os laboratórios da instituição para elaboração de uma proposta de segregação e tratamento que abranja todos os resíduos gerados. Além de avaliar e determinar um local seguro para a construção do abrigo de resíduos em local externo.

Após a implantação e a consolidação do PGR na EQ/UFRJ, é indicada uma avaliação da necessidade da construção de um Laboratório de Resíduos Químicos em local seguro, equipado para realizar procedimentos de tratamento dos resíduos impraticáveis nos laboratórios. Possibilitando a criação de um Banco de Reagentes com os resíduos recuperados para serem utilizados na própria instituição ou serem fornecidos a outras.

Em vista dos resultados aqui apresentados, que representam uma análise inicial do gerenciamento de resíduos na EQ/UFRJ, é evidente que a implantação de um PGR na Instituição envolvendo toda a comunidade acadêmica é imprescindível. Para isto, é necessário à ampliação das pesquisas sobre resíduos principalmente envolvendo prevenção, minimização, reaproveitamento e tratamento dos resíduos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004a. 71 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004b. 16 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004c. 3 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004d. 21 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10157: Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1987. 13 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.** Rio de Janeiro, 1992a. 14 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13853: Coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 1997. 4 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16725: Resíduo químico - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem.** Rio de Janeiro, 2014. 16 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7500: Identificação para transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de resíduos.** Rio de Janeiro, 2013. 77 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8418: Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.** Rio de Janeiro, 1984. 17 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro, 1992b. 7 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9191: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2008. 10 p.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** 11ª. ed. São Paulo, 2013. Disponível em: <www.abrelpe.com.br>. Acesso em: 15 Jan. 2015.

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. **Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais: Recuperação de Elementos e Preparo para Descarte Final.** Química Nova, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. **Laboratório de resíduos do Campus da USP-SÃO CARLO – Resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário.** Química Nova, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

ALBUQUERQUE, B. L.; RIZZATTI JUNIOR, G.; RIZZATTI, G.; SARMENTO, J. V. S.; TISSOT, L. Gestão **de resíduos sólidos na Universidade Federal de Santa Catarina: os programas desenvolvidos pela coordenadoria de gestão ambiental.** X Colóquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul dias 8, 9 e 10 de dezembro de 2010.

AMARAL, S. T.; MACHADO, P. F. L.; PERALBA, M. C. R.; CÂMARA, M. R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A. L.; FALCÃO, H. L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R. S.; OLIVEIRA, E. R.; BRASIL, J. L.; ARAÚJO, M. A.; BORGES, A. C. A. **Relato de uma experiência: Recuperação e cadastramento de resíduos químicos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Química Nova, v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

ANTT. Agência Nacional de Transporte Terrestre. **Resolução nº 420 de 2004: Instruções complementares ao regulamento de transporte terrestre de produtos perigosos.** 12 Fev. 2004.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 306 de 2004: Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 Dez. 2004.

ARMOUR, M. A. **Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide**. Boca Raton: Lewis, 546 p. 1996.

ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. **Hazardous wastes in academia.** Environmental Science & Technology, v. 19, n. 2, p. 1150-1155, 1985.

BAPTISTA, W. C. **Avaliação da norma de classificação de resíduos sólidos – NBR 10.004/87 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e o seu processo de revisão.** 2001, 103 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

BARBOSA, D. P. **Gerenciamento dos resíduos dos laboratórios do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro como um projeto educacional e ambiental.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 3, p. 114 – 119, 2003.

BARBOSA, V. M.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; LOHMANN, G. **O programa de gerenciamento de resíduos na UTFPR - campus Curitiba e a contribuição de trabalhos acadêmicos do DAQBI.** Revista Educação & Tecnologia, n. 9. 2011.

BENDASSOLLI, J. A.; MÁXIMO, E.; TAVARES, G. A.; IGNOTO, R. F. **Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP.** Química Nova, v. 26, n. 4, p. 612-617, 2003.

BENDASSOLLI, J. A.; MORTATTI, J.; TRIVELIN, P. C. O.; IGNOTO, R. F.; BONASSI, J. A.; TAVARES, G. A. **Reciclagem de cobre proveniente de analisador automático de carbono e nitrogênio.** Química Nova, v. 25, n. 2, p. 312-315, 2002.

BENIGNO, A. P. A.; LIMA, E. D. S.; BOTERO, W. G.; SANTOS, J. C. C.; ROLDAN, P. S.; OLIVEIRA, P. C. C. de. **Programa de gerenciamento de resíduos químicos no laboratório de química analítica do IQB/UFAL: uma aplicação da química verde.** Revista Científica do IFAL, n. 1, v. 1, 2010.

BERINGER, A. **The Lüneburg Sustainable University Project in international comparison: An assessment against North American peers.** International Journal of Sustainability in Higher Education. v. 8, n. 4, p. 446-461, 2007.

BERSCH, G. A.; GONÇALVES. C. V.; MACHADO, M. **Gerenciamento de Resíduos na Univates.** In: Encontro Nacional de Segurança em Química, 3., 2004, Niterói. Resumos... Niterói: Univates, 2004. 1 CD ROM

BONI, V.; QUARESMA, S. J. **Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais.** Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC, v. 2 n. 1 (3), p. 68-80, janeiro-julho, 2005.

BRASIL. **Lei Federal n° 6938 de 1981: Política Nacional do Meio Ambiente.** Brasília, 31 Agosto 1981.

BRASIL. **Lei Federal nº 12305 de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 Agosto 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 06/78 do Ministério do Trabalho.** Ministério o Trabalho, Brasília, 1978.

BUSNARDO, R. G. **Biossegurança: Abordagem e Ensino no Contexto Acadêmico.** 2011. 195 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CARDELLA, B. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes: Uma Abordagem Holística.** São Paulo: Atlas, 1999.

CARDOSO, A. O. **Introdução ao plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS.** Porto Alegre: CNTL/SENAI, 2008.

CASSILHA, A. C.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; SILVA, M. C. da. **Propostas e discussões de um sistema de gestão ambiental para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Curitiba.** FAE Centro Universitário Curitiba – PR 4º Seminário sobre Sustentabilidade de 11 a 13 de novembro de 2009.

CECA. Comissão Estadual de Controle Ambiental. **DZ-1310.r-7: Sistema de Manifesto de Resíduos.** Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 21 Set. 2004.

CECA. Comissão Estadual de Controle Ambiental. **NT- 202.R-10: Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos.** Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 12 Dez. 1986.

CGTRQ. **Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos.** UFRGS. 2015. Disponível em: <www.iq.ufrgs.br/cgtrq/>. Acesso em: 10 Jan. 2015.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 313 de 2002: Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 Nov. 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 357 de 2005: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 Março 2005a.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 358 de 2005: Tratamento e disposição final dos resíduos dos serviços de saúde.** Brasília, 29 Abril 2005b.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 430 de 2011: Condições e padrões de lançamento de efluentes.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 Maio 2011.

COSTA, S. S.; FERNANDES, R. dos S. **Retrospectiva de operação de descarte de resíduos químicos no período 2007- 2012.** Março, 2013.

CT. **Centro de Tecnologia da UFRJ**. 2015. Disponível em: <www.ct.ufrj.br/decania/programas-e-projetos>. Acesso em: 3 Jan. 2015.

CUNHA, C. J. **O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do Depto de química da UFPR.** Química Nova, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

DALSTON, R. C. R.; DANTAS, A. P.; MONTALVÃO, R.; NASCIMENTO, I.; OLIVEIRA, M. A. de; MOTTA, R.; MORAIS, M. de. **Gestão e disposição de rejeitos tóxicos, nucleares e perigosos.** 2005; 6 p; Radio 2005: 4. International congress on radiological protection; 1. Brazilian congress on radiological protection; Sao Paulo, SP (Brazil); 2-5 Nov 2005.

DE CONTO, M. S.; BRUSTOLIN, I.; PESSIN, N.; SCHNEIDER, V. E.; BEAL, L. L. **Gestão de resíduos na Universidade de Caxias do Sul: um processo de construção das atividades de ensino, pesquisa e extensão com responsabilidade socioambiental.** In: De Conto, M.S. (org), Gestão de Resíduos em Universidades..Caxias do Sul, RS : Educs, p. 33-59, 2010.

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.** Química Nova, v. 27, n. 4, 2004.

DGA. Divisão de Gestão Ambiental. **Separando Juntos na UFPR.** 2015. Disponível em: <www.ufpr.br/~dga.pcu>. Acesso em 02 Jan. 2015.

DI VITTA, P. B. **Gerenciamento de resíduos no Instituto de Química da Universidade de São Paulo.** In: Encontro Nacional de Segurança em Química, 2., 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2002. 1 CD ROM.

DUARTE, R. L. **"Procedimento Operacional Padrão" - A Importância de se padronizar tarefas nas BPLC** – Curso de BPLC – Rio Branco-AC/2005. Disponível em http://portal.anvisa.gov.br. Acessado em 23 Março 2015.

EQ/UFRJ. **Escola de Química da UFRJ.** 2015. Disponível em: <www.eq.ufrj.br/estrutura/estrutura2.html>. Acesso em: 03 Jan. 2015.

FRANK, B.; QUADROS, D. S. de. **Desenvolvimento do Sistema de Gestão Ambiental da Universidade Regional de Blumenau.** 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2000_E0134.pdf>. Acesso em: 06 Abril 2015.

GERBASE, A. E; COELHO, F. S.; MACHADO, P. F. L.; FERREIRA, V. F., **Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa**. Química Nova, v. 28, n. 1, Editorial, São Paulo, 2005.

GILONI-LIMA P. C.; LIMA, V. A. **Gestão integrada de resíduos químicos em instituições de ensino superior.** Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1595-1598, 2008.

GOMES, L. P. **A gestão de resíduos na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) atendendo aos requisitos da ISO 14001:2004.** In: De Conto, M.S. (org), Gestão de Resíduos em Universidades. Caxias do Sul, RS: Educs, p. 61-86, 2010.

HENRIQUE, O. S. Resíduo **Químico Gerado em Laboratórios da Unicamp: Inventário e Avaliação do seu Gerenciamento.** 2008. 549 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, 2008.

IMA. **Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano da UFRJ**. 2015. Disponível em: <www.ima.ufrj.br/coleta/>. Acesso em: 22 Maio 2015.

IMBROISI, D.; GUARITÁ-SANTOS, A. J.; BARBOSA, S. S.; SHINTAKU, S. F.; MONTEIRO, H. J.; PONCE, G. A. E.; FURTADO, J. G.; TINOCO, C. J.; MELLO, D. C. **Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco.** Química Nova, v. 29, n. 2, p. 404-409, 2006.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente. **Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro.** 2ª. ed. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <www.inea.rj.gov.br>. Acesso em: 15 Jan. 2015.

IZZO, R. M. **Waste minimization and pollution prevention in university laboratories.** Chemical Health & Safety, p. 29-33, May/June 2000.

JARDIM, W. F. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa.** Química Nova, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Técnicas de pesquisa.** 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LASSALI, T. A. F.; GIOVANI, W. F. de. **Implantação de uma política de gerenciamento de resíduos químicos no campus de Ribeirão Preto – USP.** In: Fórum das Universidades Públicas Paulistas, 2003, São Pedro. Anais. São Paulo: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos para o Desenvolvimento Sustentável, p. 32-43, 2003.

LIMA JÚNIOR, R. M. **Desenvolvimento de um sistema com banco de dados para a classificação e caracterização de resíduos e gases industriais.** 2001. 191 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas, 2001.

LIMA, I. C. de. **Gerenciamento de resíduos químicos de laboratórios: estudo de caso do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.** 2012. 174 P. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial, Rio de Janeiro, 2012.

LIMA, L. M. Q. **Lixo Tratamento e Biorremediação.** 3ª. ed. São Paulo: Hemus, 1995.

LUNN, G.; SANSONE, E. B. **Destruction of hazardous chemicals in the laboratory.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

MACHADO, A. M. R.; SALVADOR, N. N. B. **Normas Gerais – 01/2005 : Procedimentos para Segregação, Identificação, Acondicionamento e Coleta de Resíduos Químicos, Biológicos e Radioativos Líquidos e Sólidos.** 40 p. Coordenadoria Especial para o Meio ambiente (CEMA): Unidade de Gestão de Resíduos (UGR), UFSCar, São Carlos. Maio de 2005.

MAGALHÃES, C. E. C.; KRUG, F. J.; FOSTER, A. H.; BERNDT, H. **Direct determination of mercury in sediments by atomic absorption spectrometry.** Journal of Atomic Absorption Spectrometry, v. 12, p. 1231-1234, 1997.

MAROUN, C. A. **Sistema FIRJAN. Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo.** 2. ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. **Introdução à gestão ambiental de resíduos.** Infarma, v. 16, n. 11-12, 2004.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 12ª. ed. São Paulo: Hucitec, 2010.

MOORE, J. **Seven recommendations for creating sustainability education at the university level: A guide for change agents.** International Journal of Sustainability in Higher Education. v. 6, n. 4, p. 326-339, 2005.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. **Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: Análise crítica e recomendações.** Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, v. II, n. 2, p. 118-124, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. A. **Implantação do programa de gerenciamento de resíduos químicos: caso da Universidade Federal de Lavras.** 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Lavras, 2012.

POSSIGNOLO, N. V. **Elaboração de um plano de gestão de resíduos nas instalações da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA – Pólo Centro Sul, Piracicaba -**

SP). 2011. 126 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

RAMALHO, R. S. **Tratamiento de aguas residuales**. Editorial Reverté, 705 p. Barcelona, 1991.

REIS, B. F.; KRUG, F. J.; VIEIRA, J. A.; GINÉ, M. F. **Development of a flow injection system with two analytical paths for ammonium determination in soil extracts by conductometry.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 8, n. 5, p. 523-528, 1997.

RICHARDSON, G. R. A.; LYNES, J. K. **Institutional motivations and barriers to the construction of green buildings on campus: A case study of the University of Waterloo, Ontario.** International Journal of Sustainability in Higher Education. v. 8, n. 3, p. 339-354, 2007.

ROCHA, P. C. **Gestão de resíduos químicos em laboratório universitário. Estudo de caso: Laboratório de Engenharia Sanitária.** 2011. 151 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SAQUETO, K. C. **Estudo dos resíduos perigosos do campus de Araras da Universidade Federal de São Carlos visando a sua gestão.** 2010. 143 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SASSIOTTO, M. L. P. **Manejo de Resíduos de Laboratórios Químicos em Universidades – Estudo de Caso do Departamento de Química da UFSCar.** 2005. 134 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SCHNEIDER, J.; WISKAMP, V. **Environmental protection in practical chemistry courses.** Journal of Chemical Education, Easton, v. 71, n. 6, p. 587-589, June 1994.

SCHNEIDER, V. N.; R. C. E.; CALDART, V.; ORLANDIN, S. M. **Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde.** São Paulo: CRL Balieiro, 2001.

SERAPHIM, C. R. U. M. **Abordagem dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) na Formação Profissional dos Auxiliares e Técnicos em Enfermagem de Araraquara – SP.** 2010. 154 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio ambiente, Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2010.

SILVA, E. M. P. da. **Implementação de um sistema unificado para gerenciamento de rejeitos.** 2006. 292 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas, 2006.

SILVA, M. S. **Gerenciamento de resíduos químicos - Normas gerais do IQ/UNESP, (IQ-UNESP, Araraquara)** - revisão 2002. Disponível em http://www.iq.unesp.br/Home/normas-residuos.pdf. Acessado em 06 Abril 2015.

SINGH, M. M.; MCGOWAN, C. B.; SZAFRAN, Z.; PIKE, R. M.; *J.* **A comparative study of microscale and standard burets.** Journal of Chemical Education, Easton, v. 77, n. 5, p. 625-626, Sep./Oct. 2000.

SOUZA, K. E. **Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsídio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades.** 2005. 110 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SOUZA, R. C.; CIVIDATTI, L. N.; GUEDES, C. L. B. **Gerenciamento de resíduos químicos na Universidade Estadual de Londrina.** In: VIII Congresso Ibero-Americano de Extensão Universitária. Navegar é preciso...transformar é possível., 2005, Rio de Janeiro. Trabalhos apresentados no VIII Congresso Ibero-Americano de Extensão Universitária, v. 2, p. 1918-1925, 2005.

TAVARES, G. A. **Implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa do CENA/USP.** 2004. 131 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. **Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP.** Química Nova, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** 1ª. ed. 1987; 19ª. ed. reimpressão 2010; São Paulo: Atlas, 2010.

UnB. **Histórico da Comissão de Gerenciamento, Tratamento e Destinação de Resíduos Perigosos da Universidade de Brasília.** 2015. Disponível em: <www.resqui.unb.br/histórico>. Acesso em: 03 Jan. 2015.

UNIVERSITY OF VIRGINIA. **Laboratory Chemical Hygiene Plan.** 2008. Disponível em: <http://ehs.virginia.edu/ehs/ehs.chemicalsafety/chemicalsafety.html>. Acesso em: 20 Jan. 2015.

UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco. **Programa de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais.** 2014. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirplad/sistema-de-gerenciamento-de-residuos>. Acesso em: 20 Jan. 2015.

VEGA, C. A.; OJEDA-BENÍTEZ, S.; RAMIREZ-BARRETO, M. **Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study.** Resources, Conservation & Recycling, v. 39, p. 283-296, 2003.

VERMELHO, A. B.; PEREIRA, A. F.; COELHO, R. R. R.; SOUTO-PADRON, T. **Práticas de Microbiologia.** 1ª. ed. Guanabara Koogan, 2006. 256 p.

ZANTA, M. Z.; FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos.** In: Prof. Armando Borges de Castilhos Junior, Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. PROSAB, 2004.

ZINI, L. B. **Diagnóstico do Tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde no Rio Grande do Sul.** 2011. 35 p. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ANEXO A

Classificação dos Resíduos dos Serviços de Saúde segundo a CONAMA 358/2005

I - GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

a) A1

1. culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética;

2. resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido;

3. bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta;

4. sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;

b) A2

1. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anátomo-patológico ou confirmação diagnóstica;

c) A3

1. peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiares;

d) A4

1. kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados;

2. filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares;

3. sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.

4. resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo;

5. recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;

6. peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anátomo-patológicos ou de confirmação diagnóstica;

7. carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microorganismos, bem como suas forrações; e

8. bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão.

e) A5

1. órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.

II - GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

a) produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos; imunomoduladores; anti-retrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações;

b) resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfestantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes;

c) efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores);

d) efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; e

e) demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

III - GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

a) enquadram-se neste grupo quaisquer materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia que contenham radionuclídeos em quantidade superior aos limites de eliminação.

IV - GRUPO D: Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

a) papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1;

b) sobras de alimentos e do preparo de alimentos;

c) resto alimentar de refeitório;

d) resíduos provenientes das áreas administrativas;

e) resíduos de varrição, flores, podas e jardins; e

f) resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.

V - GRUPO E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

ANEXO B

Padrão de lançamento em efluentes segundo a CONAMA 430/2011

Parâmetros Inorgânicos	Valores Máximos
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr^{+6}
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr^{+3}
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	**Valores Máximos**
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C6H5OH
Tetracloreto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Padrão de lançamento em efluentes segundo a NT-202.R-10 (CECA, 1986)

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA
Alumínio total	3,0 mg/l Al
Arsênio total	0,1 mg/l As
Bário total	5,0 mg/l Ba
Boro total	5,0 mg/l B
Cádmio total	0,1 mg/l Cd
Chumbo total	0,5 mg/l Pb
Cobalto total	1,0 mg/l Co
Cobre total	0,5 mg/l Cu
Cromo total	0,5 mg/l Cr
Estanho total	4,0 mg/l Sn
Ferro solúvel	15,0 mg/l Fe
Manganês solúvel	1,0 mg/l Mn
Mercúrio total	0,01 mg/l Hg
Níquel total	1,0 mg.1 Ni
Prata total	0,1 mg/l Ag
Selênio total	0,05 mg/l Se
Vanádio total	4,0 mg/l V
Zinco total	1,0 mg/l Zn
Amônia	5,0 mg/l N
Cloro ativo	5,0 mg/l Cl
Cianetos	0,2 mg/l CN
Índice de fenóis	0,2 mg/l C6H5OH
Fluoretos	10,0 mg/l F
Sulfetos	1,0 mg/l S
Sulfitos	1,0 mg/l SO3
Pesticidas organofosforados e carbamatos (por composto)	0,1 mg/l
Pesticidas organofosforados e carbamatos totais (somatório dos pesticidas analisados individualmente)	1,0 mg/l
Hidrocarbonetos alifáticos halogenados voláteis, tais como: 1,1,1-tricloroetano; diclorometano; tricloroetileno e tetracloroetileno.	0,1 mg/l (por composto)
Hidrocarbonetos alifáticos halogenados voláteis totais	1,0 mg/l Cl
Hidrocarbonetos halogenados não listados acima tais como: pesticidas e ftalo-ésteres	0,05 mg/l (por composto)
Hidrocarbonetos halogenados totais, excluindo os hidrocarbonetos alifáticos halogenados voláteis	0,5 mg/l Cl
Sulfeto de carbono	1,0 mg/l
Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno	2,0 mg/l

ANEXO C

Exemplos de Segregação

Na UFSCar a segregação dos resíduos é dividida nos seguintes Grupos (MACHADO; SALVADOR, 2005):

- Solventes não halogenados*: Todos os solventes que possam ser utilizados ou recuperados e também misturas desses solventes tais como: álcoois e cetonas (etanol, metanol, acetona, butanol, etc.), acetonitrila** (pura ou mistura com água ou com outros solventes não halogenados), hidrocarbonetos (pentano, hexano, tolueno e derivados, etc.), ésteres e éteres (acetato de etila, éter etílico, etc.);
- Halogenados*: Todos os solventes e misturas contendo solventes halogenados (clorofórmio, diclorometano, tetracloreto de carbono, tricloroetano, bromofórmio, tetraiodocarbono, etc.). Se durante o processo de segregação ocorrer qualquer contaminação dos solventes não halogenados com algum solvente halogenado, essa mistura deverá, então, ser considerada halogenada;
- Fenol;
- Resíduos de pesticidas e herbicidas;
- Soluções aquosas sem metais tóxicos;
- Soluções aquosas contaminadas com solventes orgânicos;
- Soluções aquosas com metais tóxicos;
- Soluções contendo mercúrio;
- Soluções contendo prata;
- Sólidos: com metais tóxicos (tálio e cádmio);
- Sólidos: com os demais metais tóxicos;
- Peróxidos orgânicos;
- Outros sais;
- Aminas;
- Ácidos e bases;
- Oxidantes;
- Redutores;
- Óleos especiais: Todos os óleos utilizados em equipamentos elétricos que estejam contaminados com policloreto de bifenila (PCB’s como o Ascarel) deverão ser segregados, identificados, estocados e mantidos em local adequado;
- Misturas: As combinações que não foram classificadas nos itens acima descritos deverão ser segregadas e identificadas para tratamento e/ou disposição final;
- Outros: Materiais diversos tais como tintas, vernizes, resinas diversas, óleos de bomba de vácuo (exceção àqueles contaminados com PCB's), fluídos hidráulicos, etc. também devem ser segregados e identificados para tratamento e/ou disposição final. Todos os óleos utilizados em equipamentos elétricos que estejam contaminados com policloreto de bifenila (PCB’s como o Ascarel) devem ser separados dos demais. Esse óleo não pode ser queimado, pois o seu processo de destruição gera gases muito tóxicos que não podem ser jogados na atmosfera (dioxinas).
- Materiais contaminados durante e após a realização de experimentos (luvas, vidrarias quebradas, papéis de filtro e outros) também devem ser segregados para que a contaminação não se estenda no lixo comum, e devem ser enviados à UGR para disposição final adequada.
- Caberá ao pesquisador gerador segregá-los em compostos binários ou no máximo ternários.
- ** A acetonitrila deverá, sempre que possível, ser segregada separadamente.

Outro exemplo que pode ser citado é o caso do CENA/USP (Tavares, 2004) foram estabelecidas 11 classes para a segregação dos resíduos:

- Mercúrio e resíduos de seus sais inorgânicos;
- Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios ;
- Resíduos de sais metálicos regeneráveis;
- Solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios;
- Resíduos inorgânicos tóxicos contendo metais tóxicos;
- Resíduos sólidos de produtos químicos orgânicos;
- Soluções salinas (pH 6 – 8);
- Soluções que contenham cianetos/nitrilas ou geradoras de CN;
- Compostos explosivos ou combustíveis tóxicos;
- Resíduos inorgânicos tóxicos não contendo metais tóxicos;
- Outros compostos (tintas, resinas diversas, óleo de bomba de vácuo; herbicidas, pesticidas).

ANEXO D

Rótulo padrão elaborado para a identificação dos volumes de resíduos químicos gerados nos laboratórios do CENA/USP (TAVARES *et al*, 2005)

Centro de Energia Nuclear na Agricultura

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUO
PARA COLETA EM LABORATÓRIO

Constituinte(s): _____

Concentração: _____

Quantidade: _____

Lab. Gerador: _____

Data: _____ Horas: _____

Responsável/Coleta: _____

SE NÃO ESTIVER HABILITADO, NÃO MANIPULE ESTE PRODUTO

Rótulo padrão para os recipientes de resíduos gerados na UFSCar (MACHADO; SALVADOR, 2005)

	UNIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – UGR CEMA / UFSCar
	Departamento e Laboratório:
	Responsável: Ramal:
	e-mail:
	Controle Ficha: Controle UGR:
Composição do Resíduo:	
Nome do Gerador:	Data:
Quantidade Estimada:	Data da Coleta:

Solvente Orgânico Halogenado	Solvente Orgânico Não Halogenado	Compostos Orgânicos	Compostos Inorgânicos	Solução contendo METAIS	Outros Compostos

ANEXO E

Ficha com dados de segurança para resíduos utilizada na UFSCar (SAQUETO, 2010)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
COORDENADORIA ESPECIAL PARA O MEIO AMBIENTE – CEMA
UNIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – UGR

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS Ficha n° _____

Departamento:_____ Laboratório: _____

Telefone: _____ e-mail: _____

Professor(es) Responsável(eis):_____

Responsável pelo preenchimento:_____

Data da solicitação: ____/ ____/ _____ Data da coleta: ____/ ____/ _____

PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO: Assinalar com um 'X' somente **a característica predominante** do Resíduo Químico. (Ex: caso exista uma mistura de ácidos com metais pesados, a característica que deve ser assinalada é a relacionada a metais pesados, pois equivale à característica mais relevante).

	01- Solvente Halogenado *		09- Solução com Metais Pesados		17- Ácido ou Base
	02- Solvente Não Halogenado*		10- Solução sem Metais Pesados (outros sais, por exemplo)		18- Óleos Especiais (de equipamentos e que estejam contaminados)
	03- Acetonitrila		11- Solução contendo Hg ou Ag		
	04- Aldeído		12- Sólido com Metais Pesados (papel de filtro contaminado, dentre outros)		19- Tintas, Vernizes e Resinas Não Contaminantes
	05- Amina				
	06- Fenol		13- Sólido sem Metais Pesados (papel de filtro contaminado c/ sais, por exemplo)		20- Sílica Contaminada
	07- Solução Contaminada com Substância Orgânica				21- Outros Sólidos Contaminados (frascos vazios, luvas, ponta de pipeta, dentre outros)
			14- Brometo de Etídio		
			15- Gerador de Cianetos		
	08- Peróxido Orgânico		16- Pesticida ou Herbicida	pH:	

Composição do Resíduo **	Quantidade (L ou Kg)	Observações / Nome do Gerador
TOTAL:		

* Caberá ao pesquisador gerador segregá-los em compostos binários ou no máximo ternários.
** Não utilize siglas ou abreviações. Discrimine detalhadamente **toda** a composição dos recipientes.

Em caso de dúvidas entre em contato com a UGR pelo e-mail (ugr@ufscar.br) ou pelos ramais 8015, 8016.

ANEXO F

Tratamento de Resíduos Químicos (DGA, 2015)

Tipo de resíduos químicos	Exemplo	O que fazer (somente pessoal habilitado)
resíduo com cádmio, tálio e mercúrio	mercúrio de termômetros, sais ou soluções com cádmio, tálio ou mercúrio	Recolher os resíduos de cada metal em separado. Se possível precipitar como sais insolúveis e guardar como sólido seco.
resíduo de solventes recicláveis	solventes de HPLC, solventes de extração Sohxlet, solventes rotaevaporados, formol	Recolher em separado para futura recuperação.
resíduos de metais preciosos ou recicláveis	sais ou soluções contendo prata, ósmio, ouro, platina, rutênio	Recolher os resíduos de cada metal em separado para futura recuperação.
resíduos de solventes para descarte	cabeça e cauda de destilação, solvente de limpeza, solventes contaminados de difícil purificacão, misturas azeotrópicas não reutilizáveis	Neutralizar a acidez (se houver) e descartar em bombona.
resíduos ácidos	soluções de ácido clorídrico, sulfúrico, fosfórico, nítrico, acético, perclórico. ácidos sólidos como oxálico e cítrico.	1) Sólidos ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água. Ajustar o pH entre 7 e 9. 2) Soluções concentradas - Diluir até que se obtenha uma solução com pelo menos 50% de água em volume. Ajustar o pH entre 7 e 9. 3) Soluções diluídas - Ajustar o pH entre 7 e 9.
resíduos básicos	aminas, soluções de hidróxidos, soda cáustica, solução alcoolato, amônia	1) Sólidos ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água. Ajustar o pH entre 7 e 9. 2) Soluções concentradas - Diluir até que se obtenha uma solução com pelo menos 50% de água em volume. Ajustar o pH entre 7 e 9. 3) Soluções diluídas - Ajustar o pH entre 7 e 9.
resíduos fortemente redutores (exceto metais e ligas)	hidrazina, soluções ou sais de sulfito, iodeto, tiosulfato, oxalato, ferro (II), estanho (II), fósforo vermelho	1) Sólidos ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água. Neutralizar com peróxido de hidrogênio a 30% e depois ajustar o pH entre 7 e 9. 2) Soluções concentradas - Diluir até que se obtenha uma solução com pelo menos 50% de água em volume. Neutralizar com peróxido de hidrogênio a 30% e depois ajustar o pH entre 7 e 9. 3) Soluções aquosas diluídas - Neutralizar com peróxido de hidrogênio a 30% e depois ajustar o pH entre 7 e 9.
soluções aquosas contendo sais ou complexos de metais pesados que não se enquadram nas classes anteriores	soluções contendo cromo(III), chumbo(II), níquel (II), cobre (II), cobalto(II), bismuto(III), manganês(II), cádmio(II), índio(III)	Ajustar o pH entre 7 e 9, preferencialmente com carbonato de sódio sólido.
resíduos sólidos contendo metais ou ligas (exceto hidrolisáveis)	ferro, estanho, bronze, latão, zinco, solda, papel alumínio	Lavar com água, secar e guardar como sólido seco. A água de lavagem deve ser tratada de acordo com sua classe.
resíduos com substâncias hidrolisáveis	sódio, potássio pentóxido de fósforo, hidreto de sódio, pentacloreto de fósforo, anidridos de ácidos	Reagir cuidadosamente com água. Ajustar o pH entre 7 e 9.

resíduos com cianeto	soluções e sólidos com sais de cianeto	1) Sólidos ou pastas - Misturar com o mesmo volume de água. Adicionar 1 grama de NaOH por 100 mL de solução. Adicionar água sanitária. 2) Soluções concentradas - Diluir até que se obtenha uma solução com pelo menos 50% de água em volume. Adicionar 1 grama de NaOH por 100 mL de solução. Adicionar água sanitária. 3) Soluções aquosas diluídas - Adicionar 1 grama de NaOH por 100 mL de solução. Adicionar água sanitária.
resíduos explosivos, pirofóricos ou que reagem violentamente com oxigênio do ar.	pólvora, fósforo branco, peróxido de benzoíla, hidroperóxido de terc-butila, ácido peracético, ácido pícrico, trietilalumínio	Pesquisar procedimentos de inertização específicos. A solução resultante deve ter o pH ajustado entre 7 e 9.
resíduos que sofrem polimerização violenta	acrilonitrila, ácido acrílico	Pesquisar procedimentos de inertização específicos. A solução resultante deve ter o pH ajustado entre 7 e 9.
outros resíduos perigosos	brometo de etídio, nitrosaminas, aflatoxinas, PCB's, PCDD's, PCDF's	Pesquisar procedimentos de inertização específicos. A solução resultante deve ter o pH ajustado entre 7 e 9.
perfuro-cortantes	agulhas, lâminas, pregos, parafusos, facas, bisturis	Lavar, secar, e guardar como sólido seco em frasco plástico de parede grossa.
frascos de solvente vazios	frascos de hidrocarbonetos, organoclorados, aminas, álcoois, cetonas	Lavar o interior do frasco com etanol e depois com água. Recolher as lavagens como resíduo de solvente. Os frascos limpos podem ser reutilizados ou descartados no lixo que não é lixo.
materiais de vidro ou plástico contaminados com resíduos químicos	frascos de reativos, frascos de soluções que sofreram depósitos de sólidos, vidraria de laboratório quebrada, filmes de PVC (tipo magipack), placas de microscópio, materiais plásticos de laboratório	Neutralizar o resíduo impregnado no material conforme sua classe. Descartar no resíduo de vidro e plástico de laboratório ou no resíduo sólido seco
filtros contaminados com resíduos químicos	papel de filtro usado, filtros de gás, filtros de líquidos, filtros de poeira de laboratório	Descartar no resíduo sólido seco.
sólidos inertes	cloreto de sódio, cloreto de cálcio, sulfato de cálcio, fluoreto de sódio, alumina, sílica gel	Descartar no resíduo sólido seco.
papel alumínio contaminado	papel alumínio usado para pesagem	Tratar como resíduo de metais e ligas.
soluções aquosas de substâncias inertes	soluções com cloretos, nitratos, acetatos, sulfatos de sódio, potássio, cálcio, magnésio, soluções de carboidratos, extratos vegetais	Descartar na pia.

ANEXO G

Sites para consulta de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico)

http://www.hazard.com/msds/

http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/

http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/produtos/msds.html

http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/produto_consulta.asp

ANEXO H

Lista das principais de substâncias que reagem com embalagens de Polietileno de Alta Densidade (ANVISA, 2004)

Ácido butírico , Ácido nítrico, Ácidos concentrados, Álcool benzílico, Anilina, Bromo, Bromobenzeno, Bromofórmio , Butadieno, Ciclohexano, Cloreto de Amila , Cloreto de etila forma líquida, Cloreto de tionila , Cloreto de vinilideno, Cresol, Dietil benzeno, Dissulfeto de carbono, Éter, Fenol / clorofórmio, Nitrobenzeno, o-diclorobenzeno, Óleo de canela, Óleo de cedro, p-diclorobenzeno, Percloroetileno, Solventes bromados e fluorados, Solventes clorados, Tolueno, Tricloroeteno, Xileno.