UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia Químico-Farmacêutica

**Estratégias de tratamento de resíduos químicos
gerados na FCF/USP**

Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Dissertação para obtenção do Título de MESTRE
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira

São Paulo

2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia Químico-Farmacêutica

**Estratégias de tratamento de resíduos químicos
gerados na FCF/USP**

Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Dissertação para obtenção do Título de MESTRE
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira

Versão original

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica elaborada eletronicamente pelo autor, utilizando o programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP e adaptado para a Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da USP

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da publicação:
Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

A524e Amorim, Patricia Mendonça da Silva
Estratégias de tratamento de resíduos químicos gerados na FCF/USP / Patricia Mendonça da Silva Amorim. - São Paulo, 2018.
105 p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.
Orientador: Oliveira, Ricardo Pinheiro de Souza

1. resíduos químicos. 2. gerenciamento de resíduos. 3. resíduos perigosos. 4. tratamento químico. 5. estudo de caso. I. T. II. Oliveira, Ricardo Pinheiro de Souza, orientador.

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia Químico-Farmacêutica

PATRÍCIA MENDONÇA DA SILVA AMORIM

Estratégias de tratamento de resíduos químicos gerados na FCF/USP

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do Título de Mestre

Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira
Orientador/Presidente

1º examinador

2º examinador

3º examinador

São Paulo, ____ de _____ de 2018.

DEDICATÓRIA

A Deus por preparar meu caminho e me guiar por onde eu não esperava andar.

Aos meus pais, Nelson da Silva e Maria Rosália Mendonça da Silva, pelo esforço em proporcionar meus estudos. Por todo amor que recebo, ajuda e conselhos. A presença de vocês em minha vida me motiva a ser melhor a cada dia. Meus melhores exemplos. Amo vocês!!!

Ao meu esposo Cosme por todo companheirismo, compreensão e ajuda. Uma vida inteira vai ser pouco para te agradecer.

Ao meu irmão Lukhas e a cunhada Karina pelos momentos de descontração. Ao pequeno Bryan, meu companheiro que sempre trouxe alegria nos estudos aos fins de semana. Madrinha te ama!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Oliveira Santos, pela oportunidade de ser sua aluna e pelo exemplo de pesquisador e profissional que o senhor me proporciona. Agradeço as orientações e conselhos sempre oportunos. Obrigada por acreditar em mim!

A Patricia Busko Di Vitta por toda colaboração e conselhos. Sua participação desde o início se demonstrou imprescindível e de grande valia. Obrigada pelas conversas, dicas e claro, por me emprestar seu laboratório! Obrigada pelo exemplo como profissional e mulher.

Ao Arthur, obrigada pelo apoio e ajuda.

A minha chefe Prof. Dra. Elvira Shinohara, pelo apoio e incentivo constantes. Agradeço imensamente pela compreensão e suporte neste período do mestrado.

Aos colegas de trabalho Gui, Cecilia, Maylla, Ju e Thaty, obrigada por me ouvirem, entenderem e compreenderem. Obrigada pelo apoio e por tornarem meus dias mais alegres.

Aos professores, funcionários e alunos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, obrigada pelas informações passadas, pelos questionários respondidos e pelo apoio que me deram no desenvolver deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho:

Muito obrigada!!!

RESUMO

AMORIM, Patrícia Mendonça da Silva. **Estratégias de tratamento de resíduos químicos gerados pela FCF/USP**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Os resíduos químicos gerados em instituições de ensino e pesquisa trazem grande risco ao meio ambiente e para as pessoas envolvidas com seu manuseio, mesmo sendo produzidos em menor quantidade do que em setores industriais. Isto se deve ao grau de periculosidade e diversidade de seus componentes.

Atualmente, é exigido por lei que as instituições da área da saúde se mantenham atualizadas sobre os resíduos perigosos gerados em suas unidades e tenham atitudes para a redução desde a geração destes resíduos. Entretanto, as legislações vigentes não demonstram como tratar misturas de resíduos de complexidade diversificada. Assim, o objetivo do presente trabalho visa elaborar estratégias de tratamento dos resíduos químicos gerados nos laboratórios de ensino e pesquisa. Análises de ações preventivas de minimizar a geração destes resíduos e tratá-los sempre que possível também é o foco desta pesquisa. Para tanto, foram coletadas informações sobre o descarte mensal realizado por cada laboratório gerador de resíduos químicos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP) no período de janeiro de 2014 a agosto de 2016. Com esse levantamento, observou-se que existe a possibilidade de tratar *in loco* alguns dos resíduos produzidos na FCF/USP, como os resíduos classificados em ácidos, bases e soluções aquosas salinas não tóxicas, que totalizam 10% dos resíduos produzidos no período do estudo. Ademais, testes de recuperação do solvente acetonitrila (ACN) a partir de uma mistura ACN-água (60:40) foram realizados demonstrando a possibilidade de recuperação de aproximadamente 50% da acetonitrila inicial com pureza superior a 99% após análise através das técnicas de Karl Fischer e de índice de refração. Alguns dos tratamentos propostos favoreceram a diminuição de custos com a disposição posterior destes resíduos, reduzindo, assim, danos ambientais e proporcionando à instituição, visibilidade perante a sociedade sobre os cuidados e preocupação com o gerenciamento de seus resíduos químicos perigosos.

Palavras-chave: resíduos químicos, resíduos perigosos, gerenciamento de resíduos, tratamento químico, estudo de caso.

ABSTRACT

AMORIM, Patrícia Mendonça da Silva. **Strategies for the treatment of chemical waste generated by FCF/USP**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – School of Pharmaceutical Sciences, University of Sao Paulo, São Paulo, 2018.

Chemical waste generated by educational and research institutions lead to a great risk to the environment and people involved with its handling, even though they are produced in less quantity than in industrial sectors. This is due to the level of danger and diversity of their components. Currently the law requires that institutions from the Health area keep up-to-date about the hazardous waste that they generate and promote actions to reduce their production from waste generation to treatment and disposal. However, the current laws do not demonstrate how to handle with mixtures of wastes of diversified complexity. Thus, the objective of this study is to develop strategies for the treatment of chemical waste generated in teaching and researching laboratories. Analyzes of preventive actions to minimize the generation of these wastes and treat them whenever possible are also the focus of this research. Information were collected every month about waste discharged by each laboratory that generated chemical residues of the School of Pharmaceutical Sciences of the University of São Paulo (FCF / USP) from january 2014 to august 2016. After performing this survey, it was observed that there is the possibility of treating some of the residues produced in FCF/USP *in loco*, such as acid, bases and salt solutions which correspond to 10% of the waste generated during through the study period. Furthermore, recovery tests concerning solvent acetonitrile (ACN) from ACN-water mixture (60:40) were carried out and showed the possibility of recover about 50 % from the initial ACN with purity above 99% after analysis techniques of Karl Fischer and refractive indices. Some of the proposed treatments encouraged a reduction of costs with further disposal of waste, and thus lessen environmental damage while providing the institution with visibility to society about care and concern with management of its chemical waste.

Keywords: chemical waste, dangers waste, waste management, chemical treatment, case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema de Segregação de Resíduos Químicos.....	37
Figura 2 -	Múltiplas interações com ciclo PDCA.....	40
Figura 3 -	Fluxograma da circulação e descarte dos resíduos da FCF/USP.....	47
Figura 4 -	Carrinho elétrico para o transporte dos resíduos químicos da FCF/USP.....	48
Figura 5 -	Esquema geral das etapas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.....	53
Figura 6 -	Etapas realizadas para os testes 1A e 1B, tendo como diferença a mudança do agente separador de Fases.....	58
Figura 7 -	Etapas realizadas para o teste 2A.....	59
Figura 8 -	Etapas realizadas para o teste 2B.....	60
Figura 9 -	Etapas realizadas para os testes 3A e 3B, tendo como diferença a mudança do agente separador de Fases.....	61
Figura 10 -	Quantidade de resíduos tratáveis (■) e não tratáveis (■).....	64
Figura 11 -	Quantidade (%) de resíduos químicos em relação ao total gerado por ano.....	65
Figura 12 -	Quantidade (%) de resíduos químicos tratáveis (■) e não tratáveis (■) separados por classes de compatibilidade e similaridade, considerando a possibilidade de tratamento ou não.....	66
Figura 13 -	Gráfico de linha ajustado obtida pelo software MiniTab através da construção de curva padrão da ACN x RI.....	73
Figura 14 -	Concentração de acetonitrila recuperada em relação à quantidade inicial na mistura ACN:água (60:40).....	78
Figura 15 -	Tempo total utilizado para destilação de cada teste de recuperação da acetonitrila de um mistura inicial de ACN-água (60:40).....	80
Figura 16 -	Perda durante os processos de destilação, filtração e transferência de frascos.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classe de resíduos químicos gerados pela FCF/USP.....	55
Tabela 2 -	Quantidade em kg de resíduos químicos enviados como passivos e vidrarias limpas descartadas por ano.....	62
Tabela 3 -	Valores gastos para realizar a disposição final ambientalmente correta dos resíduos químicos com possibilidade de tratamento.....	69
Tabela 4 -	Dados obtidos através do questionário sobre resíduos de ACN.....	71
Tabela 5 -	Rendimento de ACN obtida pela equação 1, após obter os valores de IR das porções recuperadas da primeira destilação dos testes.....	74
Tabela 6 -	Rendimento de ACN obtida pela equação 1, após obter os valores de IR das porções recuperadas da segunda destilação dos testes.....	75
Tabela 7 -	Concentração de ACN recuperada, após destilações, a partir de mistura ACN:água (60:40).....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Incidentes Químicos mundiais.....	26
-------------------	-----------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACN – Acetonitrila

ADM – Administração

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASF - Agente Separador de Fase

BRIX - Escala Numérica de Índice de Refração

CENA/USP - Centro de Energia Nuclear Na Agricultura Da Universidade De São Paulo

CETESB - Companhia Ambiental do Estado De São Paulo

CLAE - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CSQBIO - Comissão Interna de Segurança Química e Biológica

CUASO - Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira

EPC - Equipamentos de Proteção Coletiva

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

FCF/USP - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho

GHS - Sistema Harmonizado Globalmente para Classificação e Rotulagem de Produtos químicos (*Globally Harmonized System*)

GLP - Gás Liquefeito De Petróleo

HPLC - *High Performance Liquid Chromatography*

ID – Identificação

IEP - Instituições de Ensino E Pesquisa

IES - Instituições de Ensino Superior

IQ/USP - Instituto de Química da Universidade de São Paulo

IR - Índice de Refração

ISO - Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*).

MTR - Manifesto para Transporte de Resíduo Perigoso

NBR - Norma Brasileira

NIOSH - Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (*National Institute Of Occupational Safety And Health*)

NTP - Programa Nacional de Toxicologia (*National Toxicology Program*)

OGM – Organismos Geneticamente Modificados

OIT - Organização Internacional do Trabalho

ONU - Organização das Nações Unidas

OSHA - Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (*Occupational Safety And Health*)

P+L - Produção Mais Limpa

PDCA - Planejar, Fazer, Conferir e Agir (*Plan, Do, Check e Act*)

PGRQ - Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos

PGRSS - Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

RQ - Resíduos Químicos

RSS - Resíduos de Serviço De Saúde

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

WHO - Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1 Resíduos Químicos.....	19
3.1.1 Classificações de produtos e resíduos químicos.....	20
3.1.2 Problemática da Contaminação por Resíduos Químicos	23
3.1.3 Perigos Associados	23
3.1.4 Tratamento de Resíduos Químicos	28
3.1.5 Medicamentos	29
3.2 Legislação.....	32
3.2.1 Resíduos Sólidos.....	32
3.2.2 Resíduos Perigosos	34
3.2.3 Resíduos em Instituições da Área da Saúde.....	35
3.3 Gerenciamento	38
3.3.1 Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos	40
3.3.2 Gerenciamento de Resíduos em Instituições de Ensino Superior.....	42
3.3.3 Gerenciamento de Resíduos Químicos na FCF/USP.....	45
3.4 Acetonitrila	50
3.4.1 Formas de Tratamento visando à recuperação da Acetonitrila	51
4. MATERIAL E MÉTODOS	53
4.1 Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos na FCF/USP	53
4.1.1 Elaboração do Inventário de Resíduos Químicos	54
4.1.2 Caracterização e quantificação dos resíduos químicos da FCF/USP.....	54
4.1.3 Possibilidades de Tratamento	55
4.1.4 Viabilidade de Tratamento.....	56
4.1.5 Disposição Final	56
4.2 Testes de Recuperação da Acetonitrila	57
4.2.1 Reagentes e Soluções	57
4.2.2 Equipamentos.....	57
4.2.3 Recuperação da Acetonitrila	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 PGRQ	62

5.1.1	Análise preliminar a criação do Inventário de RQ da FCF/USP	62
5.1.2	Elaboração do Inventário de Resíduos Químicos da FCF/USP	64
5.1.3	Redução do custo na FCF/USP proporcionado pelo tratamento de resíduos.....	68
5.2	Testes de Recuperação da acetonitrila.....	71
5.2.1	Análise da acetonitrila Recuperada utilizando a técnica de Índice de Refração	72
5.2.2	Análise da acetonitrila recuperada utilizando a técnica de Karl Fischer	76
5.2.3	<i>Sugar-out e salting-out</i>	79
6.	CONCLUSÕES	82
7.	PERSPECTIVAS FUTURAS	83
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICE A – Protocolo geral para neutralização de ácidos e bases	93
	APÊNDICE B – Questionário sobre resíduos de ACN	96
	ANEXO A - Tabela de compatibilidade de resíduos perigosos	97
	ANEXO B – PARECER COMITÊ DE ÉTICA.....	98
	ANEXO C – FICHA DO ALUNO.....	99
	ANEXO D – CURRÍCULO LATTES	102

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos em instituições de ensino e pesquisa no Brasil é um assunto que está sendo tratado com maior ênfase após a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010). Entre os princípios e objetivos desta lei, destaca-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a redução do volume e da periculosidade dos resíduos, como a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos mesmos. Particularmente, em universidades brasileiras, Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) vêm sendo implantados desde o final do século XX (JARDIM, 1998; AMARAL et al., 2001; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; DI VITTA et al., 2006; MACHADO; MÓL, 2008).

A busca pelo desenvolvimento sustentável tem levado empresas ao envolvimento com ações voltadas para questões globais tais como mudanças climáticas, protocolo de Kyoto, produção mais limpa, desenvolvimento de produtos de origem renovável, busca pela eficiência energética, entre outros. O crescimento de uma imagem associada à responsabilidade socioambiental tem se refletido em uma atuação mais transparente frente às partes interessadas, particularmente entre as comunidades ao entorno das plantas industriais (ABIQUM, 2005).

O Relatório sobre Produção mais Limpa (P+L) e Consumo sustentável na América Latina e Caribe, elaborado pelo Programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), define a Produção mais Limpa como sendo a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco eficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente (ALVES; FREITAS, 2013).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, que ocorreu em 1972, também conhecida como Conferência de Estocolmo, apontou a necessidade de um enfoque estratégico para uma gestão segura e saudável dos produtos químicos. Em 1992, quando a cidade do Rio de Janeiro sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano – a chamada Eco 92, surgiu como resultado a Agenda 21: um

documento de 40 capítulos em que se busca soluções em âmbito global para os problemas socioambientais, fazendo também uma abordagem globalizada da Segurança Química, incluindo o setor industrial, os governos e os trabalhadores (FUNDACENTRO, 2009).

Na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), realizada em Johannesburgo, África do Sul, em 2002, 170 países reafirmaram os compromissos expressos na Agenda 21 e estabeleceram metas para assegurar que até o ano de 2020, os produtos químicos sejam utilizados e produzidos de maneira a não agredir a saúde humana e o meio ambiente (FUNDACENTRO, 2009). Para o cumprimento dessa meta tem-se a proposta de que todos os países implementem um sistema de gerenciamento seguro e saudável das substâncias químicas.

Com o aumento de legislações referentes ao cuidado com o meio ambiente, as unidades geradoras de resíduos perigosos, entre estas as instituições de pesquisa, devem se adequar para terem uma produção mais limpa do início ao fim do ciclo de vida de seus processos (ANVISA 306, 2004; CONAMA 358, 2005).

Pesquisas no campo de análises químicas foram realizadas em vários países comprovando a existência de fármacos em concentrações de nanogramas por litro (ng.L^{-1}) a microgramas por litro ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no meio ambiente (EICKHOFF; HEINECK; SEIXAS, 2009). Em estudo de Mazza et al. (2015), foi verificada a contaminação de águas superficiais da cidade de Campana (Itália), com vários resíduos químicos perigosos provenientes de uma disposição ambiental incorreta. Mesmo após a instalação de uma unidade de tratamento para este tipo de resíduo, ainda há focos de possíveis riscos à saúde humana.

No caso de instituições na área de serviço à saúde, os riscos maiores associados à saúde humana estão relacionados à segregação inadequada dos resíduos infectantes e químicos, especialmente quando estes estão misturados com resíduos comuns e recicláveis, uma vez que quem os manipula não espera encontrá-los logo não estão suficientemente protegidos (PAIZ et al., 2014).

Conto (2010) exemplifica com vários modelos de gestão de resíduos em universidades que lidar com estes resíduos exige um esforço integrado e multiprofissional. Há trabalhos em diferentes instituições do país (JARDIM, 1998; AMARAL et al., 2001; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003; GERBASE et al.,

2005; GILONI-LIMA, LIMA, 2008; NOZU et al., 2010; VAZ et al., 2010; HENRIQUE, 2008; SANTOS, 2015; BRASIL, 2011; OLIVEIRA, 2010) que contribuem no exemplo de minimização dos problemas e das dificuldades enfrentadas pela academia com relação aos resíduos que gera em suas atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Nesse contexto, realizou-se na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP) um estudo de caso através do levantamento dos resíduos químicos gerados nesta instituição com o objetivo de elaborar medidas de minimização, tratamento e reaproveitamento que sejam viáveis economicamente, socialmente e ambientalmente. Este estudo visa otimizar a utilização de reagentes nos laboratórios, reduzindo assim, os custos da destinação final dos resíduos químicos e contribuindo na redução do impacto ambiental.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo elaborar estratégias de tratamento dos diferentes tipos de resíduos químicos gerados nos laboratórios de ensino e pesquisa da FCF/USP, enfocando ações preventivas de minimização, como redução, reuso e reciclagem.

2. 1 Objetivos Específicos

- Elaborar um inventário dos resíduos químicos gerados em maior quantidade nos laboratórios de ensino e pesquisa da FCF/USP;
- Classificar os resíduos químicos da FCF/USP;
- Avaliar os procedimentos aplicáveis para o tratamento e disposição final;
- Indicar outras possíveis formas de minimização, tratamento e reaproveitamento para os resíduos químicos;
- Verificar quais opções de tratamento para reutilização de resíduos químicos são viáveis;
- Verificar a viabilidade de tratamento de resíduos advindos de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE, em inglês: high performance liquid chromatography, HPLC), especialmente aqueles constituídos de misturas de acetonitrila e água;
- Elaborar protocolos específicos para diminuir a quantidade de resíduos químicos gerados mensalmente nos laboratórios de ensino e pesquisa da FCF/USP.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Resíduos Químicos

Os laboratórios de universidades e institutos de pesquisa contêm vários tipos de materiais perigosos, portanto os resíduos gerados nestes locais devem ser tratados cuidadosamente desde o momento de sua geração até sua disposição final. Os pesquisadores deveriam conhecer não somente a toxicidade dos produtos químicos utilizados em seus experimentos, mas também buscar maneiras de diminuir esta toxicidade para prevenir a poluição ambiental (KORENAGA et al., 1994).

Os resíduos químicos gerados em laboratórios de universidades são complexos devido a grande diversidade dos processos de geração e dos compostos que os constituem (JARDIM, 1998; GERBASE et al., 2005; CONTO, 2010).

A educação ambiental para lidar com resíduos de laboratório é uma das formas promissoras para garantir que os alunos tenham um conhecimento abrangente das tendências ambientais globais. A conscientização sobre questões ambientais e sua seriedade é relevante para toda sociedade e nenhum problema importante será resolvido nas questões ambientais globais sem um esforço educacional em longo prazo (KORENAGA et al., 1994). Os estudantes universitários de hoje serão futuros contribuintes e líderes que devem ter consciência da importância de suas ações e os impactos que elas podem trazer ao meio ambiente.

Os processos industriais geram resíduos, muitas vezes tóxicos e perigosos, não sendo possível simplesmente descartar esses materiais na natureza sem causar danos à saúde e ao meio ambiente (MILANEZ et al., 2005). Neste contexto a produção mais limpa (P+L) prioriza a prevenção, redução, reuso e reciclagem, tratamento com recuperação de materiais e energia e disposição final. Aplicam-se aos processos produtivos a conservação de matérias-primas e energia, a eliminação de matérias tóxicas e a redução da quantidade e da toxicidade dos resíduos e emissões. Por outro lado aos produtos busca-se a redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração das matérias-primas até sua disposição final (ALVES; FREITAS, 2013).

3.1.1 Classificações de produtos e resíduos químicos

A Norma Brasileira NBR 7501/2011 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT sobre transporte de produtos perigosos – Terminologia, define produtos perigosos como produtos que tenham potencial de causar dano ou apresentam risco a saúde, segurança e meio ambiente. A ABNT NBR 14725-2/2009 sobre Produtos químicos classifica as substâncias químicas e misturas químicas.

Já a classificação de resíduos sólidos segue a ABNT NBR 10004/2004 que classifica estes quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

a) Resíduos classe I – Perigosos:

Aqueles que apresentam periculosidade, que é uma característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar:

- Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;
- ou com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) Resíduos classe II - Não perigosos:

- Resíduos classe II A – Não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR

10007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme a ABNT NBR 10006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Existem sistemas de classificação e rotulagem em níveis nacional e internacional, onde são definidos padrões específicos para grupos de produtos químicos. Apesar das leis e regulamentações existentes serem similares, estas podem gerar a necessidade de múltiplos rótulos, identificações e Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs) diferentes para o mesmo produto, tanto internamente como no comércio exterior. Várias agências regulatórias dos EUA e de outros países têm requisitos diferentes para definições de perigo, bem como para as informações a serem divulgadas nos rótulos ou FISPQ. Por exemplo, um produto pode ser considerado inflamável ou tóxico por uma agência ou país, mas não por outro órgão ou país (ABIQUIM, 2005).

A ABNT NBR 10004/2004 é a principal referência nacional na classificação dos resíduos, porém não contempla especificamente a maioria das substâncias que compõem os medicamentos. Para as várias substâncias químicas que surgem (sejam defensivos agrícolas, medicamentos, ou novas composições químicas) existem referências internacionais que permitem a identificação do perigo para a saúde dos trabalhadores e para o meio ambiente, dentre as quais, destacam-se as listas publicadas pelo *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), pelo *Occupational Safety and Health* (OSHA) do *U.S. Department of Labor* e pelo *National Toxicology Program* (NTP) do *U. S. Department of Health and Human Services* (SÃO PAULO, 2008).

O documento *The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals* (GHS) - Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, também conhecido como *Purple Book*, é composto por requisitos técnicos de classificação e de comunicação de perigos, com informações explicativas sobre como aplicar o sistema. O sistema GHS trata de uma abordagem lógica e abrangente para

definição dos perigos dos produtos químicos; utilizando processos de classificação que usem os dados disponíveis sobre os produtos químicos que são comparados a critérios de perigo já definidos, e a comunicação da informação de perigo em rótulos e FISPQs.

Essa harmonização internacional dos conceitos é uma tentativa de viabilizar o desenvolvimento de programas nacionais abrangentes que garantam o uso seguro de produtos químicos em todo o mundo. Sendo que dentre os princípios diretivos do processo de harmonização, tem-se que a proteção não deve ser reduzida; deve ser baseada nas propriedades intrínsecas (perigos) dos produtos químicos; cobrindo todos os tipos de produtos químicos e o sistema deve ser facilmente compreensível (ABQUIM, 2005).

Em relação aos perigos físicos, o GHS classifica os produtos como: explosivos; gases inflamáveis; aerossóis inflamáveis; gases oxidantes; gases sob pressão; líquidos inflamáveis; sólidos inflamáveis; substâncias e misturas auto reativas; líquidos pirofóricos; sólidos pirofóricos; substâncias e misturas auto aquecíveis; substâncias e misturas que, em contato com a água, emitem gases; inflamáveis; líquidos oxidantes; sólidos oxidantes; peróxidos orgânicos e substâncias corrosivas aos metais. Em relação aos perigos à saúde categoriza-se: toxicidade aguda; corrosão/irritação da pele; danos/irritação séria nos olhos; sensibilização respiratória ou dérmica; mutagenicidade em células germinativas; carcinogenicidade; toxicidade à reprodução; toxicidade sistêmica em órgão alvo – exposição única; toxicidade sistêmica em órgão alvo – exposição múltipla; perigoso por aspiração e quanto aos perigos ao meio ambiente há o perigoso para o ambiente aquático (toxicidade aquática aguda ou toxicidade aquática crônica) (ABQUIM, 2005).

O GHS também traz uma abordagem para a classificação de misturas, sendo que geralmente, usa-se dados de testes para a mistura, se disponíveis, faz-se a comparação com os critérios de perigos de cada substância presente na mistura; usa-se os princípios de extrapolação, se aplicáveis; e estima-se os riscos baseado nas informações dos componentes conhecidos (ABQUIM, 2005), ou seja, é uma forma mais abrangente de classificar os produtos químicos quando comparado a classificação dos resíduos químicos pela ABNT NBR 10004/2004.

3.1.2 Problemática da Contaminação por Resíduos Químicos

Um resíduo químico descartado na pia, independente da quantidade, pode trazer consequências graves, como risco à saúde da pessoa ao descartá-lo, risco da reação de produtos incompatíveis, podendo causar explosão, destruição e entupimento de encanamentos e contaminação de rios, mares e solos.

Em laboratórios a manipulação inadequada de produtos químicos perigosos e equipamentos operados de forma incorreta podem causar acidentes, independente da atividade de pesquisa científica que esta sendo executada. Para trabalhar com segurança em laboratórios, é fundamental estar informado sobre as propriedades e os perigos associados à manipulação de todos os produtos utilizados. Muitos deles representam perigos múltiplos à saúde, ao ambiente de trabalho e ao meio-ambiente (SCHNEIDER; GAMBA; ALBERTINI, 2011).

A magnitude do impacto e o tempo de recuperação de um ambiente contaminado estão associados a muitos fatores como: tipo e quantidade do produto envolvido; características físicas do ambiente; comunidades biológicas incluindo suas características reprodutivas e a presença de espécies sensíveis; condições climáticas; época do ano; e o procedimento de limpeza aplicado (LOPES, 2011).

Dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT) de 2005 apontam que as substâncias perigosas matam em torno de 480 mil trabalhadores anualmente. Estima-se que 10% dos cânceres de pele são causados pela exposição às substâncias perigosas (FUNDACENTRO, 2009). As substâncias químicas participam em três fenômenos mundiais de extrema gravidade relacionados com a contaminação atmosférica: chuva ácida, diminuição da camada de ozônio e mudanças climáticas.

3.1.3 Perigos Associados

Os produtos químicos nos permite desfrutar de muitos benefícios da vida moderna. No entanto, parece que continuamente enfrenta-se um contraponto incômodo de benefícios e riscos desta “Era Química”. Um dos principais exemplos do problema são as grandes quantidades de pesticidas utilizadas na agricultura em todo o mundo que não somente controlam os parasitas, mas também liberam resíduos químicos perigosos para o meio ambiente (KORENAGA et al., 1994).

Ao serem liberadas para o meio ambiente, as substâncias químicas podem contaminar o ar, a terra e a água, afetando todos os componentes dos sistemas naturais, incluindo seres humanos. Muitas dessas substâncias liberadas persistem no meio ambiente por vários anos e se movimentam continuamente entre o ar, a água, os sedimentos, a terra e ao conjunto dos seres vivos (FUNDACENTRO, 2009).

Os compostos químicos atuam no ambiente de forma direta e indireta, ameaçando fortemente a saúde humana. O nível de perigo para os seres humanos após a entrada de substâncias químicas no ambiente depende da toxicidade do produto químico e da extensão da exposição humana. Independentemente desses fatores, o mais importante é proteger adequadamente a saúde humana, sendo, portanto necessária uma avaliação de risco mais avançada visando o controle do produto químico aplicado (KORENAGA et al., 1994).

No século XX ocorreram inúmeros acidentes ambientais com materiais químicos capazes de produzirem múltiplos danos num único evento, provocando efeitos que se estenderam para locais muito distantes de sua ocorrência (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1995). Na história mundial da indústria química e petroquímica, alguns acidentes causaram a morte de milhares de pessoas, além de impactos de grandes dimensões ao meio ambiente, conforme apresentado no Quadro 1. O despreparo e a falta de planos de emergência, certamente contribuíram para o agravamento das consequências ambientais de repercussão mundial (WHO, 2009).

O Estado do Rio de Janeiro, o qual já foi cenário de alguns acidentes químicos ampliados com grande número de óbitos imediatos, pode se constituir num exemplo do contexto brasileiro. Em 1951, um acidente com transporte de inflamáveis causou 54 óbitos. Uma explosão, em 1972, na Refinaria Duque de Caxias (Petrobrás), resultou no óbito de 38 trabalhadores. No ano de 1984, um incêndio na plataforma de produção de petróleo de Enchova (Petrobrás), na Bacia de Campos, teve como consequência 40 óbitos. Nesse mesmo ano, segundo o Sindicato dos Trabalhadores da Indústria Petroquímica do Município de Duque de Caxias, uma explosão na indústria Petroflex resultou em 17 óbitos entre trabalhadores de empreiteiras (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1995).

O rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana, Estado de Minas Gerais em 2015, causou impactos na qualidade da água. Observou-se elevações significativas nas concentrações de metais pesados, provavelmente adsorvidos aos sedimentos finos, como Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio e Níquel. Esses micro poluentes inorgânicos são pouco solúveis na água, e sua solubilidade depende do pH e do potencial de oxirredução do ambiente aquático. Alguns desses metais são comprovadamente prejudiciais à saúde humana, mesmo quando ingeridos em pequenas concentrações. Quando presentes na água podem se acumular na biota aquática e, devido à sua toxicidade, causar prejuízos aos ecossistemas aquáticos naturais. O consumo de pescado contaminado com esses metais pode resultar em problemas de saúde para a população (ENCARTE ESPECIAL SOBRE A BACIA DO RIO DOCE ROMPIMENTO DA BARRAGEM EM MARIANA/MG, 2015).

Um incidente químico é a liberação descontrolada de uma substância tóxica, resultando em (potencial) danos para saúde pública e meio ambiente. Incidentes químicos podem ter diferentes eventos iniciais (naturais ou antropogênicos) e geralmente desencadeiam uma resposta de saúde pública, incluindo, por exemplo, avaliação de exposição e risco e/ou prestação de aconselhamento às autoridades e/ou ao público (WHO, 2009).

Na indústria química a engenharia de segurança baseia-se em riscos que podem ser previstos na maioria dos processos de produção. Conforme os sistemas tornam-se mais complexos em uma rede, que é dinâmica, essas previsões dos riscos ficam mais difíceis na maioria dos casos. Essa complexidade é aumentada tanto em relação às técnicas empregadas quanto aos produtos envolvidos, pois quando tóxicos podem causar danos para os seres humanos e para o meio ambiente, e nestas circunstâncias os acidentes podem ser causados por mecanismos imprevistos (VUORIO; STOOP; JOHNSON, 2017).

Quadro 1 – Incidentes Químicos mundiais.

Ano	Local	Descrição do Incidente	Consequências
1976	Seveso, Italia	Liberação de dioxina de uma planta industrial	Sem mortes humanas imediatas 3300 mortes de animais
1984	Bopal, Índia	Vazamento de isocianato de metila	3800 mortes imediatas 15000 mortes de prematuros
1984	Cidade do México	Explosão de gás liquefeito de petróleo (GLP)	500 mortes 6400 feridos
1995	Tóquio, Japão	Liberação de arma de guerra	12 mortes 54 casos críticos Milhares afetadas
2000	Enschede, Holanda	Explosão de fabrica de fogos de artifícios	20 mortes 562 vítimas
2001	Toulouse, França	Explosão de nitrato de amônio	30 mortes 2500 perdas
2002	Galícia, Espanha	Naufrágio de Petroleiro	Vazamento de 77000 t de combustível
2002	Jabalpur, Índia	Recipientes de pesticidas como utensílios de cozinha	3 mortes 10 hospitalizados
2003	Baton Rouge, EUA	Liberação de gás cloro	Sem mortes humanas
2005	Rio Songhua, China	Liberação de poluentes após explosão	4 Mortes Milhões de pessoas sem água por dias
2005	Bohol, Filipinas	Uso de inseticida na preparação de doces	29 mortes 104 hospitalizações
2005	Hemel Hempstead, Inglaterra	Explosão de armazenamento de petróleo	43 ferimentos reportados
2006	Abidjan, Costa do Marfim	Despejo de resíduo tóxico	10 mortes Milhares de doentes
2006	Panamá	Dietilínoglicol em xarope para tosse	Pelo menos 100 mortes
2007	Angola	Brometo de Sódio usado como sal de mesa	Pelo menos 460 doentes
2008	Senegal	Chumbo de reciclagem informal	Muitas crianças com sintomas de intoxicação

Fonte: WHO (2009).

Em caso de acidente com produtos químicos, deve-se evitar a aproximação do local, manter uma distância segura para evitar a inalação de gases ou vapores, já que algumas substâncias são nocivas à saúde, mesmo em pequenas concentrações. Não ter contato com um produto químico derramado é essencial para evitar mais perigos e deve-se lembrar que certos produtos químicos podem reagir violentamente com a água. Considera-se substâncias químicas perigosas aquelas que, puras ou em mistura, possam acarretar efeitos prejudiciais aos organismos biológicos devido às suas propriedades tóxicas, corrosivas, oxidantes e radioativas, podendo estar sobre forma sólida, líquida ou gasosa (WHO, 2009).

Quando ocorre um acidente com produto perigoso as incertezas quanto aos próprios efeitos sobre a saúde e o meio ambiente podem provocar sentimentos de medo, insegurança, pânico e instabilidade social, conduzindo em alguns casos o estresse nas populações expostas (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1995).

As características físico-químicas das emissões acidentais com produtos perigosos são determinantes de sua toxicidade, vias de exposição e extensão das áreas atingidas. A forma sólida tem menor capacidade de se estender além dos limites da zona afetada. As emissões líquidas acidentais, que frequentemente ocorrem por vazamento ou derramamento, têm sua extensão determinada, entre outros fatores, pela existência de cursos d'água e barreiras naturais ou artificiais. As emissões de gases e vapores tóxicos na atmosfera apresentam maiores possibilidades de dispersão, podendo atingir grandes extensões e um número maior de pessoas, constituindo a forma predominante de exposições ambientais e ocupacionais. A gravidade e extensão dessas emissões dependem das propriedades físico-químicas, toxicológicas e eco toxicológicas das substâncias envolvidas, bem como das condições atmosféricas, geológicas e geográficas (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1995).

Os desastres químicos que aconteceram revelaram a necessidade do conhecimento da toxicidade dos compostos utilizados na indústria. Este conhecimento é essencial para a aplicação de um tratamento efetivo e rápido dos efeitos tóxicos, bem como para o tratamento de intoxicações acidentais. Afinal, um único evento com produto perigoso pode se constituir em verdadeira catástrofe, tal como ocorrido no maior acidente químico da história em Bophal, na

Índia, em 1984, em que morreram mais de 2500 pessoas (FREITAS; PORTE; GOMEZ, 1995).

O mundo com seu consumismo exacerbado, com a larga produção de resíduos, a intensa contaminação química e degradação dos ambientes, o pesado consumo de drogas e de medicamentos, a crescente sintetização dos alimentos, o estilo de vida das sociedades e suas tendências determinam a importância da toxicologia e suas áreas de aplicação (AZEVEDO, 2010).

A FISPQ fornece dados essenciais sobre os perigos de um produto químico (substâncias ou misturas) quanto à segurança, à saúde e ao meio ambiente; além de transmitir recomendações sobre medidas de proteção e ações em situação de emergência (ABNT NBR 14725-4, 2014). A FISPQ deve conter, entre outras, informações toxicológicas e ecológicas para o produto químico em questão.

3.1.4 Tratamento de Resíduos Químicos

A recuperação de produtos químicos é caracterizada principalmente por vantagens ambientais e econômicas, não somente pela redução de resíduos e diminuição de custos financeiros, mas também devido ao importante papel em questões educativas socioambientais, quando implementado em instituições acadêmicas (STEPNOWSKI et al., 2002).

Sempre que possível, existe um empenho na recuperação dos resíduos gerados por vários tipos de processos, objetivando torná-los úteis novamente. Os resíduos recuperados podem não somente ser sucessivamente reutilizados no mesmo processo em que foram gerados, como também podem se transformar em matéria prima para outros processos (AMARAL et al., 2001).

Entre os tratamentos citados por Vogel (1981), Jardim (1998), Armour (2003), Di Vitta (2004), Hirata; Hirata, Filho (2017), e também nas recomendações da CETESB (CETESB, 2007a) demonstra-se a seguir alguns tratamentos que possuem fácil aplicabilidade para tratamento *in loco* em instituições de ensino e pesquisa: congelamento, secagem, extração e adsorção, decantação, precipitação, filtração; degradação; eletrólise, destilação de solventes orgânicos, neutralização, oxidação, redução, processos oxidativos avançados, tratamento de soluções contendo íons metálicos (por exemplo, cromo, mercúrio, prata).

Cabe ressaltar que os efluentes gerados nestes tratamentos devem ser analisados pelo uso de técnicas pertinentes, a fim de certificar que os mesmos estão de acordo com o exigido em lei para que possam ser descartados em rede de esgoto ou enviados para aterros (CONAMA 430, 2011; CONAMA 357, 2005; São Paulo, 2009a; ABNT 9800, 1987).

A recuperação de solventes em escala laboratorial é viável, desde que os resíduos sejam segregados e armazenados de maneira adequada. Assim, podem-se recuperar facilmente os resíduos recolhidos quase puros. Já a recuperação dos resíduos gerados como mistura está condicionada às diferenças de pontos de ebulição dos componentes, às aparelhagens disponíveis, à formação de misturas azeotrópicas e à miscibilidade dos componentes da mistura com outro solvente ou com a variação de temperatura ou, ainda, à possibilidade da destruição de um deles por um agente químico ou biológico (DI VITTA; OLIVEIRA, 2017).

A minimização dos resíduos gerados em indústrias de grande porte decorrente da otimização de processos pode ser exemplificada com o uso de processos (incluindo equipamentos) de maior rendimento. Por outro lado, em laboratórios de ensino e pesquisa a mudança de experimentos em escalas convencionais para microescala tem sido a melhor opção, pois além de reduzir o consumo de reagentes e resíduos gerados, reduz tempo de análise e aumenta a segurança, seja por aumentar salubridade do laboratório, seja por evitar possibilidade de explosões expressivas (GIL et al., 2007).

Na indústria se justifica a necessidade de uma estação de tratamento de efluentes e resíduos, enquanto no caso dos pequenos geradores de resíduos se faz a terceirização destes serviços (KAUFMAN, 1990; GIL et al., 2007).

3.1.5 Medicamentos

Os fármacos são compostos ativos complexos desenvolvidos e usados com a intenção de promover efeitos biológicos específicos nos organismos. Uma significativa quantidade de medicamentos tem sido utilizada de maneira crescente no mundo, sendo cerca de 4.000 medicamentos empregados em 10.000 finalidades distintas. Estes compostos podem comprometer a qualidade dos

recursos hídricos, interferindo na biodiversidade e no equilíbrio de ecossistemas aquáticos (TORRES et al., 2012).

Os fármacos estão entre as substâncias mais estudadas quanto aos seus efeitos sobre a saúde humana. No entanto, a avaliação de cada medicamento, quanto aos aspectos ocupacionais e ambientais, vai muito além da abordagem convencional centrada, quase unicamente, nos aspectos terapêuticos de cada substância (SÃO PAULO, 2008).

Fármacos desenvolvidos para uso humano entram no ambiente aquático por intermédio de descarga imprópria de urina e fezes provenientes de moradias e hospitais. Esses compostos também podem ser introduzidos nos corpos hídricos por meio de carreamento pelas chuvas e inundações, além de sua remoção incompleta nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Outra via de contaminação que pode ser significativa é a eliminação de resíduos de antibióticos e hormônios usados na medicina (veterinária e humana) através dos dejetos. Muitos fármacos são encontrados em concentrações muito baixas no ambiente aquático, no entanto é bem provável que tais compostos estejam sendo bioacumulados e apresentem riscos para os ecossistemas aquáticos (ALMEIDA E WEBER, 2005; TORRES, 2014).

Muitos fármacos resistem a vários processos de tratamento convencional de água e a maioria deles não têm limites de concentração ambientais estabelecidos. Uma das razões da falta de informações para medicamentos é que a regulamentação é feita por agências de saúde, as quais não consideram as questões ambientais, já que até recentemente os fármacos não eram vistos como substâncias potencialmente tóxicas ao meio ambiente (ALMEIDA e WEBER, 2005).

Para os fármacos mais frequentemente detectados no esgoto, é de se esperar que a eficiência de remoção varie de intermediária (20 a 80%) a baixa (< 20%), dependendo da capacidade de sorção dos contaminantes e dos parâmetros operacionais aplicados aos sistemas de tratamento. Para fármacos ácidos ou básicos, a sorção depende do grau de ionização da molécula e é altamente afetada pelo pH de operação do sistema de tratamento (AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013).

Há casos graves em que os resíduos de serviço de saúde (RSS) contendo medicamentos são misturados aos RSS infectantes, que são encaminhados para o tratamento por aquecimento, que além de não contribuir para a redução do risco químico promove a liberação de gases e vapores tóxicos (SÃO PAULO, 2008).

3.2 Legislação

3.2.1 Resíduos Sólidos

A Lei N 12.305, de 2 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta Lei dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Entre as definições citadas nesta lei, tem-se:

- Resíduos Sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;
- Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;
- Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;
- Reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e, se couber, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção a Sanidade Agropecuária (Suasa).

Ao considerar a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a PNRS determina que se deve observar a seguinte ordem de prioridade: não geração,

redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A Resolução CONAMA 313 (2002) dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais e resolve que os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objeto de controle específico. Este Inventário é o conjunto de informações sobre a geração, características, armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias do país.

A Política Estadual do Meio Ambiente do Estado de São Paulo tem por objetivo garantir a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado visando assegurar, no Estado, condições ao desenvolvimento sustentável com justiça social aos interesses da seguridade social e à proteção da dignidade da vida humana (SÃO PAULO, 1997).

A Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, instituída pela Lei 12.300 de 2006 (SÃO PAULO, 2006) antecedeu a PNRS de 2010. Nesta primeira, já tem a citação da adoção do princípio do poluidor-pagador, a redução da quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos, incentivo à pesquisa, o desenvolvimento, a adoção e a divulgação de novas tecnologias de reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, inclusive de prevenção à poluição.

A reciclagem de resíduos pela indústria vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos. Há inúmeras vantagens, diretas e indiretas, com a implantação de estratégias de recuperação (AQUINO et al., 2015).

Aquino (2015) cita que as principais técnicas de tratamento de resíduos sólidos, empregadas atualmente são:

- Aterros industriais;
- Incineração em fornos de produção de cimento – este processamento exige um nível de especialização capaz de assegurar a correta identificação dos resíduos que possam ser incinerados nos fornos de cimento, as melhores condições de acumulação e pré-tratamento e o real conhecimento do processo de queima;

- Queima em incineradores de forno rotativo – este sistema possui um controle da poluição ambiental;
- Tratamento químico para neutralização e estabilização de resíduos;
- Injeção em poços profundos (*deep well*).

3.2.2 Resíduos Perigosos

O Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010 que regulamenta a Lei 12.305, cria o comitê interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Neste decreto menciona-se que o plano de gerenciamento de resíduos perigosos poderá ser inserido no plano de gerenciamento de resíduos sólidos. No artigo 7 da PNRS consta como objetivo a redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos.

A ABNT NBR 7501/2011 define resíduos perigosos como substâncias, soluções, misturas ou artigos que contêm ou estão contaminados por um ou mais produtos perigosos, para os quais não há um uso direto, mas que são transportados para fins de disposição final, reciclagem, reprocessamento, eliminação por incineração, coprocessamento ou outro método de disposição.

A Resolução CONAMA 430 (2011) que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes cita as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução CONAMA 357 (2005). A seção III desta Resolução menciona as condições e padrões para efluentes de sistemas.

De acordo com a CETESB (CETESB, 2007b), resíduos químicos resultantes de atividades de estabelecimento de prestação de serviços de saúde, podem ser: “produtos químicos impróprios para uso (vencidos ou alterados), frascos ou embalagens de reagentes, sobras de preparação de reagentes e resíduos de limpeza de equipamentos e salas. Não se enquadram nesta definição resíduos farmacêuticos (medicamentos vencidos, contaminados, interditados ou não utilizados), drogas quimioterápicas e materiais contaminados pelas mesmas”.

3.2.3 Resíduos em Instituições da Área da Saúde

Os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento, serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; unidades móveis de atendimento à saúde são regulamentadas pela Resolução CONAMA 358 (2005), que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

Esta Resolução considera os princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador, da correção na fonte e de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins do licenciamento e da fiscalização, considera também a necessidade de minimizar riscos ocupacionais nos ambientes de trabalho e proteger a saúde do trabalhador e da população em geral; a necessidade de estimular a minimização da geração de resíduos, promovendo a substituição de materiais e de processos por alternativas de menor risco, a redução na fonte e a reciclagem, dentre outras alternativas; enfocando que a segregação dos resíduos, no momento e local de sua geração, permite reduzir o volume de resíduos que necessitam de manejo diferenciado.

Os resíduos de serviço de saúde são classificados em função de suas características pela Resolução CONAMA 358 (2005), a saber:

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.

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.

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.

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

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.

A Resolução CONAMA 313 (2002) que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Industriais, considera-o como um dos instrumentos de gestão de resíduos, tendo a necessidade de se registrar mensalmente e, manter na unidade industrial os dados de geração e destino dos resíduos gerados.

Esta Resolução demonstra as informações que devem ser coletadas sobre os resíduos gerados. Primeiro, deve-se ter a descrição do resíduo e para cada tipo de resíduo gerado especificar: formas de armazenamento; formas de tratamento na indústria; formas de tratamento fora da indústria/destino. Além disso, é necessário incluir se os resíduos são doados ou comercializados pela indústria.

A CETESB, em agosto de 2007, publicou a Norma Técnica P4.262 – Gerenciamento de Resíduos Químicos provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde: procedimento (CETESB, 2007a). Nela está prevista a segregação dos resíduos na origem, no momento da geração, de acordo com a classificação e destinação final dos mesmos (Figura 1). A não realização da segregação implicará na classificação e destinação final da mistura de resíduos como resíduo químico perigoso, considerando o risco do resíduo de maior periculosidade na definição de seu gerenciamento.

Esta Norma ainda cita que o resíduo químico perigoso deve ser segregado na origem, embalado, identificado e ter a sua destinação (tratamento, aterro, reciclagem, reutilização, etc.) formalmente documentada. Os resíduos sólidos e líquidos segregados, não perigosos e passíveis de reciclagem devem ser segregados, embalados, identificados e encaminhados para reciclagem. O resíduo químico não perigoso e não reciclável no estado sólido ou semi-sólido, segregado pode ser acondicionado em saco plástico, para descarte como resíduo comum em sistemas devidamente licenciados pela CETESB.

Figura 1 – Esquema de Segregação de Resíduos Químicos

Fonte: CETESB (2007a).

Os resíduos perigosos provenientes de medicamentos, gerados pelos serviços de saúde, são classificados por regulamentos federais como parte dos resíduos de saúde do grupo B – Químicos. Dentro dessa categoria incluem-se resíduos químicos de diferentes graus de periculosidade, quantidade e as condições de geração são as mais diversas (SÃO PAULO, 2008).

A legislação aplicável estabelece que determinadas classes de resíduos de serviços de saúde demandam prévios tratamentos antes de sua disposição final, no entanto. No entanto, cerca de 25,7% dos municípios brasileiros ainda destinaram os RSS coletados sem declarar o tratamento prévio dado aos mesmos, o que contraria as normas vigentes e apresenta riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente (ABRELPE, 2016).

3.3 Gerenciamento

Jardim (2004) relatou que apesar de não existir uma legislação específica, que trate do destino final de resíduos químicos oriundos de atividades de ensino e de pesquisa, este fato não deve ser usado como pretexto para a falta de gerenciamento destes rejeitos. Neste caso, deve-se utilizar a legislação existente para as indústrias, sob a premissa de que a legislação é válida, tendo como base a natureza da atividade.

A PNRS diz que geradores de resíduos sólidos que possuam origem em serviços de saúde ou estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos; ou que gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal, devem elaborar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

O Decreto Estadual Nº 54.645, de 5 de agosto de 2009, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, define:

- Gerenciamento de Resíduos Sólidos como um conjunto de ações encadeadas e articuladas aplicadas aos processos de segregação, coleta, caracterização, classificação, manipulação, acondicionamento, transporte, armazenamento, recuperação, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos; e também define a gestão de resíduos sólidos como um conjunto de decisões estratégicas e de ações voltadas à busca de soluções para os resíduos sólidos, envolvendo políticas, instrumentos e aspectos institucionais e financeiros (SÃO PAULO, 2009b).

Devido à diversidade de composição dos resíduos químicos gerados em laboratórios de pesquisa, há necessidade de contínuos estudos relacionados ao tratamento destes, além da análise da viabilidade de retorná-los aos setores que possuam interesse no produto recuperado. É importante atualizar frequentemente o plano de gestão para evitar que esses resíduos de composição diversificada sejam dispostos inadequadamente no meio ambiente (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005).

A implementação e manutenção exitosa de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) demanda a adoção de três conceitos importantes, os quais nortearão as atividades a serem desenvolvidas no desenrolar do programa. A seguir: a) o gerenciamento de resíduos busca não só minimizar a quantidade gerada, mas também impõe um valor máximo na concentração de substâncias notadamente tóxicas no efluente final da unidade geradora; b) só se pode gerenciar aquilo que se conhece, e deste modo, é indispensável um inventário de todo o resíduo produzido na rotina da unidade geradora; c) responsabilidade objetiva na geração do resíduo, ou seja, o gerador do resíduo é o responsável pelo mesmo, cabendo a ele sua destinação final (JARDIM, 2004).

Aspecto fundamental de qualquer programa de gerenciamento de resíduo é a hierarquização das metas a serem atingidas (GIL et al., 2007). A implementação de um programa de gestão de resíduos exige antes de tudo mudança de atitudes e, por isto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazos, além de requerer alimentação contínua. Outro aspecto importante é o humano, pois o sucesso depende da participação e colaboração de todos da unidade geradora, sendo de igual importância o apoio da instituição ao implementar e sustentar o programa (GILONI-LIMA, LIMA, 2008).

O ciclo PDCA (*plan, do, check e act*), também conhecido como Ciclo Deming, foi projetado para coordenar os planos de melhoria continua categorizando ações de melhoria em um ciclo dinâmico de quatro etapas: planejar, fazer, verificar e agir (Figura 2) (BERESKIE; RODRIGUEZ; SADIQ, 2017). Este ciclo foi desenvolvido para incentivar o uso de uma pequena escala de melhorias contínuas de desempenho permitindo uma avaliação rápida das ações.

A identificação e correção de problemas incorporados nos complexos processos de trabalho da maioria das organizações nem sempre são simples e direto. Em busca da melhoria continua é interessante que ao invés de passar por uma unica direção de passos do ciclo PDCA, passe mais vezes pelas interações de estágios dentro do mesmo ciclo, quantas vezes for necessário, até que os problemas incorporados no processo possam ser resolvidos, como demonstrado pela Figura 2 que representa graficamente as possíveis interações multiplas de

vários estágios dentro de um unico ciclo PDCA (REID; KOLJONEN; BUELL, 1999).

Figura 2 – Múltiplas interações com ciclo PDCA

Fonte: adaptado de Reid, Koljonen e Buell (1999).

Este ciclo foi desenvolvido para incentivar o uso de uma pequena escala de melhorias contínuas de desempenho permitindo uma avaliação rápida das ações, passando por ele quantas vezes forem necessárias até que as metas sugeridas inicialmente sejam atingidas e que novos objetivos sejam traçados e este ciclo seja contínuo.

3.3.1 Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos

A Resolução RDC da ANVISA 306 (2004) dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS), sendo que este se constitui em um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos

gerados, um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

O gerenciamento deve abranger todas as etapas de planejamento dos recursos físicos, dos recursos materiais e da capacitação dos recursos humanos envolvidos no manejo dos RSS. Todo gerador deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, que de acordo com o capítulo III da RDC 306 da ANVISA (2004) deve ter as seguintes etapas: Manejo, segregação, acondicionamento, identificação, transporte interno, armazenamento temporário, tratamento, armazenamento externo, coleta e transporte externos e disposição final.

A Resolução CONAMA 358 (2005) considera que:

- Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de saúde – PGRSS é um documento integrante do processo de licenciamento ambiental, baseado nos princípios da não geração de resíduos e na minimização da geração de resíduos, que aponta e descreve as ações relativas ao seu manejo, no âmbito dos serviços contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, reciclagem, tratamento e disposição final, bem como a proteção à saúde pública e ao meio ambiente;
- Sistema de tratamento de resíduos de serviços de saúde: conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, físico-químicas, químicas ou biológicas dos resíduos, podendo promover a sua descaracterização, visando a minimização do risco à saúde pública, a preservação da qualidade do meio ambiente, a segurança e a saúde do trabalhador.

Na Agenda 21, entre os programas considerados importantes para o equacionamento da poluição por resíduos perigosos encontra-se: promover a minimização da geração de resíduos perigosos; promover e fortalecer a capacitação institucional para o gerenciamento de resíduos perigosos; promover e fortalecer a cooperação internacional para o gerenciamento da movimentação de resíduos perigosos entre fronteiras; e impedir o tráfico internacional ilegal de resíduos perigosos, sempre objetivando reduzir ou eliminar os riscos para a saúde pública e para o ambiente (AQUINO et al., 2015).

3.3.2 Gerenciamento de Resíduos em Instituições de Ensino Superior

Na década de 80, começaram a aparecer nos Estados Unidos a preocupação em implementar programas de gerenciamento de resíduos químicos. Surge então a preocupação em diminuir a quantidade de tambores com resíduos químicos para os aterros sanitários. Tanto pelo custo associado ao envio para aterros quanto por fatores como regulamentações que restringem o uso de aterros (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

Apesar da pequena quantidade de resíduos químicos gerados em instituições de ensino superior (IES), há substanciais benefícios em realizar o treinamento de estudantes em técnicas de gerenciamento quando estes iniciam o trabalho com produtos químicos (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

Em 1981, a Universidade de Minesota enumerou 1350 químicos e misturas de químicos que são frequentemente designados como resíduos perigosos. Em 1984 a Universidade de Illinois dispôs 27.500 kg de resíduos químicos e foi levantado que a Universidade de Wisconsin gera 36.000 kg de resíduos químicos por ano (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

Zhang et al. (2013) fizeram um levantamento em dez universidades de Pequim, China sobre o comportamento de separação de resíduos sólidos na fonte, e 95 % dos entrevistados, embora concordem que é necessário uma separação na fonte de geração de resíduos, apenas 20% deles fizeram a separação de 2 a 3 tipos de resíduos. Foi constatado que a taxa de segregação na fonte de geração pelos estudantes foi de 39%, 25% e 16% para os resíduos recicláveis, resíduos perigosos e os orgânicos (alimentos), respectivamente.

Procedimentos simples e lógicos de segregar os produtos químicos perigosos dos não perigosos e tratá-los de maneiras simples geralmente não são realizados por falta de quantidade de pessoal disponível (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

O Programa de Resíduos Perigosos da Universidade de Wisconsin, por exemplo, não aceita resíduos ácidos e básicos, pois estes devem ser neutralizados nos laboratórios e descartados nas redes de esgoto. Uma abordagem é instalar um centro de tratamento com pessoal especializado, aliviando assim a responsabilidade dos pesquisadores sobre as formas de

tratamento, além disso, evitando essa responsabilidade para pessoas não treinadas (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul publicou (AMARAL et al., 2001) um trabalho sobre a recuperação de resíduos dos laboratórios de graduação de seu Instituto de Química para reutilização, cita-se o reaproveitamento do enxofre sólido, do nitrato de prata, vermelho de metila e ácido acetilsalicílico, sendo que com essas atividades, espera-se que os profissionais formados pela instituição se empenhem em desenvolver processos que diminuam as emissões de agentes poluentes.

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro realizou-se um trabalho (AFONSO et al., 2003) com a finalidade de desenvolver rotinas de tratamento dos resíduos gerados em várias disciplinas experimentais. Como resultado estes autores obtiveram dois tipos de resíduos: a) contendo metais preciosos que foram isolados com bom rendimento e podem ser reutilizados; b) materiais que podem ser levados à incineração.

O Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) demonstrou a possibilidade de recuperar 98% de prata a partir de resíduos aquosos, sendo que esta pode ser utilizada em processos de determinação de enxofre. Além disso, também demonstrou que o gerenciamento de resíduos químicos no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP proporciona ao laboratório uma economia da ordem de R\$ 72.000,00 ao laboratório com economia de água e energia elétrica, proporcionando condições para o bom uso da química nas atividades de ensino e pesquisa (BENDASSOLLI et al., 2003a, 2003b).

O Instituto de Química da Universidade de São Paulo, IQ/USP, no fim do ano 2000 iniciou a implementação do PGRQ, iniciando-se com a contratação de um funcionário para cuidar exclusivamente do referido programa. Após várias medidas administrativas e educativas, foi possível reaproveitar cerca de 5 toneladas/ano de solventes, minimizando custos de aquisição, estocagem e disposição desses materiais (CONTO, 2010).

Muitas escolas, particularmente as pequenas, não podem suportar as despesas para a realização de tratamento dos resíduos gerados em suas instalações, como a criação de uma central de tratamento e custos com pessoal capacitado para estas funções. Nestes casos, um programa de gerenciamento de

resíduos combina as estratégias apropriadas para a redução na geração de resíduos (ASHBROOK; REINHARDT, 1985)

Os gerentes de resíduos de produtos químicos perigosos em instituições acadêmicas terão maiores benefícios com uma maior conscientização sobre a natureza do problema dos resíduos perigosos. Desenvolvendo políticas, serviços e tecnologias para lidar com os resíduos gerados (ASHBROOK; REINHARDT, 1985). Até porque cabe aos geradores de resíduos de serviços de saúde e ao responsável legal, o gerenciamento dos resíduos desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e saúde ocupacional (CONAMA 358, 2005).

A elaboração do plano de gerenciamento deve atender à Resolução CONAMA Nº 358/2005. Contendo as responsabilidades administrativa (responsabilidade do dirigente legal do estabelecimento a gestão de resíduos de serviços de saúde) e técnica (O PGRQ deverá ser elaborado por profissional de nível superior, habilitado pelo seu conselho de classe).

Jardim, 1998 reporta que um programa de gerenciamento deve sempre adotar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo é responsável pelo mesmo, e praticar sempre a seguinte hierarquia de atividades:

- Prevenção na geração de resíduos (perigosos ou não);
- Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados;
- Segregar e concentrar correntes de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora;
- Reuso interno ou externo;
- Reciclar o componente material ou energético do resíduo;
- Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento;
- Tratar e dispor o resíduo de maneira segura.

Estas atitudes podem ser facilmente traduzidas para a rotina de funcionamento da unidade geradora de várias maneiras, como exemplo, a substituição de alguns reagentes altamente impactantes e tóxicos como Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , H_2S , benzeno, formalina, que devem se evitados através da substituição deles, o que é quase sempre possível nas aulas de laboratório por simples substituição de um experimento (JARDIM, 1998).

De acordo com Gil (2007) um plano de gerenciamento de resíduos inclui as seguintes etapas: Levantamento dos Passivos e Ativos; Segregação/Identificação e Acondicionamento/Armazenamento; Avaliar riscos ambientais e ocupacionais; Avaliar incompatibilidades; Tratamento/Descarte Final; Avaliar possibilidade de Reciclagem/Reutilização; Efetuar tratamento requerido, avaliando opções disponíveis; Avaliar possibilidades de descarte (impacto x custo).

3.3.3 Gerenciamento de Resíduos Químicos na FCF/USP

A Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP), fundada em 12 de outubro de 1898, e ocupando uma área construída de 23.200 m² na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), desenvolve atividades de pesquisa, além das de ensino e extensão. Devido à importância da FCF/USP no campo da pesquisa científica, esta unidade será o objeto de estudo no que diz respeito à geração de resíduos químicos perigosos (INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS, 2007).

A FCF/USP é dividida em quatro departamentos, sendo eles: de Alimentos, de Análises Clínicas e Toxicológicas, de Farmácia e de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica. Ela é composta por setores administrativos, laboratórios de ensino e laboratórios de pesquisa distribuídos por sete unidades de blocos dentro do Conjunto das Químicas na CUASO (INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS, 2007).

Cada um destes departamentos, ao lidar com suas atividades diárias, geram resíduos de diversos tipos, tais como resíduo comum (recicláveis e orgânicos), biológicos, químicos, radioativos, entre outros. Cada tipo de resíduo deve ser tratado adequadamente, sendo segregado, acondicionado e destinado ao tratamento e/ou disposição segura e ambientalmente correta (CETESB, 2007a).

A FCF/USP tem como material de trabalho: solventes orgânicos; resíduos biológicos infectante e/ou contaminado; organismos geneticamente modificados (OGM); efluentes ácidos e básicos; equipamentos de proteção individual (EPI) contaminados; radioisótopos; compostos cancerígenos; medicamento e cosméticos (vencidos ou não); sangue e hemoderivados; metais pesados; gases inflamáveis; carcaças de animais; resíduos de alimentos; lâmpadas UV e fluorescentes; material de escritório; vidrarias limpas e contaminadas; pilha, bateria e material perfurocortante (INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS, 2007).

Os resíduos radioativos produzidos na FCF/USP ficam acondicionados em sala específica, o qual possui um funcionário treinado para cuidar deste tipo de material e entrar em contato com a comissão nacional de energia nuclear (CNEN) para a disposição final.

Os resíduos biológicos da FCF/USP são tratados conforme informa o Manual de Biossegurança (HIRATA; HIRATA; FILHO, 2017). Quando estes materiais biológicos apresentam substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, estes resíduos são tratados como resíduos químicos após neutralização do material biológico, conforme Resolução CONAMA 358 (2005).

Os resíduos biológicos são classificados, segregados, tratados, acondicionados, identificados, contabilizados e armazenados até a coleta externa. Os sacos de coleta seletiva, coleta de lâmpadas UV e fluorescentes, o transporte de resíduos biológicos e químicos são coletados por empresas terceirizadas, e que foram previamente selecionadas pela USP para este trabalho.

Os usuários geradores e professores/pesquisadores são os responsáveis pela geração, classificação, segregação, acondicionamento e identificação e dos resíduos gerados dentro dos seus respectivos laboratórios. A Comissão Interna de segurança química e biológica (CSQBio) tem a responsabilidade de gerenciar os resíduos químicos e orientar sobre seu armazenamento e descarte.

Na FCF/USP, os resíduos químicos circulam conforme o fluxograma da circulação e descarte dos resíduos (Figura 3). A identificação inicial deverá se realizada no laboratório gerador, segundo ficha de identificação de resíduos e de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 7500/2013 e com discriminação de substância química e frases de risco, sempre levando em consideração as necessidades operacionais.

Figura 3 - Fluxograma da circulação e descarte dos resíduos da FCF/USP

Fonte: Adaptado de Informações institucionais (2007).

Cada laboratório gerador da FCF/USP possui um funcionário que é responsável por identificar e destinar os resíduos químicos (RQ) para o local de estocagem temporária (sala de RQ). O armazenamento temporário deverá ocorrer pelo período de um mês no laboratório gerador, aguardando a coleta mensal pela comissão de descartes laboratoriais da FCF/USP que ocorre toda primeira quarta-feira do mês.

Foi entregue a cada funcionário que realiza o descarte mensal, um kit de EPIs (equipamentos de proteção individual) contendo óculos de segurança, avental, mascaras e luvas. Dentro de cada departamento têm-se instalados EPCs (equipamentos de proteção coletiva) como chuveiros lava-olhos, extintores de incêndio e em alguns laboratórios há também capelas de exaustão.

Para ter uma melhor organização e praticidade do trabalho, diminuindo os riscos de acidentes durante o transporte interno dos resíduos, a FCF/USP adquiriu um carrinho elétrico, conforme Figura 4. Assim, uma vez por mês os funcionários colocam seus resíduos na frente de seu bloco e outros funcionários selecionados de cada departamento realizam a locomoção dos resíduos para a sala de RQ.

Figura 4 – Carrinho elétrico para o transporte dos resíduos químicos da FCF/USP

Fonte: O autor (2018).

Além da vantagem ergonômica têm-se também os benefícios ambientais da utilização deste carrinho elétrico, como a diminuição do risco de acidentes causados durante o transporte de produtos químicos, e o fato do carrinho elétrico não emitir poluentes gasosos durante o seu funcionamento.

Há funcionários responsáveis por receber e conferir os resíduos de todos os blocos da FCF/USP e alocá-los temporariamente na sala de RQ. Assim, faz-se o levantamento da quantidade de resíduos gerados mensalmente por cada bloco e este levantamento é enviado para a CSQBio da unidade.

Atingindo a quantidade limite de estocagem dentro da sala de RQ, chama-se a empresa terceirizada que retira os frascos, caixas e bombonas para a disposição final destes resíduos.

A destinação final dos resíduos químicos é de responsabilidade da CSQBio que dará o encaminhamento necessário de acordo com cada classe de resíduo gerado. Esta comissão deverá manter registros dos Manifestos para Transporte de Resíduo Perigoso, bem como o Certificado de Destinação destes RQ.

A FCF/USP possui a responsabilidade de formar profissionais em nível de excelência e tem o interesse em instigar seus alunos de graduação e pós-graduação a exercerem suas atividades profissionais, considerando o meio ambiente que os cerca, e fazendo seus experimentos e atividades de uma maneira mais consciente e sustentável. A FCF/USP, por ser uma instituição de ensino e pesquisa na área da saúde, tem a Resolução CONAMA 358 (2005), a RDC 306 (2004) e a Norma Técnica P4.262 (2007) para direcionar o tratamento e disposição final de seus resíduos perigosos.

Além disso, a FCF/USP vem implantando a série ISO 14.001, que especifica os requisitos de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e permite a uma organização desenvolver e praticar políticas e metas ambientalmente sustentáveis. Essas normas impulsionam a prevenção de processos de contaminações ambientais, pois orientam a organização quanto a sua estrutura, forma de operação e de levantamento, armazenamento, recuperação e disponibilidade de dados e resultados (GIL et al., 2007).

Desde o início do século XXI, a FCF/USP tem levado aos laboratórios de ensino e pesquisa formas de realizar o descarte de resíduos químicos específicos. Porém, nos últimos anos, com a rotatividade frequente de alunos e projetos de pesquisa, novos resíduos estão sendo gerados e verifica-se a necessidade de acompanhamento com atualização constante destas informações, por isso o interesse em manter um plano de gerenciamento de resíduos químicos para esta unidade.

3.4 Acetonitrila

A acetonitrila (CH_3CN ; M.M. $41,05 \text{ g.mol}^{-1}$; 1atm; $81,6^\circ\text{C}$) é produzida industrialmente pela desidratação da acetamida ou pela reação entre acetileno e amônia (WINDHOLZ et al., 1983; NETO et al., 2009). Representa um subproduto na produção da acrilonitrila, monômero de síntese da poliacrilonitrila, que é utilizada na fabricação de fibras têxteis acrílicas (WANG et al., 2008a). É utilizada quando se necessita de um solvente orgânico com grande constante dielétrica, em meios reacionais que requerem ionização, ou como solvente em titulações não aquosas (WINDHOLZ et al., 1983; NETO et al., 2009).

A acetonitrila (ACN) é um líquido incolor à temperatura ambiente, de fórmula química CH_3CN , amplamente utilizado como solvente em várias áreas da química e suas múltiplas aplicações. ACN é um bom solvente, tendo um poder de dissolução razoavelmente bom, mas com ponto de ebulição relativamente baixo. Misturas contendo ACN-água, nas mais diversas proporções, são amplamente utilizadas em química analítica, em especial nos métodos de separação, principalmente em cromatografia líquida em escalas analítica e preparativa (LANÇAS, 2009). Acetonitrila contém em sua molécula cianeto que quando incinerada gera gás cianídrico, que é altamente tóxico (letal) por isso analisar formas de recuperação deste composto ao invés de leva-lo diretamente a incineração torna-se interessante.

A ACN semelhantemente a outros solventes orgânicos miscíveis com água, por exemplo, etanol, propanol, isopropanol etc., forma uma mistura de ebulição constante (ou azeótropo) com água, que impede a produção de ACN puro apenas por métodos de destilação simples. O azeótropo ACN-água (86% ACN e 14% de água) ferve a 76°C . Para obter ACN com uma pureza de $> 86\%$, deve ser utilizada destilação azeotrópica ou extrativa (WANG et al., 2008a).

A acetonitrila é um solvente utilizado em sínteses orgânicas, purificações de reagentes orgânicos e pode-se usar a acetonitrila comercial sem purificação. Entre os ensaios para determinação do grau de pureza da ACN temos os métodos de curva de ponto de congelamento, ponto de ebulição, densidade, índice de refração e densidade (MORITA; ASSUMPÇÃO, 2007).

3.4.1 Formas de Tratamento visando à recuperação da Acetonitrila

O processo de destilação convencional não é viável para a obtenção de acetonitrila pura devido a baixa força motriz existente para essa separação (ACOSTA-ESQUIJAROSA et al., 2006). Na literatura há diferentes métodos não convencionais para recuperar a acetonitrila de uma solução, como o método combinado de solventes para extração seguida de destilação por batelada (ACOSTA-ESQUIJAROSA et al., 2006; SAZONOVA; RAEVA, 2015) separação por membrana (KHAYET; COJOCARU; ZAKRZEWSKA-TRZNADEL, 2008), separação de fase por congelamento (TAKAMUKU et al., 2007), utilização de agentes separadores de fase para separação líquido-líquido (WANG et al., 2008a, 2008b; DHAMOLE; MAHAJAN; FENG, 2010a; VALENTE; GONÇALVES; RODRIGUES, 2013; ZHANG et al., 2013).

No trabalho de Gu et al. (1994) há demonstração da retirada de 80% de acetonitrila de uma mistura inicial de ACN-água após separação de fases por congelamento. Este fenômeno de separação de fases é uma ferramenta útil para a remoção da ACN tanto para a recuperação do solvente, quanto para a recuperação de proteínas de interesse após a separação por HPLC. Este processo requer baixa energia, porque apenas o resfriamento da solução é necessário, e um freezer convencional pode conduzir este processo.

No Instituto de Química (IQ/USP), por exemplo, entre os principais resíduos gerados em 2002 tem-se a mistura de solventes de HPLC, contendo acetonitrila, metanol e isopropanol, correspondendo a 2400 Kg. Os solventes coletados quase puros podem ser destilados sem pré-tratamento. A ACN pode ser recuperada após o tratamento da mistura acetonitrila-água por congelamento, seguido de decantação, destilação do azeótropo, secagem com CaCl_2 e nova destilação (DIVITTA et al., 2006).

A técnica de *salting-out* consiste basicamente da adição de um eletrólito (ou mistura de eletrólitos) em uma solução aquosa permitindo o enfraquecimento ou ruptura das forças de solvatação entre os solutos orgânicos ou inorgânicos e o solvente (VALENTE; GONÇALVES; RODRIGUES, 2013). Esta técnica é largamente aplicada para a extração de um analito de uma solução (GU; SHIH, 2004) e também tem sido empregada para a separação de solventes orgânicos

miscíveis em água, como a acetonitrila (VALENTE; GONÇALVES; RODRIGUES, 2013).

A técnica de *salting-out* apresenta algumas limitações como a necessidade da utilização de altas concentrações de sal que induz reações químicas indesejadas, corrosões em equipamentos e dificuldades na separação de componentes biológicos instáveis. Como alternativa a esta tradicional extração de líquido-líquido surgiu a técnica de *sugar-out* que utiliza a adição de mono ou dissacarídeos para a formação de um sistema de duas fases em soluções miscíveis (WANG et al., 2008a).

Neste trabalho utilizou-se como matriz de estudo uma mistura binária de solventes, resíduo de cromatografia líquida, produzida nos laboratórios de pesquisa da FCF/USP. O objetivo foi recuperar a acetonitrila de uma mistura de ACN-água de forma a recuperá-la mais pura possível. Para realizar esta análise, utilizou-se a combinação de técnicas como destilação fracionada com agentes separadores de fase, para testar as técnicas de *salting-out* e *sugar-out*, avaliando assim, qual destas técnicas se torna a mais viável a ser utilizada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos na FCF/USP

Utilizou-se a pesquisa exploratória descritiva, desenvolvida como estudo de caso na FCF/USP. Para isso fez-se a coleta de dados no período de dois anos e oito meses (janeiro de 2014 a agosto de 2016) para a elaboração de um inventário, o qual forneceu as informações utilizadas para as análises dos resíduos químicos gerados na FCF/USP. Para elaboração do inventário, foram coletadas as informações contidas na planilha enviada por cada departamento após a realização do descarte mensal da faculdade.

A Figura 5 demonstra as etapas utilizadas para realizar o desenvolvimento deste estudo, sendo que os resíduos químicos gerados por cada laboratório da FCF/USP classificados, quantificados e avaliados quanto às possibilidades de tratamento, considerando os fatores econômicos e ambientais.

Figura 5 – Esquema geral das etapas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa

Fonte: O autor (2018).

Na FCF/USP, utilizou-se o termo “ativo químico”, para substâncias químicas que estão em uso, e “passivo químico”, para classificar as substâncias que não estão sendo utilizadas, seja por motivo de desuso, vencimento ou contaminação.

4.1.1 Elaboração do Inventário de Resíduos Químicos

A coleta de dados sobre os resíduos gerados por cada laboratório da unidade FCF/USP foi realizada através das informações enviadas pelos responsáveis pelo descarte químico para a CSQBio da FCF/USP. Em particular, o banco de dados possui informações como: identificação do laboratório de pesquisa, proporção e quantidade de cada tipo de resíduo gerado mensalmente. Com estas informações fez-se a compilação dos resíduos semelhantes, com o cuidado de manter a informação do laboratório gerador para dar rastreabilidade ao sistema. Posteriormente adicionou-se a classificação de rotulagem do GHS contida na FISPQ de cada componente do resíduo químico e por fim fez-se o agrupamento dos resíduos por similaridades de compatibilidade, gerando as classes de resíduos químicos da FCF/USP.

4.1.2 Caracterização e quantificação dos resíduos químicos da FCF/USP

Os resíduos químicos gerados na FCF/USP foram agrupados de acordo com critérios de compatibilidade de resíduos perigosos (Anexo A) e quantificados de acordo com o mês que foi descartado. A Tabela 1 mostra as sete classes de resíduos químicos que foram estabelecidas para a FCF/USP e as características utilizadas para a elaboração de cada uma delas.

Tabela 1 - Classe de resíduos químicos gerados pela FCF/USP.

Classes de Resíduos Químicos da FCF/USP	Características principais
Solventes orgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Solventes orgânicos líquidos (puros ou mistura) sem presença de halogênios; • Sendo mistura, a proporção de solventes orgânicos deve ser a maior.
Solventes clorados	<ul style="list-style-type: none"> • Composto químico que possua algum átomo de cloro em sua composição; • Pode ser substância pura ou mistura.
Corrosivos	<ul style="list-style-type: none"> • Possua a característica de corrosividade; seja álcali ou ácido.
Sais Inorgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Líquidos ou sólidos contendo sais inorgânicos; • Sendo mistura, a proporção de sais inorgânicos deve ser a maior.
Sais Orgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Líquidos ou sólidos contendo sais orgânicos; • Sendo mistura, a proporção de sais orgânicos deve ser a maior.
Outros	<ul style="list-style-type: none"> • Substâncias ou misturas que não se enquadrem em nenhuma das classes anteriores, exemplos: formulações, comprimidos, cremes, entre outros.
Sem ID*	<ul style="list-style-type: none"> • Frascos sem identificação.

Nota: *sem identificação.

Fonte: O autor (2018).

4.1.3 Possibilidades de Tratamento

A partir do agrupamento dos resíduos por compatibilidade química, verificou-se a complexidade dos compostos químicos descartados, assim como a possibilidade de recuperação de algum destes compostos presentes no conteúdo descartado.

Os resíduos foram considerados passíveis de tratamento quando considerados puros, ou seja, sem toxicidade severa, com facilidade de recuperação de algum componente quando misturado com outras substâncias (utilizando técnicas de precipitação, filtração ou destilação, como exemplo) ou

quando o tratamento para descarte em rede de esgoto doméstico era identificado, como no caso de neutralização de sais e/ou tratamentos químicos seguidos por confirmação de destruição dos componentes tóxicos.

4.1.4 Viabilidade de Tratamento

Para o estudo de viabilidade do tratamento químico, fez-se a separação dos resíduos que poderiam ser tratados daqueles que não apresentavam viabilidade para tratamento, já que este último fora enviado diretamente para uma empresa responsável pela disposição final (aterro, coprocessamento ou incineração).

4.1.5 Disposição Final

Os resíduos da FCF/USP foram enviados, em última etapa, para uma empresa terceirizada que executa a disposição final dos resíduos. Esta empresa fornece um manifesto para transporte de resíduo perigoso (MTR) cada vez que são retirados da unidade os resíduos químicos. Este documento possui informações sobre a descrição dos resíduos, o estado físico deles, código de classificação conforme Resolução CONAMA 313 (2002), quantidade total, unidade (massa) e o código ONU do resíduo. Através do contrato estabelecido com a empresa contratada pelo período de estudo deste projeto, verifica-se que há um custo para a FCF/USP de R\$ 8,00 (oito reais) por cada quilograma de resíduos enviado para realização da disposição final ambientalmente correta.

4.2 Testes de Recuperação da Acetonitrila

4.2.1 Reagentes e Soluções

A mistura de partida para todos os testes foi preparada utilizando acetonitrila comercial grau HPLC (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha), e água ultrapura (resistividade de 18,5 MΩ cm) obtida de um sistema de purificação Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). Como agente separador de fase (ASF), utilizou-se a sacarose (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha) e o cloreto de cálcio (Nuclear, São Paulo, Brasil.).

4.2.2 Equipamentos

Utilizou-se balança semi-analítica para a pesagem dos frascos antes e após o processo de destilação, para que através de diferença de peso, fosse realizado o cálculo da quantidade recuperada. Para tanto, utilizou-se o sistema de destilação fracionada convencional. A análise de índice de refração foi realizada em um refratômetro digital ATR-BR, Schmidt Haensch (Berlim, Alemanha) utilizando uma curva variando a proporção (0 a 100 %) de acetonitrila. A determinação do teor de água foi realizada pela técnica colométrica de Karl Fischer, onde o iodo é gerado por oxidação eletroquímica na célula. Para esta análise utilizou-se o equipamento 899 Colometer da Metrohm (Herisau, Suíça). Para os cálculos de porcentagem de ACN utilizou-se o *Minitab 17 Statistical Software*.

4.2.3 Recuperação da Acetonitrila

Para a mistura ACN-água avaliou-se as possibilidades de recuperação da ACN pelos métodos de destilação, destilação combinada com *salting-out* e destilação combinada por *sugar-out*, adaptando-se as metodologias desenvolvidas por vários pesquisadores (STEPNOWSKI et al., 2002; STRUBE; GÄRTNER; SCHULTE, 2002; GU; SHIH, 2004; ACOSTA-ESQUIJAROSA et al., 2006; DI VITTA et al., 2006; MACHADO; MÓL, 2008; WANG et al., 2008a; DHAMOLE; MAHAJAN; FENG, 2010a, 2010b).

A partir da solução de ACN-água (60:40) com volume total de 3 L, fez-se três modelos diferentes de recuperação (Teste 1, 2 e 3), sendo que para cada modelo testou-se os agentes separadores de fase: cloreto de cálcio (A) e a

sacarose (B). Em particular, utilizou-se o volume inicial de 300 mL da solução mistura de ACN-água (60:40). Cada frasco foi identificado como 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B.

Os frascos 1A, 1B, 2A e 2B foram acondicionados em freezer -20°C e permaneceram por 48 horas. Após o período de congelamento, verteu-se para um novo frasco a porção orgânica (que não estava congelada) e deixou-se a porção aquosa chegar à temperatura ambiente (ZHANG et al., 2013).

Para os testes 1A e 1B, após a separação de fase, realizou-se a destilação da porção orgânica. Com a porção orgânica recuperada para cada frasco fez-se a adição de seu respectivo agente separador de fase (ASF), esperou-se a precipitação do sólido, sendo que posteriormente realizou-se a filtração, separação das fases, seguida de nova destilação da porção orgânica, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Etapas realizadas para os testes 1A e 1B, tendo como diferença a mudança do agente separador de Fases

Fonte: O autor (2018).

Nas Figuras 7 e 8 observou-se que após a separação de fases pós-

congelamento, na porção aquosa do frasco 2A adicionou-se o ASF cloreto de cálcio (CaCl_2) e na porção aquosa do frasco 2B fez-se a adição de sacarose. O mesmo procedimento foi realizado nas porções orgânicas dos frascos 2A e 2B, utilizando seus respectivos ASF. Após agitação dos frascos, esperou-se que o sólido precipitasse, realizou-se a filtração e posterior separação de fase em funil de separação. As fases orgânicas recuperadas após adição de ASF de 2A aquoso + 2A orgânico foram misturadas e levadas para a destilação. As fases orgânicas recuperadas após adição de ASF de 2A aquoso + 2A orgânico foram misturadas e levadas para a destilação.

Figura 7 – Etapas realizadas para o teste 2A

Fonte: O autor (2018).

A mesma junção das fases orgânicas foi realizada para as porções de 2B aquoso e 2B orgânico (Figura 8) após a etapa de adição do ASF. Após a destilação, fez-se nova adição de ASF para a fase orgânica recuperada e adicionou-se em cada uma seu respectivo ASF. Após esse processo, esperou-se a precipitação do sólido, seguida de filtração, separação das fases e nova destilação da porção orgânica.

Figura 8 – Etapas realizadas para o teste 2B

Fonte: O autor (2018).

Nos frascos identificados como 3A e 3B para a separação de fases inicial, utilizou-se a adição dos respectivos ASF, ao invés do congelamento. Após a separação de fases visualmente, fez-se a filtração e em seguida a recuperação da porção orgânica através de funil de separação. As porções orgânicas foram destiladas. Com as porções orgânicas destiladas, realizaram-se novamente os processos de: adição de ASF, espera do equilíbrio para precipitação, filtração, separação de fases e destilação da porção orgânica recuperada, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Etapas realizadas para os testes 3A e 3B, tendo como diferença a mudança do agente separador de Fases

Fonte: O autor (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PGRQ

5.1.1 Análise preliminar a criação do Inventário de RQ da FCF/USP

Para iniciar o estudo com o banco de dados, separaram-se os resíduos enviados como passivos e as vidrarias limpas. Os passivos químicos foram desconsiderados para as análises posteriores, devido à esporadicidade com que estes são descartados. Notou-se que após um gerenciamento adequado estes resíduos apresentavam alta probabilidade de serem reaproveitados por outros laboratórios que possuam interesse. Na Tabela 2, encontram-se as quantidades descartadas dos resíduos que foram desconsideradas.

Tabela 2 - Quantidade em kg de resíduos químicos enviados como passivos e vidrarias limpas descartadas por ano.

Ano	Passivos (kg)	Vidraria limpas (kg)
2014	31,8	433
2015	44,8	355
2016*	15,1	251

Nota: *dados coletados até o mês de agosto.

Fonte: O autor (2018).

A quantidade de passivos descartada anualmente dependerá de quantos reagentes químicos estarão em desuso nos laboratórios e se estes são de interesse de algum outro laboratório. Não havendo interesse nos passivos, os mesmos seguem para o descarte. Desta forma, a tendência é que com um gerenciamento adequado dos produtos químicos da FCF/USP as quantidades de passivos venham a diminuir com o tempo. Korenaga et al. (1994) reportam que o uso efetivo dos reagentes químicos dentro de um laboratório é crucial no gerenciamento de químicos, sendo que o estabelecimento de um sistema de controle de inventário em cada laboratório é muito importante.

Além disso, a segregação dos resíduos na fonte e no momento da geração pela FCF/USP, de acordo com suas características, para fins de redução do volume dos resíduos a serem tratados e dispostos, está regulamentado em lei pela CONAMA 358 (2005).

A destinação adequada das vidrarias durante o período de 2 anos e oito meses para a empresa recicladora contratada pela FCF/USP gerou uma

economia de aproximadamente R\$ 8.312,00 para a unidade, o que foi promissor, já que outras melhorias podem ser realizadas de forma simples, sem comprometer grandes esforços para os funcionários e alunos envolvidos com o descarte de químicos, gerando benefícios, tanto econômicos como também ambientais. Essa economia é justificada pelo fato de que anteriormente as vidrarias eram enviadas para empresa terceiriza realizar a incineração, ao invés de reciclá-las. Cabe salientar que as vidrarias enviadas para a reciclagem são apenas as que estão livres de produtos/resíduos químicos ou infectantes, ou seja, são consideradas vidrarias limpas.

Além do benefício econômico para a unidade, deve-se considerar também os benefícios ambientais, pois uma menor geração deste resíduo reduz os custos de coleta urbana, e aumenta a vida útil dos aterros sanitários. O vidro é reciclável, pois é feito de minerais como, areia, barrilha, calcário e feldspato.

A FCF/USP ainda não possui um sistema de gerenciamento dos passivos químicos gerados pela Unidade, mas após organizar as informações dos passivos pode-se criar um banco de informações para que antes de realizar novas aquisições, esse banco seja consultado e o interessado verifique se o reagente em questão pode servir para sua finalidade de interesse antes de adquirir um novo. Esta etapa corrobora com os estudos de Jardim (1998), Amaral (2001), Alberguini, Silva e Rezende (2003), Bendassolli et al. (2003b), Gerbase et al. (2005), Tavares e Bendassolli (2005), Vaz et al. (2010) em que há informações das Instituições de Ensino Superior que demonstram preocupação com o gerenciamento de resíduos, principalmente nas áreas químicas.

Uma das formas de se reduzir a geração de resíduos perigosos é diminuir a compra e a quantidade de produtos químicos utilizados e substituí-los por menos perigosos (ASHBROOK; REINHARDT, 1985). Resultados mais promissores serão alcançados se esta análise de diminuição da quantidade ou substituição do produto for realizada por profissionais que estejam envolvidos diretamente com essas atividades, devido à familiaridade com as quantidades necessárias e com as propriedades dos produtos químicos utilizados. Esses esforços não trazem benefícios apenas relacionados a diminuição de custo com a disposição dos resíduos, mas também a saúde e segurança de quem os manipula.

5.1.2 Elaboração do Inventário de Resíduos Químicos da FCF/USP

Com o banco de dados compilado, fez-se a separação dos resíduos que eram passíveis de tratamento ou recuperação daqueles não tratáveis, conforme demonstrado pela Figura 10.

Observou-se que no período do estudo, a FCF/USP poderia ter tratado 26%, em média, dos resíduos químicos gerados em seus laboratórios. Os resíduos considerados não tratáveis foram aqueles que tinham as seguintes características: misturas complexas contendo proporções desconhecidas; resíduos sólidos contaminados com químicos ou compostos químicos de alta toxicidade para serem manipulados.

Figura 10 - Quantidade de resíduos tratáveis (■) e não tratáveis (■)

Fonte: O autor (2018).

Apesar de demonstrado na Figura 10 que a quantidade de resíduos químicos, sem possibilidade de tratamento na FCF/USP gerados a cada ano, ser maior do que a quantidade de resíduos que podem ser tratados, isto não deve ser motivo para não buscar possibilidades de melhorias. Considerando que os recursos naturais se encontram cada vez mais escassos, deve-se levar em consideração que pequenas atitudes, por menor impacto ambiental que transpareça, serve como medidas mitigatórias para danos irreversíveis ao meio ambiente.

Após agrupar os resíduos químicos de acordo com as classes estabelecidas para a FCF/USP obteve-se as quantidades de cada classe em relação à quantidade total gerada por ano. Em particular, a classe de resíduos gerada em maior quantidade o período do estudo foi a de solventes orgânicos (49%), como demonstrado pela Figura 11. Os resíduos denominados como “outros”, são aqueles que não possuem nenhuma das características físico-químicas das citadas anteriormente.

Para a classificação química dos resíduos descartados pela FCF/USP preferiu-se utilizar as informações do GHS, contidas nas FISPQ de cada componente dos resíduos, por ser um sistema de classificação mais abrangente, atual e mais específico em relação as propriedades citadas na norma ABNT NBR 10004/2004 (inflamabilidade, corrosividade, toxicidade e patogenicidade).

Figura 11 - Quantidade (%) de resíduos químicos em relação ao total gerado por ano

Legenda: Ano 2014 (■); ano 2015 (□) e ano 2016 (■) separados por classes de compatibilidade e similaridade por ano de geração. Sem ID = sem identificação. Dados de 2016 são referentes ao período de janeiro a agosto.

Fonte: O autor (2018).

Os resíduos considerados sem identificação foram aqueles em que não houve uma rotulagem correta, tanto por falha do manipulador em colocar o rótulo no resíduo como pelo fato dos frascos possuírem rótulo danificado, identificação ilegível ou nenhum rótulo. Estes resíduos são um problema tanto para o laboratório que o gerou como para as pessoas envolvidas com o procedimento de

descarte, pois se deve ter cuidado redobrado ao manipulá-los e acondicioná-los. A implantação de um sistema rotineiro de controle de produtos químicos adquiridos e dos resíduos gerados no próprio laboratório, conforme citado por Afonso et al. (2005) aliado ao treinamento e cursos das pessoas envolvidas com a manipulação destes produtos químicos auxiliarão na redução de geração desses resíduos sem identificação.

Com os resíduos classificados de acordo com as características supracitadas, fez-se a segregação dos que poderiam receber um tratamento, daqueles inviáveis para tal (Figura 12). A avaliação dos resíduos químicos foi realizada no período de dois anos e oito meses com uma amostragem de aproximadamente 11.200 L (onze mil e duzentos litros) em que se verificou que 14,4% deles poderiam ser recuperados por destilação, 9,6 % tratados por neutralização e/ou secagem da porção aquosa e 1,8% necessitavam de tratamento mais específico, como o tratamento de mercúrio, corantes e resíduo com chumbo.

Figura 12 - Quantidade (%) de resíduos químicos tratáveis (■) e não tratáveis (■) separados por classes de compatibilidade e similaridade, considerando a possibilidade de tratamento ou não

Legenda: Sem ID = sem identificação.

Fonte: O autor (2018).

As classes de resíduos químicos que apresentaram maior possibilidade para tratamento foram as de solventes orgânicos, seguido pelos corrosivos e sais

inorgânicos. Este fato pode ser explicado devido à grande quantidade de solventes orgânicos provenientes de análises de cromatografia líquida, além da utilização frequente de soluções aquosas de álcalis e ácidos, tanto em laboratórios de pesquisa quanto nos de ensino. Considerando as formas de tratamento para estas classes de resíduos tem-se que para os corrosivos, o conhecimento das substâncias constituintes da solução e posterior neutralização proporcionará o tratamento destes. Com a intenção de implementar a neutralização das soluções álcalis e ácidas dentro dos laboratórios geradores, fez-se um protocolo geral (Apêndice A) que deve ser utilizado como base para criar um protocolo específico para cada laboratório gerador.

Esse protocolo visa auxiliar os estagiários, pesquisadores e funcionários, uma vez que estes possuem formação diversificada dentro da FCF/USP e não, necessariamente, possuem conhecimento prévio sobre neutralização de soluções ácido e base.

Para as soluções de sais inorgânicos tem-se a possibilidade de recuperar sais de interesse ou deixar a solução aquosa secar naturalmente e o “lodo” que sobrar poderá ser enviado para a disposição final. Estas duas formas de tratamento são facilmente aplicáveis, sem trazer geração de custo e reduzindo os gastos com volume total pago para dar destino final ambientalmente correto a estas soluções.

Nas indústrias e em muitos outros tipos de laboratórios, diferentes dos de ensino e pesquisa, o pessoal envolvido nas rotinas geradoras de resíduos perigosos são, em geral, profissionais treinados para isso, enquanto nas universidades são os estudantes e os pesquisadores em formação que, normalmente, geram e manipulam os resíduos perigosos em caráter transiente e sem o devido treinamento para o exercício deste tipo de atividade (CONTO, 2010).

Para o tratamento ou recuperação dos resíduos de solventes orgânicos deve-se realizar uma análise mais criteriosa das viabilidades técnicas, econômicas e ambientais, pois a grande maioria dos resíduos orgânicos gerados estão em forma de mistura com alto grau de dificuldade para separação de seus componentes.

Vários resíduos de solventes são recuperados no Setor Técnico de Tratamento de Resíduos Químicos e Solventes do Instituto de Química da USP

(IQUSP). Dentre estes, encontram-se os constituídos principalmente de acetato de etila, acetona, acetonitrila, benzeno, ciclohexano, clorofórmio, diclorometano, etanol, éter etílico, hexanos, isopropanol, metanol, tetracloreto de carbono e tolueno (CONTO, 2010). Estes solventes quando recolhidos quase puros, podem ser destilados sem tratamento prévio e em alguns casos, seguida de secagem.

Os tratamentos internos proporcionam uma menor demanda de resíduos para a disposição final que é o esperado com o passar do tempo, já que os recursos para alocar resíduos em aterros estão cada vez mais escassos.

No Brasil em 2016, 1,8 % dos resíduos de serviços de saúde foram tratados por micro-ondas, 22,3% por autoclavação, 25,7% foram destinados como outros (destinação sem tratamento prévio para aterros, valas sépticas, lixões, etc.) e 50,2 % dos resíduos de serviços de saúde foram incinerados (ABRELPE, 2016). Estes dados servem para lembrar que, apesar de existir legislações vigentes no Brasil, ainda há instituições que não tratam seus resíduos perigosos e não se sabe os danos que estas ações podem causar no decorrer dos anos. Além disso, a maioria dos RSS, ainda são tratados por incineração.

Martins et al. (2017) reportam que apesar da incineração, a melhor alternativa para as instituições de ensino e pesquisa ainda é a recuperação de solventes por elas gerados. Assim, decidiu-se testar a recuperação da acetonitrila, devido sua utilização constante em laboratórios de análises e alto valor agregado nos últimos anos.

Com o intuito de manter o PGRQ dentro de uma unidade, é interessante uma ampla divulgação dos resultados obtidos na gestão de resíduos tanto na própria unidade geradora como externa a ela, para que a adesão seja mais fácil e o programa seja permanente, facilitando assim, a manutenção do ciclo PDCA (LEITE; ALCANTARA; AFONSO, 2008).

5.1.3 Redução do custo na FCF/USP proporcionado pelo tratamento de resíduos

A partir do levantamento dos resíduos gerados pela FCF/USP durante dois anos e oito meses foi simulado um cálculo de quanto poderia economizar se esses resíduos passíveis de tratamento (26% do total gerado) fossem tratados antes de enviar para uma disposição final.

A FCF/USP paga um valor médio de R\$ 8,00 por kg de resíduo descartado

para empresa terceirizada responsável pela destinação final dos resíduos. Notou-se que se 100% do resíduo químico com possibilidade de tratamento, fosse tratado haveria uma economia de aproximadamente R\$ 23.400,00 no período de coleta de dados, ou seja, economia de pouco mais de R\$9.000,00 por ano de estudo, conforme demonstrado na Tabela 3.

Considerando a viabilidade técnica para o tratamento dos resíduos gerados pela FCF/USP, a classe com maior possibilidade de sucesso para diminuir, em curto prazo, o envio de descartes é a de corrosivos, que representam uma economia de R\$ 6.238,13 (Tabela 3) para a unidade se tratados dentro dos laboratórios geradores, não ocasionando dificuldades técnicas para a pessoa que utilizasse a técnica de neutralização.

Tabela 3 - Valores gastos para realizar a disposição final ambientalmente correta dos resíduos químicos com possibilidade de tratamento.

Classe	Gasto (R\$) 2014	Gasto (R\$) 2015	Gasto (R\$) 2016*	Total gasto (R\$)
Solventes orgânicos	5.544,80	1.447,91	5.985,90	12.978,61
Solventes clorados	93,94	66,17	738,80	898,91
Corrosivos	4.320,16	1.286,05	631,92	6.238,13
Sais inorgânicos	1.343,35	829,45	247,48	2.420,28
Sais orgânicos	70,80	48,00	-	118,80
Outros	488,60	96,48	168,40	753,48
Total	11.861,65	3.774,05	7.772,51	23.408,21

Nota: *dados coletados de janeiro até agosto de 2016. Fonte: Autora.

Conforme citado por Alberguini, Silva e Rezende (2003) o sucesso do gerenciamento dos resíduos químicos depende da responsabilidade e da atitude ética e consciente das pessoas envolvidas com o descarte de resíduos químicos, sendo no caso de Instituições de Ensino e Pesquisa (IEP), professores, funcionários e alunos envolvidos. De fato, se deve ter consciência sobre o ciclo de vida de cada produto a ser utilizado desde o momento da aquisição, no preparo

experimental até a etapa final que deve ser avaliada se será tratamento com recuperação e reaproveitamento ou envio para incineração, compostagem ou aterro.

Ashbrook e Reinhardt (1985) acreditam que a autossuficiência é a resposta para a maioria dos geradores de produtos químicos acadêmicos, em termos de gestão de materiais perigosos, como redução, reciclagem e tratamento em escala laboratorial dos resíduos. Para isso, espera-se que os resíduos químicos gerados pela FCF/USP, sejam tratados e recuperados resultando na mínima disposição final possível.

Espera-se ainda que como sugerido pelos trabalhos de Gil et al, (2007) e Tabash et al, (2016) haja a inclusão de disciplinas voltadas a educação ambiental no currículo de cursos de graduação e pós-graduação das Instituições de Ensino Superior que manipulam produtos perigosos, com a intenção de aumentar a segurança e conscientização dos profissionais envolvidos.

5.2 Testes de Recuperação da acetonitrila

Após a elaboração do banco de dados dos resíduos gerados pela FCF/USP percebeu-se que os solventes orgânicos provenientes da técnica de HPLC foram os gerados em maior quantidade entre os resíduos orgânicos. Sendo assim, escolheu-se trabalhar com a recuperação da acetonitrila devido a sua utilização frequente e alto custo com a variação do valor de petróleo.

Elaborou-se um questionário (Apêndice B) para se ter conhecimento do interesse na reutilização da acetonitrila recuperada pelos laboratórios da FCF/USP. Dos 73 laboratórios da FCF/USP, apenas 93% deles responderam ao questionário. Destes, 34% produzem resíduos com acetonitrila e 91% deles são provenientes de HPLC.

Dos laboratórios que produzem resíduos com ACN, 43% deles conhecem a composição dos resíduos misturados com a acetonitrila, e apenas 13% destes conseguem segregar a acetonitrila de outros resíduos. Para os laboratórios que geram resíduos de ACN a Tabela 4 apresenta as respostas dos laboratórios que responderam ao questionário.

Tabela 4 – Dados obtidos através do questionário sobre resíduos de ACN.

Resposta do Questionário	Total	Porcentagem
Interesse na ACN recuperada (sim)	3	13%
Interesse na ACN recuperada (não)	14	61%
Interesse na ACN recuperada (depende do grau de pureza)	5	22%
Não sei	1	4%
Total	23	100%

Fonte: O autor (2018).

Apenas 13% aceitariam receber a ACN recuperada e 22% responderam que dependeria do grau de pureza obtido. A maioria dos laboratórios (61%) declarou não ter interesse em receber, independente da pureza obtida, pois estes laboratórios possuem equipamentos muito sensíveis e já tiveram problemas até com ACN comprada com grau puríssimo e não preferem correr risco independente de quão pura seja a ACN recuperada.

5.2.1 Análise da acetonitrila Recuperada utilizando a técnica de Índice de Refração

Considerando que as técnicas de recuperação abordadas neste trabalho devem favorecer a recuperação e posterior retorno da ACN para a FCF/USP, preferiu-se utilizar técnicas conhecidas e já aplicadas em laboratórios de ensino e pesquisa (DI VITTA et al., 2004; DI VITTA et al., 2008; MARTINS, et al., 2017). Para obter uma recuperação de acetonitrila viável, deve-se partir de uma alta fração de volume de acetonitrila presente no meio da amostra (ZHANG et al., 2013). Portanto utilizou-se tratamento dos resíduos de HPLC com fração 60:40 ACN-água.

De acordo com Serafim et al. (2012) a primeira fração da destilação a ser recolhida é denominada de “cabeça”, cuja separação remove o excesso de compostos mais voláteis e a segunda fração denomina-se “coração”, parte nobre do destilado, a qual é normalmente a porção de interesse em se recuperar.

A partir de uma curva padrão do valor de índice de refração (IR) para diferentes proporções de mistura ACN-água, conforme demonstrado pela Figura 13 e utilizando o *Minitab 17 Statistical Software* obteve-se a partir de uma regressão polinomial a equação 1, sendo que o termo % ACN é a proporção de acetonitrila na porção recuperada e IR é o valor de índice de refração obtido.

$$\text{Equação 1:} \quad \% \text{ ACN} = -((1973554) \times (IR^2)) + (5302213 \times IR) - 3561174$$

Alguns pesquisadores demonstram que o IR em função da fração molar ACN numa mistura de ACN-água demonstra um comportamento de curva semelhante ao demonstrado na Figura 13 (AN et al., 2015). Durante as análises de IR das frações coletadas de cada destilação decidiu-se realizá-las em triplicata, devido à preocupação com a variação de temperatura em cada leitura. Para cada análise de IR realizada o equipamento utilizado disponibilizava os valores de temperatura e de BRIX (escala numérica para índice de refração). Para fins de esclarecimento, substituíram-se os valores de IR pelos de BRIX e os valores de porcentagem de ACN foram semelhantes aos encontrados com os valores de IR.

A destilação da acetonitrila grau HPLC, utilizada para fazer a mistura de ACN-água, foi realizada nas mesmas condições das destilações de cada um dos testes e demonstrou o intervalo de 79 - 80 °C como temperatura de ebulição. Esta faixa de temperatura, apesar de estar abaixo do valor de 86 °C foi considerado como faixa de ebulição da ACN pura devido o local da montagem do sistema de destilação estar próxima a corrente de vento.

Figura 13 – Gráfico de linha ajustado obtida pelo software MiniTab através da construção de curva padrão da ACN x RI

Legenda: (—) Regressão; (—) IC de 95%; (- -) IP de 95%; S= 1,68137; R2 = 98,4%

Fonte: Minitab 17 Statistical Software.

Fonte: O autor (2018).

Como pode ser observado na Tabela 5, após o cálculo da concentração de ACN recuperada na primeira destilação, as coletas de material destilado (“coração”) dos testes 1 e 2 correspondem a uma maior concentração de pureza do que a porção “cabeça”, indicando que as últimas porções coletadas são as mais puras em ACN segundo o método de análise por índice de refração, com exceção para o teste 3, o qual apresentou recuperação apenas da porção “cabeça” na primeira destilação de cada ASF utilizado. Observa-se que houve pouca variação de temperatura nas triplicatas realizadas durante as análises de IR.

Tabela 5 – Rendimento de ACN obtida pela equação 1, após obter os valores de IR das porções recuperadas da primeira destilação dos testes.

Recuperado*	Índice de Refração	T (°C)	BRIX	% ACN
1A1.a	1,34307 ($\pm 0,00002$)	20,3 ($\pm 0,0$)	8,42 ($\pm 0,01$)	99,4 ($\pm 0,0$)
1A2.b	1,34332 ($\pm 0,00002$)	20,3 ($\pm 0,0$)	7,40 ($\pm 0,01$)	99,6 ($\pm 0,0$)
1B1.c	1,34436 ($\pm 0,00002$)	20,3 ($\pm 0,0$)	8,43 ($\pm 0,01$)	97,4 ($\pm 0,1$)
1B2.b	1,3438 ($\pm 0,00002$)	20,3 ($\pm 0,0$)	7,37 ($\pm 0,01$)	99,1 ($\pm 0,1$)
2A1.c	1,34337 ($\pm 0,00002$)	20,4 ($\pm 0,0$)	7,88 ($\pm 0,01$)	99,6 ($\pm 0,0$)
2A2.b	1,34307 ($\pm 0,00005$)	20,3 ($\pm 0,0$)	7,35 ($\pm 0,01$)	99,4 ($\pm 0,1$)
2B1.e	1,34441 ($\pm 0,00003$)	20,3 ($\pm 0,0$)	8,37 ($\pm 0,01$)	97,2 ($\pm 0,1$)
2B2.b	1,34311 ($\pm 0,00001$)	20,4 ($\pm 0,0$)	7,35 ($\pm 0,01$)	99,5 ($\pm 0,0$)
3A1.c	1,34316 ($\pm 0,00001$)	20,4 ($\pm 0,0$)	8,62 ($\pm 0,01$)	99,5 ($\pm 0,0$)
3B1.c	1,34418 ($\pm 0,00004$)	20,4 ($\pm 0,0$)	8,37 ($\pm 0,01$)	98,1 ($\pm 0,1$)

Legenda:

*Porção “cabeça”: 1A1.a; 1B1.c; 2A1.c; 2B1.e; 3A1.c; 3B1.c.

*Porção “coração”: 1A2.b; 1B2.b; 2A2.b; 2B2.b.

*As letras A e B correspondem a utilização de CaCl_2 e sacarose como ASF, respectivamente.

Resultados foram realizados em triplicata.

Fonte: O autor (2018).

Assim, para as próximas análises de índice de refração serão consideradas as últimas porções recuperadas dos testes 1, 2 e 3.

Sabendo-se que a mistura ACN-água exibe um azeótropo com fração molar de acetonitrila próxima a 0,7 a 76,5 °C em pressão atmosférica (ACOSTA-ESQUIJAROSA et al., 2006) e que as frações “cabeça” coletadas estavam na faixa de 76 a 78 °C, tem-se que mesmo as altas taxas de porcentagem de ACN nas frações coletadas na primeira destilação (99%) não foram suficientes para

garantir a eficiência dos testes realizados. Por exemplo, para os testes 1A e 2A tanto a porção “cabeça” quanto “coração” possuem porcentagem de ACN acima de 99% deixando inconclusivo em qual porção tem-se a presença do azeótropo.

Com a possibilidade de aumentar a temperatura da fase coletada durante a destilação, garantindo a eliminação do azeótropo, realizou-se em cada teste a adição de ASF, seguidas de filtração, separação de fases e nova destilação. Os resultados de concentração de ACN encontrados depois da segunda destilação para os testes 1, 2 e 3 estão demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Rendimento de ACN obtida pela equação 1, após obter os valores de IR das porções recuperadas da segunda destilação dos testes.

Recuperado*	I.R.	T (°C)	BRIX	% ACN
1A2.c	1,34332 ($\pm 0,00004$)	19,8 ($\pm 0,0$)	7,49 ($\pm 0,02$)	99,6 ($\pm 0,0$)
1B2.c	1,34327 ($\pm 0,00004$)	19,8 ($\pm 0,0$)	7,51 ($\pm 0,02$)	99,6 ($\pm 0,0$)
2A2.d	1,34310 ($\pm 0,00004$)	19,8 ($\pm 0,0$)	7,48 ($\pm 0,02$)	99,5 ($\pm 0,0$)
2B2.c	1,34308 ($\pm 0,00004$)	19,8 ($\pm 0,0$)	7,48 ($\pm 0,02$)	99,4 ($\pm 0,0$)
3A1.e	1,34121 ($\pm 0,00004$)	19,8 ($\pm 0,0$)	7,48 ($\pm 0,02$)	90,8 ($\pm 0,4$)
3B1.e	1,34316 ($\pm 0,00004$)	19,7 ($\pm 0,0$)	7,51 ($\pm 0,02$)	99,5 ($\pm 0,0$)

Legenda:

*Porção “coração” da segunda destilação: 1A2.c; 1B2.c; 2A2.d; 2B2.c; 3A1.e; 3B1.e.

*As letras A e B correspondem a utilização de CaCl_2 e sacarose como ASF, respectivamente.

Resultados foram realizados em triplicata.

Fonte: O autor (2018).

Como após a segunda destilação as porções recuperadas de ACN apresentaram concentrações semelhantes e no teste 3A menor do que nas primeiras destilações, decidiu-se realizar análise de Karl Fischer para esclarecimentos uma vez que os laboratórios da FCF/USP que possuem interesse na ACN recuperada precisam da informação do grau de pureza obtido para poderem utilizá-la sem causar problemas metodológicos aos experimentos realizados. É importante salientar que o conteúdo de contaminantes no solvente

reciclado desempenha um papel importante na aplicabilidade da acetonitrila recuperada para análises em cromatografia líquida. Sendo que contaminantes de traço na fase móvel podem distorcer os filtros de coluna e alterar o pH e picos “fantasma” podem ser produzidos, quando o nível de contaminação é elevado (STEPNOWSKI et al., 2002).

5.2.2 Análise da acetonitrila recuperada utilizando a técnica de Karl Fischer

Após a primeira destilação dos testes 1 e 2 houve a separação do azeótropo da mistura de ACN-água, pois à temperatura de ebulição das porções “cabeça” estavam próximas à temperatura de 76,5°C (Tabela 7), que é a temperatura de ponto de ebulição do azeótropo, e as porções “coração” estavam mais próximas da temperatura de ebulição da ACN pura testada (79 -80 °C). No caso dos testes 3, não houve separação do azeótropo após a primeira destilação para os dois ASF utilizados.

Para cada uma das porções cabeça da primeira destilação fez-se as etapas de adição de ASF, filtração e separação de fases, seguido de uma segunda destilação para a porção orgânica separada da porção aquosa. Essa segunda destilação proporcionou uma porção que destilou em temperatura de ebulição mais próxima a temperatura de ebulição da acetonitrila pura.

Para verificar se as porções, “cabeça” e “coração”, obtidas em cada destilação não eram azeótropos da mistura ACN-água foi realizado uma análise da quantidade de água pelo método titulométrico de Karl Fischer. A Tabela 7 mostra a quantidade de água em ppm. Este valor de concentração de água (ppm) pode ser demonstrado em porcentagem ao ser multiplicado por 10^{-4} . Estes valores em porcentagem ficam abaixo de 1% de água para todos os testes realizados.

Observou-se que 40% dos ensaios realizados demonstraram diminuição da quantidade de água após a segunda destilação. Essas variações podem ser devido à absorção de água do próprio ambiente, mas apesar dessa variação de água entre as amostras coletadas após as destilações serem de 0 a 1,8 ppm, quando considera-se esse valor em porcentagem, a variação encontrada torna-se irrisória, ou seja, demonstrando que os testes efetuados foram satisfatórios.

Tabela 7 – Concentração de ACN recuperada, após destilações, a partir de mistura ACN:água (60:40).

Teste	1° Destilação				2° Destilação			
	Porção*	ACN** (%)	H ₂ O*** (ppm)	Faixa de Ebulição (°C)	Porção*	ACN** (%)	H ₂ O*** (ppm)	Faixa de Ebulição (°C)
1A	1A1.a	37	0,9	76 - 77	1A1.c	16	0,5	79 – 80
	1A2.b	28	0,5	78 - 79	1A2.c	22	0	78 – 80
1B	1B1.c	29	0,3	76 - 78	1B1.e	4	0,5	79 – 80
	1B2.b	37	1,4	79 - 80	1B2.c	31	0,8	78 – 80
2A	2A1.c	37	0,4	76 - 78	2A1.e	16	0,5	79 – 80
	2A2.b	33	0,6	79 - 81	2A2.d	25	0,8	79 – 80
2B	2B1.e	37	0,4	76 - 78	2B1.g	7	0,6	79 – 80
	2B2.b	30	0	79 - 80	2B2.c	17	0,5	78 – 80
3A	3A1.c	98	0,8	75 - 76	3A1.e	42	1,2	79 – 80
3B	3B1.c	95	1,8	76 - 78	3B1.e	14	0,5	78 – 79

Legenda:

*Porção “cabeça” primeira destilação: 1A1.a; 1B1.c; 2A1.c; 2B1.e; 3A1.c; 3B1.c.

*Porção “coração” primeira destilação: 1A2.b; 1B2.b; 2A2.b; 2B2.b.

*Porção “cabeça” segunda destilação: 1A1.c; 1B1.e; 2A1.e; 2B1.g; 3A1.e; 3B1.e

*Porção “coração” da segunda destilação: 1A2.c; 1B2.c; 2A2.d; 2B2.c; 3A1.e; 3B1.e.

*As letras A e B correspondem a utilização de CaCl₂ e sacarose como ASF, respectivamente.

**Porcentagem de ACN recuperada considerando o volume inicial de ACN (180 mL).

*** Quantidade de água em ppm nas analisadas nas respectivas porções.

Fonte: O autor (2018).

Os teste 3 foram os que apresentaram maior porcentagem de acetonitrila recuperada na primeira destilação (98 e 95% utilizando CaCl₂ e sacarose, respectivamente), porém na forma de azeótropo. Já na segunda destilação, o teste 3A demonstrou um rendimento de 42%, mas também foi o que demonstrou maior quantidade de água segundo a técnica de Karl Fischer, demonstrando como insatisfatório este ensaio.

Analisando a concentração de acetonitrila recuperada para cada teste, observou-se que as segundas frações da destilação (porção “coração”) dos testes 1B, 2A e 2B tiveram rendimento acima de 30% na primeira destilação. Como as

faixas de temperatura de ebulição não se alteraram quando comparadas à segunda destilação, pode-se considerar que estes testes (1B, 2A e 2B) não precisam da segunda destilação para melhorar a qualidade nem a quantidade da recuperação de acetonitrila. Em particular, o teste 2A apresentou o maior rendimento (49%) quando comparado com os outros ensaios (Figura 14).

Figura 14 – Concentração de acetonitrila recuperada em relação à quantidade inicial na mistura ACN:água (60:40)

Legenda: As letras A e B correspondem a utilização de CaCl_2 e sacarose como ASF, respectivamente.

Fonte: O autor (2018).

Acosta-EsquiJarosa et al. (2006) utilizaram a técnica de extração de solvente antes de realizar o processo de destilação, onde conseguiram uma recuperação de 68,9% de acetonitrila presente na fase extrativa rica em acetato de butila com pureza de 53,5% a temperatura de 25°C. Após a etapa de destilação, os pesquisadores supracitados obtiveram 85,4 % de acetonitrila recuperada com pureza de 98,5%. Neste estudo o intuito era retirar a acetonitrila da solução aquosa a fim de se obter, na solução final, uma quantidade abaixo do limite exigido para descartá-la na rede de esgoto.

No caso dos testes realizados para a recuperação da acetonitrila proveniente de cromatografia líquida da FCF/USP, o objetivo foi obtê-la o mais pura possível para retornar aos laboratórios de interesse da unidade. Fato que se

demonstrou eficaz uma vez que a pureza de acetonitrila foi alta (> 99,99%) e rendimento próximo a 50%.

5.2.3 Sugar-out e salting-out

Os agentes separadores de fase em concentração padronizada foram os mesmos utilizados no estudo de Wang et al. (2008a) que demonstraram que uma maior concentração de ACN foi recuperada adicionando 50 g.L⁻¹ de glicose. A mesma concentração de glicose também foi utilizada no trabalho de Dhamole, Mahajan e Feng (2010a), onde recuperaram 60 % de acetonitrila.

A análise da Figura 14 demonstra que os testes utilizando cloreto de cálcio como agente separador de fase rendeu maior quantidade (49%, teste 2A) de acetonitrila recuperada ao juntar as porções “coração” da segunda destilação do azeótropo com a porção coração advindas da primeira destilação. Por outro lado, se for considerado o processo até a primeira destilação sem adicionar as etapas posteriores, observa-se que os ensaios com sacarose são mais eficientes em recuperar maior quantidade de acetonitrila da mistura inicial (37% de acetonitrila na porção 1B2.b) (Tabela 7).

Em questões ambientais o uso de tecnologias ecológicas pensando nas questões ambientais deve ser considerado (SAZONOVA; RAEVA, 2015). Foi utilizada durante os testes citados neste trabalho a reciclagem da água do resfriamento da destilação, e a análise do tempo total em que este sistema de resfriamento ficou ligado foi realizada (Figura 15).

Pela Figura 15, observou-se que o teste 1A foi o que consumiu menos tempo de destilação (03h24). Considerando que para este teste fez-se duas destilações, pode-se concluir que neste caso cada processo de destilação ocorreu em tempo semelhante (01h42) ao estudo de Acosta-Esquivarosa et al. (2006), que obteve uma boa separação de acetonitrila da mistura de acetato de butila com acetonitrila com extração líquido-líquido após 01h37.

Figura 15 – Tempo total utilizado para destilação de cada teste de recuperação da acetonitrila de um mistura inicial de ACN-água (60:40)

Legenda: As letras A e B correspondem a utilização de CaCl_2 e sacarose como ASF, respectivamente.

Fonte: O autor (2018).

Considerando que para cada etapa foi utilizado o mesmo sistema de destilação, bem como as mesmas quantidades de agentes separadores de fase (50 g.L^{-1}) conforme demonstrado na pesquisa de Wang et al (2008b) fica evidenciado pela Figura 15 que o tratamento com cloreto de cálcio foi o que apresentou menor tempo de destilação em todos os ensaios quando comparado com o uso da sacarose.

O teste 2 foi o que apresentou maiores etapas (20) e consequentemente teve maiores perdas durante o processo total (38 e 37% com a utilização de cloreto de cálcio e sacarose, respectivamente) (Figura 16). Essas perdas podem ser explicadas devido ao processo de filtração que proporciona a retenção do líquido no papel de filtro, além da perda devido às vidrarias utilizadas.

Figura 16 – Perda durante os processos de destilação, filtração e transferência de frascos

Legenda: As letras A e B correspondem a utilização de CaCl_2 e sacarose como ASF, respectivamente.

Fonte: O autor (2018).

As metodologias testadas neste trabalho possuem a vantagem de não utilizar a extração por solvente, que foi utilizada por Acosta-Esquivarosa et al., (2006) nem a adição de um agente separador que forma um novo azeótropo com calor de vaporização diferente do azeótropo da ACN-água, como ocorre na destilação extrativa citada por Sazonova e Raeva (2015). Quando há adição de outros solventes numa mistura residual de HPLC, como no caso dos resíduos da FCF/USP, pode ocorrer a formação de uma mistura com grau de periculosidade e/ou toxicidade desconhecida e que necessitam de estudos aprofundados antes de serem aplicados na rotina de trabalhos dos pesquisadores de instituições de pesquisa e ensino.

6. CONCLUSÕES

A criação de um banco de dados com as informações dos componentes e características de cada resíduo químico gerado na FCF/USP favorece um melhor gerenciamento destas substâncias, possibilitando assim, o surgimento de novas ideias para melhorias como tratamento e recuperação das mesmas.

A técnica de neutralização de ácidos e bases e evaporação da parte aquosa de soluções de sais inorgânicos não demandam grandes esforços das pessoas envolvidas nas atividades de pesquisa da FCF/USP, além de não acarretar em custos para a unidade. É necessária apenas a criação e divulgação de protocolos para os funcionários da FCF/USP envolvidos com o descarte de resíduos. O tratamento *in loco*, ou seja, no próprio laboratório gerador poderia proporcionar uma redução de 10% destes resíduos, diminuindo a quantidade enviada para a disposição final pela empresa terceirizada.

Com relação ao tratamento da acetonitrila foi possível recuperar 50% de acetonitrila com quantidade de água menor que 0,01% na mistura de ACN-água na proporção 60:40 . A técnica de *salting-out*, utilizando cloreto de cálcio, como agente separador, foi a mais favorável quando comparado com a técnica de *sugar-out* (sacarose), pois apresentou maiores rendimentos (50%) e menor tempo total de destilação (03h24).

Caso sejam implementadas as ações de tratamento e recuperação dos resíduos químicos sugeridos neste estudo, a FCF/USP poderia contribuir ainda mais para a sustentabilidade, conceituada no tripé financeiro, social e ambiental.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

Após o repasse do protocolo geral de neutralização para todos os funcionários envolvidos com descarte de produtos químicos da FCF, deve-se pensar em conscientizar e treinar cada aluno de graduação e de pós-graduação que realiza atividades de pesquisa a serem responsáveis pelos resíduos químicos que produzem, desde a geração até o descarte final. Este processo pode ser alcançado criando-se cursos, treinamentos e disciplinas específicas, tanto em nível de graduação como para pós-graduação sobre os resíduos perigosos da FCF/USP.

Utilizar os resíduos provenientes de HPLC que contenham acetonitrila com quantidade mínima de 60% para testar a pureza e o rendimento da recuperação.

Avaliar a possibilidade de se criar uma central específica para tratamento de resíduos químicos da FCF/USP considerando o retorno destes resíduos após tratamento como reagentes para os laboratórios da unidade, bem como a redução com os gastos anualmente com contrato da empresa terceirizada. Para tanto, também é necessário avaliar o custo inicial para implantação desta central, assim como um funcionário capacitado para este trabalho. Sendo favorável essa criação, novos estudos sobre técnicas de tratamento para os resíduos da FCF surgirão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1987). NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 14725-2: Produtos Químicos - informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - parte 2: sistema de classificação de perigo. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR 7501: Transporte terrestre de produtos perigosos – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. NBR 7500: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 14725-4: Produtos Químicos - informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 dez. 2004.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de ago. de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 01 de mar. 2018.

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química. Departamento de Assuntos Técnicos. O que é o GHS? Sistema harmonizado globalmente para a classificação e rotulagem de produtos químicos. São Paulo: ABIQUIM/DETEC, 2005, 69p.

ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química. O Desempenho da Indústria Química Brasileira 2015, 2015. . Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/pdf/livreto-de-dados-2015-paginas.pdf>>. Acesso em: 28 de fev. 2018.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em 01 mar. 2018.

ACOSTA-ESQUIJAROSA, J.; RODRÍGUEZ-DONIS, I.; JÁUREGUI-HAZA, U.; NUEVAS-PAZ, L.; PARDILLO-FONTDEVILA, E. Recovery of acetonitrile from aqueous waste by a combined process: Solvent extraction and batch distillation. *Separation and Purification Technology*, v. 52, n. 1, p. 95–101, 2006.

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.

AFONSO, J. C.; SILVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, A.S.; LIMA, R.M.G. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 157-165, 2005.

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

ALMEIDA, G. A.; WEBER, R. R. Fármacos na Represa Billings. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v. 6, n. 2, dez 2005.

ALVES, I. J. B. R.; FREITAS, L. S.. Análise comparativa das ferramentas de gestão ambiental: produção mais limpa x ecodesign. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, p. 193- 212, 2013.

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

AN, N.; ZHUANG, B.; LI, M.; LU, Y.; WANG, Z.-G. Combined Theoretical and Experimental Study of Refractive Indices of Water–Acetonitrile–Salt Systems. *The Journal of Physical Chemistry B*, v. 119, n. 33, p. 10701–10709, 2015. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jpcb.5b05433>>. Acesso em: 17 de jan. de 2018.

AQUINO, A. R. de; PALETTA, F. C.; SILVA, A. C. M.; GALVÃO, A. S.; BORDON, I. C. A.; RIBEIRO, L. S. S.; STECHER, L.; OLIVEIRA, M. J. A. de; SILVA, M. V. da; SANTOS, R. M. dos; MATTIOLO, S. R.; SCAGLIUSI, S. R.; GARCIA, V. S. G. *Sustentabilidade ambiental*. 1. ed. Rio de Janeiro: Rede Sirius, 2015.

AQUINO, S. F. De; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. de L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, p. 187–204, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n3/1413-4152-esa-18-03-00187.pdf>>. Acesso em : 15 fev. 2018.

ARMOUR, M-A, *Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide*, 3ed. NY DC, editor LEWIS PUBLISHERS, 2003.

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

AZEVEDO, F. A. A Toxicologia e o Futuro – Leitura apresentada na solenidade do trigésimo aniversário do Centro de Informação Antiveneno CIAVE da Bahia. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v.3, n. 3, 2010.

BENDASSOLLI, J. A.; TAVARES, G. A.; IGNOTO, R. F.; ROSSETI, A. L. R. M. Procedimentos para recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos. *Química Nova*. v.26, n.4, p.578-581, 2003a.

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

BRASIL, João Batista de Freitas. Gerenciamento de Resíduos Químicos Perigosos em uma Instituição de Ensino e Pesquisa: estudo de caso: Universidade de Brasília – UnB. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília: Diário Oficial da União, edição de 22 de novembro de 2002.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, edição de 18 de março de 2005.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, edição de 04 de maio de 2005.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Diário Oficial da União, edição de 16 de maio de 2011.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007. Norma Técnica P4.262 - Gerenciamento de resíduos químicos provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde: procedimento. São Paulo, 2007a.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007. Decisão de Diretoria N 224/2007/P de 04.12.2007. Dispõe sobre a homologação da revisão da Norma Técnica P4.262 – Gerenciamento de Resíduos Químicos

provenientes de Estabelecimentos de Serviços de saúde – Procedimento. São Paulo, 2007b.

CONTO, S. M. Gestão de resíduos em universidades. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2010. 319 p.

DHAMOLE, P. B.; MAHAJAN, P.; FENG, H. Phase Separation Conditions for Sugaring-Out in Acetonitrile - Water Systems. *Journal of Chemical Engineering Data*, v. 55, p. 3803–3806, 2010a.

DHAMOLE, P. B.; MAHAJAN, P.; FENG, H. Sugaring out: A new method for removal of acetonitrile from preparative RP-HPLC eluent for protein purification. *Process Biochemistry*, v. 45, n. 10, p. 1672–1676, 2010b.

DI VITTA, P. B. ; TOYOFUKI, N. A. ; FARIA, D. L. A. ; MARZORATI, L. ; BAPTISTA, M. ; BERTOTTI, M. ; SERRANO, S. H. P.. ; DI VITTA, C. ; BAADER, J. W.; . In: ICTR 2004 - Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis, Brasil, 2004.

DI VITTA, P. B.; TOYOFUKI, N. A.; SILVA, P. N. H.; MARZORATI, L.; DI VITTA, C.; BAADER, W. J. GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS EN EL INSTITUTO DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, v. 1, n. 1, 2006.

DI VITTA, P. B.; ANDRADE L. H. ; MARZORATI, L. ; DI VITTA, C. ; BAADER, J. W. . Gerenciamento de Resíduos Químicos no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis, 2008, Passo Fundo. I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis, 2008.

DI VITTA, P. B.; OLIVEIRA, R.P.S.. Biossegurança e gestão de Produtos Químicos. In: Mario Hiroyuki Hirata, Jorge Mancini Filho, Rosario Dominguez Crespo Hirata. (Org.). *Manual de Biossegurança*. 3ª ed. Barueri: Editora Manole, 2017, v. 1, p. 77-118.

EICKHOFF, P.; HEINECK, I.; SEIXAS, L. J. Gerenciamento e destinação final de medicamentos : uma discussão sobre o problema. *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 90, n. 1, p. 64–68, 2009.

ENCARTE ESPECIAL SOBRE A BACIA DO RIO DOCE ROMPIMENTO DA BARRAGEM EM MARIANA/MG. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*, v. 1, p. 1–50, 2015. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: 26 de fev. de 2018.

FREITAS, C. M.; PORTE, M. F. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados : um desafio para a saúde pública. *Revista de Saúde Pública*, v. 29, n. 6, p. 503–514, 1995.

FUNDACENTRO. Segurança química para trabalhadores, comunidade e meio ambiente: Publicação especial sobre os temas abordados na Conferência

Internacional sobre a gestão segura e saudável dos produtos químicos. Brasil, São Paulo, abril de 2009.

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, 2005.

GIL, E. S.; GARROTE, C. F. D.; CONCEIÇÃO, E. C.; SANTIAGO, M. F.; SOUZA, A. R. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 43, n. 1, p. 19–29, 2007.

GILONI-LIMA, P.C.; LIMA, V. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1595–1598, 2008.

GU, T.; GU, Y.; ZHENG, Y.; WIEHL, P. E.; KOPCHICK, J. J. Phase separation of acetonitrile-water mixture in protein purification. *Separations Technology*, v. 4, n. 4, p. 258–260, 1994.

GU, Y.; SHIH, P. H. Salt-induced phase separation can effectively remove the acetonitrile from the protein sample after the preparative RP-HPLC. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 35, n. 6–7, p. 592–597, 2004.

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

HIRATA, M. H.I; HIRATA, R. D. C.; FILHO, J. M. Manual De Biossegurança. 3 edição ed. Barueri. Editora Manole, 2017.

INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS - coordenação geral: Profa. Dra. Terezinha de Jesus Andreoli Pinto. -- São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, 2007. 142p. Disponível em: <
<http://www.fcf.usp.br/arquivos/portal/STI/CatalogoFCF2008.pdf>>. Acesso em: 01 de mar de 2018.

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

JARDIM, W. F. Gerenciamento de Resíduos Químicos. “Biossegurança aplicada a laboratórios e serviços de saúde”. 1. Ed. Ateneu, 2004. 167p.

KAUFMAN, J.A. Waste disposal in academic institutions. 3rd.ed. Toronto: James A. Kaufman, 1990. 208 p.

KHAYET, M.; COJOCARU, C.; ZAKRZEWSKA-TRZNADEL, G. Studies on pervaporation separation of acetone, acetonitrile and ethanol from aqueous solutions. *Separation and Purification Technology*, v. 63, n. 2, p. 303–310, 2008.

KORENAGA, T.; TSUKUBE, H.; SHINODA, S.; NAKAMURA, I. Hazardous Waste

Control in Research and Education. [s.l.] CRC Press, 1994.

LANÇAS, F. M. Como economizar (ou eliminar o uso de) acetonitrila em tempos de “ crise ”? *Scientia chromatographica*, v. 1, p. 51–60, 2009.

LEITE, Z. T. C.; ALCANTARA, S.; AFONSO, J. C. A gestão de resíduos de laboratório na visão de alunos de um curso de graduação de química e áreas afins. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1892–1897, 2008.

LOPES, C. F. Aspectos ambientais nas Emergências Químicas. Setor de Operações de Emergência da CETESB, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/aspectos.pdf>. Acesso em: 04 de janeiro de 2018.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. de S. Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que Fazer? *Química Nova na Escola*, v. 29, 2008.

MARTINS, C.R.; DI VITTA, P.B.; MARZORATI, L.; DI VITTA, C. Avaliação dos impactos ambientais dos Tratamentos de Resíduos de solventes no Instituto de Química da Universidade De São Paulo. *Química Nova*, v. 40, n. 2, p. 214–218, 2017.

MAZZA, A.; PISCITELLI, P.; NEGLIA, C.; ROSA, G. Della; IANNUZZI, L. Illegal dumping of toxic waste and its effect on human health in Campania, Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, n. 6, p. 6818–6831, 2015.

MILANEZ, K. W.; KNISS, C. T.; BERNARDIN, a. M.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N. C. Caracterização de pigmentos inorgânicos à base de Fe, Zn e Cr utilizando resíduo de galvanoplastia como matéria-prima. *Cerâmica*, v. 51, n. 318, p. 107–110, 2005.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. Manual de soluções, reagentes e solventes. Padronização, preparação, purificação, indicadores de segurança, descarte de produtos químicos. 2ª ed. Ed. Blucher. 2007. 94 p.

NETO, J. O.; BIZZO, H. R.; GODOY, R. L. O.; PINTO, M. A. S.; ROSA, J. S.; ARAUJO, M. C. P. de; PACHECO, S. Metodologia para Tratamento de Acetonitrila Comercial para uso em Laboratórios de Cromatografia Líquida Comunicado Técnico – EMBRAPA, Rio de Janeiro: 2009.

NOZU, L. L.; DE ALBUQUERQUE SALDANHA, P. C.; SOARES, M.; BARBOSA, V. M.; MACHADO, A. F.; SILVA, E. R. Avaliação do tratamento físico-químico e biológico dos resíduos de corantes produzidos em laboratório de microbiologia. *Acta Scientiarum - Technology*, v. 32, n. 1, p. 7–13, 2010.

OLIVEIRA, J. G. G. Programa de gerenciamento de resíduos químicos do CENA/USP: avaliação, ações de aperfeiçoamento e de extensão. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PAIZ, J. C.; BIGOLIN, M.; SCHNEIDER, V. E.; STEDILE, N. L. R. Applying

Nightingale charts to evaluate the heterogeneity of biomedical waste in a Hospital. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 22, n. 6, p. 942–949, 2014.

REID, R. A.; KOLJONEN, E. L.; BUELL, J. B. The deming cycle provides a framework for managing environmentally responsible process improvements. *Quality Engineering*, v. 12, n. 2, p. 199–209, 1999.

SÃO PAULO. Lei nº 9.509, de 20 de março de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

SÃO PAULO. Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.

SÃO PAULO. Governo do Estado. Centro de Vigilância Sanitária. Portaria CVS Nº 21/2008, de 10 de setembro de 2008. Aprova a Norma Técnica sobre Gerenciamento de Resíduos Perigosos de Medicamentos em Serviços de Saúde.

SÃO PAULO. Decreto estadual nº 54.487, de 26 de junho de 2009. Altera a redação e inclui dispositivos e anexos no Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e dá outras providência. 2009a.

SÃO PAULO. Decreto estadual nº 54.645, de 5 de agosto de 2009. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.300 de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e altera o inciso I do artigo 74 do Regulamento da Lei nº 997, de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 1976. 2009b.

SANTOS, N. M. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: estudo de caso no Instituto Butantan. 2015. 145 f. Dissertação (Mestrado Profissional) em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SAZONOVA, A. Y.; RAEVA, V. Recovery of Acetonitrile from Aqueous Solutions by Extractive Distillation – Effect of Entrainer. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, v. 9, n. 2, p. 288–291, 2015.

SCHNEIDER, R.P.; GAMBA, R.C.; ALBERTINI, L.B. Manuseio de Produtos Químicos. Capítulo 2 Manuseio Seguro de Produtos Químicos Perigosos. São Paulo: ICBII USP, 2011. 63p. Protocolo da Rede PROSAB Microbiologia. Área: Métodos Básicos. Disponível em: <
http://www3.icb.usp.br/corpoeditorial/ARQUIVOS/residuos_quimicos/manual/2_MANUSEIO_SEGURO_DE_PRODUTOS_QUIMICOS.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro 2015.

SERAFIM, F. A. T.; SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W. Comparação do perfil químico entre cachaças de um mesmo vinho destiladas em alambiques e em colunas. *Química Nova*, v. 35, n. 7, p. 1412–1416, 2012.

STEPNOWSKI, P.; BLOTEVOGEL, K. H.; GANCZAREK, P.; FISCHER, U.; JASTORFF, B. Total recycling of chromatographic solvents-applied management

of methanol and acetonitrile waste. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 35, n. 3, p. 163–175, 2002.

STRUBE, J.; GARTNER, R.; SCHULTE, M. Process development of product recovery and solvent recycling steps of chromatographic separation processes. *Chemical Engineering Journal*. v. 85, p. 273–288, 2002.

TABASH, M. I.; HUSSEIN, R. A.; MAHMOUD, A. H.; EL-BORGY, M. D.; ABU-HAMAD, B. A. Impact of an intervention programme on knowledge, attitude and practice of healthcare staff regarding pharmaceutical waste management, Gaza, Palestine. *Public Health*, v. 138, p. 127–137, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2016.04.001>>.

TAKAMUKU, T.; NOGUCHI, Y.; MATSUGAMI, M.; IWASE, H.; OTOMO, T.; NAGAO, M. Heterogeneity of acetonitrile-water mixtures in the temperature range 279-307 K studied by small-angle neutron scattering technique. *Journal of Molecular Liquids*, v. 136, n. 1–2, p. 147–155, 2007.

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.

TORRES, N.H. Determinação de hormônios e antimicrobianos no Rio Piracicaba e testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna*. Tese de Doutorado. Piracicaba, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Amorim/Downloads/NadiaHortenseTorres_Tese.pdf> Acesso em: 26 de dezembro 2014.

TORRES, N.H.; AMÉRICO, J.H.P.; FERREIRA, L.F.R.; NAZATO, C.; MARANHO, L.A.; VILCA, F.Z.; TORNISIELO, V.L. Fármacos no ambiente – Revisão. *REA – Revista de estudos ambientais (online)*, v. 14, n. 4, p. 67-75, 2012.

VALENTE, I. M.; GONÇALVES, L. M.; RODRIGUES, J. A. Another glimpse over the salting-out assisted liquid – liquid extraction in acetonitrile / water mixtures. *Journal of Chromatography A*, v. 1308, p. 58–62, 2013.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; OLIVEIRA, I. L. de; KOVALESKI, J. L.; SELIG, P. M. Sistema de Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: uma revisão. *GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 5, n. 3, p. 45–58, 2010.

VOGEL, A. I. *Química Analítica Qualitativa* (Tradução por Antonio Gimeno da), 5ª Ed. rev. Por G. Svehia – São Paulo: Mestre Jou, 1981.

VUORIO, A. .; STOOP, J. .; JOHNSON, C. The need to establish consistent international safety investigation guidelines for the chemical industries. *Safety Science*, v. 95, p. 62–74, 2017.

WANG, B.; EZEJIAS, T.; FENG, H.; BLASCHEK, H. Sugaring-out: A novel phase separation and extraction system. *Chemical Engineering Science*, v. 63, n. 9, p. 2595–2600, 2008a.

WANG, B.; FENG, H.; EZEJI, T.; BLASCHEK, H. Sugaring-out separation of acetonitrile from its aqueous solution. *Chemical Engineering and Technology*, v. 31, n. 12, p. 1869–1874, 2008b.

WHO- World Health Organization. Manual for the public health management of chemical incidents. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Suíça. 2009. 101 p.

WINDHOLZ, M.; BUDAVARI, S.; BLUMETTI, R. F.; OTTERBEIN, E. S. (Ed). *The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 10th ed. Rahway, NJ: Merck, 1983.

ZHANG, H.; ZHAO, J.; WU, Z.; WANG, Z. A Conversion of Sample Medium from Water to Acetonitrile by Subzero Temperature Liquid-Liquid Extraction for Acetonitrile- Salt Stacking in Capillary Electrophoresis. *IERI Procedia*, v. 5, p. 277–283, 2013.

APÊNDICE A – Protocolo geral para neutralização de ácidos e bases

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS	Versão 1
Neutralização de ácidos e bases RQ - 001	

1) Introdução

Soluções diluídas de ácidos e bases fortes podem ser descartadas na pia, após procedimentos de neutralização; ácidos concentrados em grandes volumes não devem ser processados pelos métodos descritos nesta seção. Estes frascos devem ser entregues para a Comissão Interna de Segurança Química e Biológica da FCF/USP (CSQBio) para disposição final por empresas especializadas.

Neutralizar ácidos e bases com segurança depende da execução cuidadosa do processo e do emprego de equipamentos de proteção adequados. Planeje a neutralização de ácidos. Conduza todas as etapas lentamente. A neutralização de ácidos oxidantes fortes tais com o ácido nítrico ou perclórico requerem cuidados especiais.

Verifique o procedimento de neutralização primeiro em pequenos lotes. Adicione poucos mL de ácido descartado em um béquer e gradualmente adicione a base enquanto mede o pH e observa a reação. Avalie a intensidade do aquecimento e se há geração de fumaça. Gelo e agitação lenta ajudam a evitar superaquecimento da solução.

2) Objetivo

Utilizar este protocolo para neutralizar soluções ácidas e básicas diluídas.

3) Responsabilidades

O gerador do resíduo é o responsável por ele até sua disposição final.

4) Recursos Necessários

- ✓ Papel Indicador de pH ou pHmetro
- ✓ Capela de exaustão
- ✓ Gelo

Obs: Cada frasco deve estar devidamente identificado, com rótulo. Verifique se o material do frasco é compatível quimicamente com o conteúdo do resíduo.

Não usar recipiente metálico para estocar ácidos (ex: ácido pícrico e soluções). Não usar recipiente de vidro para estocar base ou ácido fluorídrico.

APÊNDICE A – Protocolo geral para neutralização de ácidos e bases (continuação)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACEÚTICAS	Versão 1
Neutralização de ácidos e bases RQ - 001	

5) Procedimento de Neutralização de Ácidos

- Conduza a neutralização em uma capela. Use janela da frente da capela ou proteção frontal adicional para se proteger contra reações vigorosas.
- Vapor e calor são gerados durante a neutralização. Faça o procedimento usando avental de borracha, óculos de proteção, proteção facial e luvas de nitrila compridas para proteção dos braços (outro material pode não fornecer proteção apropriada).
- Para sólidos ou pastas: misturar com o mesmo volume de água (se o volume for menor que 1 Litro).
- Para soluções concentradas: diluir até obtenção de solução com 50% de água (se o volume for menor que 0,5 Litros).
- Neutralizar com uma base (é sugerido o emprego de uma mistura de bicarbonato de sódio + carbonato de cálcio), acertar o pH entre 6,0 e 8,0 (verificar com papel indicador ou pHmetro), descartar o sobrenadante na pia sob água corrente.
- ✓ Após neutralização, a solução salina resultante pode ser descartada na pia. Consulte a Comissão de Resíduos Químicos se você tiver de descartar grandes quantidades de ácidos e bases ou se você pretende verificar se as suas instalações de laboratório são adequadas para descarte destes materiais.
- ✓ Não neutralize os seguintes ácidos:
 - Anidridos e cloretos ácidos;
 - Ácido nítrico fumegante;
 - Haletos líquidos de boro, silicone, estanho, titânio e vanádio;
 - Haletos líquidos e oxihaletos de fósforo, selênio, cromo, vanádio e enxofre;
 - Ácido clorosulfônico;
 - Ácido sulfúrico fumegante.

Os ácidos listados acima são muito reativos ou pouco solúveis em água. Não tente neutralizá-los. Estes ácidos devem ser coletados em frascos, que devem ser fechados com firmeza, rotulados e entregues à CSQBio para descarte.

APÊNDICE A – Protocolo geral para neutralização de ácidos e bases (continuação)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACEÚTICAS	Versão 1
Neutralização de ácidos e bases RQ - 001	

Ácidos cuja Neutralização Demanda Cuidados Especiais

- Ácido sulfúrico: ocorre forte aquecimento da solução durante diluição. Usar água com gelo, acompanhar temperatura da solução durante a diluição do ácido.
- Ácido fluorídrico: Entre em contato com a CSQBio antes de manipular este ácido.
- Soluções sulfocrômicas ou resíduos de tratamento com estas soluções não devem ser neutralizados. Estes materiais devem ser recolhidos em recipientes separados e entregues para a comissão de resíduos químicos. O cromo da solução, além de extremamente tóxico, é um potente carcinógeno.

6) Neutralização de Soluções Básicas

- A neutralização de soluções básicas é executada por procedimentos análogos aos da neutralização de ácidos. Alguns cuidados especiais devem ser tomados, pois estas soluções se comportam de maneira distinta em certos aspectos das soluções de ácidos:

- ✓ É comum a ocorrência de efervescência na adição de ácido a soluções de bases velhas devido ao acúmulo de dióxido de carbono nestas soluções;
- ✓ Evite o emprego de ácido sulfúrico concentrado na neutralização de soluções básicas;
- ✓ É prudente não usar ácidos nítrico ou perclórico na neutralização de bases aminadas.
- ✓ Ácido clorídrico concentrado poderá produzir névoas de sal, que não são tóxicas, mas podem assustar o operador na neutralização de bases.

Lembre-se: A rede de esgoto de seu laboratório é compartilhada por outros laboratórios de seu departamento. A mistura indiscriminada de compostos químicos incompatíveis pode resultar em sérios acidentes. Em caso de dúvidas entre em contato com a CSQBio.

APÊNDICE B – Questionário sobre resíduos de ACN

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Questionário sobre resíduos de ACN

Laboratório: _____ ID.: _____

Localização: _____ Tel.: _____

Prof. Responsável: _____

O laboratório produz resíduo contendo ACN? ☐ Sim ☐ Não

Grau da ACN utilizada: ☐ PA ☐ HPLC ☐ LCMS

O resíduo é proveniente de HPLC? ☐ Sim ☐ Não

Se sim, o galão de descarte possui apenas o resíduo de HPLC? ☐ Sim ☐ Não

Se não, o frasco com resíduo de ACN possui outros componentes? ☐ Sim ☐ Não

Quais são os componentes da mistura com a ACN:

☐ H₂O

☐ Ácido Acético

☐ MetOH

☐ Acetato de Amônio

☐ Isopropanol

☐ Ácido Fórmico

☐ Tampão: _____

☐ Outros: _____

O galão contendo o resíduo de ACN possui composição (porcentagem) conhecida?

☐ Sim ☐ Não Qual? _____

Você acha possível segregar os resíduos com ACN de outros resíduos no seu laboratório? ☐ Sim ☐ Não

Seu laboratório possui interesse em utilizar a ACN recuperada? ☐ Sim ☐ Não, Se não, porque? _____

Sugestão: _____

Responsável pelas informações: _____

Obrigada!!!

São Paulo, ____ de abril de 201__

Av. Prof. Lineu Prestes, nº 550 - Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP

ANEXO B – PARECER COMITÊ DE ÉTICA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutico

DECLARAÇÃO DE DISPENSA DE AUTORIZAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA

São Paulo, 15 de fevereiro de 2017

Eu, Patrícia Mendonça da Silva Amorim N° USP 5713331, aluna do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira, venho pelo presente, afirmar que o projeto de pesquisa intitulado como “Estratégias de tratamento de resíduos químicos gerados na FCF/USP”, dispensa análise do Comitê de Ética em Pesquisa e/ou Comitê de Ética em Experimentação Animal e/ou da Comissão Interna de Biossegurança – CiBio visto que não serão envolvidos animais ou seres humanos para a realização dos experimentos.

Cordialmente,

Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Prof. Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira
Depto. De Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
FCF/USP

ANEXO C – FICHA DO ALUNO

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Documento sem validade oficial
FICHA DO ALUNO

9135 - 5713331/1 - Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Email: pmsa@usp.br
Data de Nascimento: 27/02/1986
Cédula de Identidade: RG - 30.950.749-2 - SP
Local de Nascimento: Estado de São Paulo
Nacionalidade: Brasileira
Graduação: Bacharel em Química - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - 2010

Curso: Mestrado
Programa: Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área: Tecnologia Químico-Farmacêutica
Data de Matrícula: 04/03/2016
Início da Contagem de Prazo: 04/03/2016
Data Limite para o Depósito: 05/03/2018
Orientador: Prof(a). Dr(a). Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira - 04/03/2016 até o presente. Email: rpsolive@usp.br
Proficiência em Línguas: Inglês, Aprovado em 04/03/2016
Data de Aprovação no Exame de Qualificação: Aprovado em 05/04/2017
Data do Depósito do Trabalho:
Título do Trabalho:
Data Máxima para Aprovação da Banca:
Data de Aprovação da Banca:
Data Máxima para Defesa:
Data da Defesa:
Resultado da Defesa:
Histórico de Ocorrências: Primeira Matrícula em 04/03/2016

Aluno matriculado no Regimento da Pós-Graduação USP (Resolução nº 6542 em vigor a partir de 20/04/2013).

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 05/02/2018

Impresso em: 02/03/2018 09:45:50

ANEXO C – FICHA DO ALUNO (continuação)

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Documento sem validade oficial
FICHA DO ALUNO

9135 - 5713331/1 - Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
FBT5773-7/7	Tópicos Especiais em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica	07/03/2016	15/05/2016	30	0	-	-	N	Matrícula cancelada
QFL5930-4/2	Noções de Segurança em Laboratórios de Química e Bioquímica, Ética e Responsabilidade em Pesquisa (Instituto de Química - Universidade de São Paulo)	09/03/2016	15/03/2016	30	2	100	A	N	Concluída
FBC5803-3/8	Sistemas de Garantia da Qualidade em Laboratórios de Ensaio	15/03/2016	28/03/2016	30	2	100	A	N	Concluída
QFL5930-8/3	Tópicos Avançados de Química I (Instituto de Química - Universidade de São Paulo)	16/03/2016	28/06/2016	30	2	100	A	N	Concluída
TNA5766-4/2	Avaliação e Gerenciamento de Risco Ambiental (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo)	31/05/2016	22/08/2016	120	8	96	A	N	Concluída
TNM5790-4/3	Análise de Sistemas de Gestão Ambiental (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo)	02/06/2016	24/08/2016	120	8	100	A	N	Concluída
MCP5835-3/6	Princípios de Análise de Dados e de Bioestatística (Faculdade de Medicina - Universidade de São Paulo)	06/03/2017	19/03/2017	60	0	-	-	N	Matrícula cancelada
ESP5101-1/3	Bioestatística Básica (Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo)	07/03/2017	01/05/2017	60	4	100	A	N	Concluída
FBT5773-7/9	Tópicos Especiais em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica	03/04/2017	11/06/2017	30	2	100	A	N	Concluída

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito da dissertação	
Disciplinas:	0	25	28
Estágios:			
Total:	0	25	28

Créditos Atribuídos à Dissertação: 71

Conceito a partir de 02/01/1997:

A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.

Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 05/02/2018

Impresso em: 02/03/2018 09:45:50

ANEXO C – FICHA DO ALUNO (continuação)

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas**

Documento sem validade oficial

FICHA DO ALUNO

9135 - 5713331/1 - Patrícia Mendonça da Silva Amorim

Comissão julgadora da dissertação de mestrado:			
NUSP	Nome	Vínculo	Função
2949781	Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira	FCF - USP	Presidente

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 05/02/2018

Impresso em: 02/03/2018 09:45:50

ANEXO D – CURRÍCULO LATTES

Patricia Mendonca da Silva Amorim

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/4596299674271865>

Última atualização do currículo em 09/02/2018

Bacharel em Química Tecnológica, Biotecnologia e Agroindústria pela USP - Ribeirão Preto (2010). MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais pela POLI - USP e Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Farmácia - Área: Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica. Atua em laboratório de Pesquisa na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, principalmente nos seguintes temas: tratamento e gerenciamento de resíduos químicos, análise de vitaminas através da técnica de espectrometria de massas, análise microbiológica de folato e vitamina B12 e Biologia Molecular aplicada à Hematologia. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome	Patricia Mendonca da Silva Amorim
Nome em citações bibliográficas	Amorim, P.M.S.; AMORIM, PATRÍCIA M. DA SILVA

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2016	Mestrado em andamento em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica. Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil. Título: Estratégias de Tratamento de Resíduos Químicos gerados na FCF/USP, Orientador: Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira. Palavras-chave: Resíduos Químicos; Gerenciamento; tratamento; recuperação.
2013 - 2015	Especialização em MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais. (Carga Horária: 420h). Escola Politécnica da USP - PECE, PECE USP, Brasil. Título: Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos em Instituição de Pesquisa e Ensino Farmacêuticos.
2006 - 2009	Graduação em Bacharelado em Química. Universidade de São Paulo, USP, Brasil. Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil.

Formação Complementar

2017 - 2017	Classificação de Produtos Químicos. (Carga horária: 16h). Instituto de Química de São Paulo - USP, IQ - USP, Brasil.
2017 - 2017	Gerenciamento de resíduos Químicos. (Carga horária: 16h). Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, FUNDACENTRO, Brasil.
2017 - 2017	Workshop sobre Educação em segurança Química. (Carga horária: 8h). Escola Politécnica da USP, POLI/USP, Brasil.
2015 - 2015	Extensão universitária em Projeto de Formação Socioambiental Servidores USP. (Carga horária: 40h). Superintendência de Gestão Ambiental da USP, SGA - USP, Brasil.
2015 - 2015	Gerenciamento de Resíduos na área da Saúde em SP. (Carga horária: 24h). Instituto Butantan, IBU, Brasil.
2015 - 2015	Entendendo a Responsabilidade Técnica. (Carga horária: 5h). Conselho Regional de Química IV Região, CRQ-IV, Brasil.
2014 - 2014	Técnicas de Tratamento de Resíduos. (Carga horária: 8h). Instituto de Química de São Paulo - USP, IQ - USP, Brasil.
2014 - 2014	Treinamento: Operação e manutenção de LCMS-2020. (Carga horária: 32h). SINC DO BRASIL, SB_FORN, Brasil.
2013 - 2013	

ANEXO D – CURRÍCULO LATTES (continuação)

	Curso de Estatística-Noções de SPSS. (Carga horária: 9h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2012 - 2012	Aplicação de Espectrometria de Massas na metabolôm. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2012 - 2012	Prevenção e Combate a Incêndio. (Carga horária: 8h). Centro de Treinamento Águia de Fogo, ÁGUA DE FOGO, Brasil.
2012 - 2012	Conceitos Gerais de HPLC-técnica e aplicações. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2012 - 2012	Os vários tipos de CG-MSMS, CG-TQ, CG-IT e CG-qTOF. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2011 - 2011	Extensão universitária em Curso de Proteção Radiológica. (Carga horária: 40h). Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
2011 - 2011	El Componente Genético de Enfermedades Complejas. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2011 - 2011	Next Generation sequencing. (Carga horária: 8h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2011 - 2011	Segurança no manuseio, descarte...de resíduos quim. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2011 - 2011	Informática - Conceitos Gerais. (Carga horária: 6h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2011 - 2011	2 Curso de Fundamentos Biologia Molecular Humana. (Carga horária: 20h). Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, FMUSP, Brasil.
2011 - 2011	Primeiros Socorros, Prevenção e Combate a Incêndio. (Carga horária: 8h). Águia de Ouro, AO, Brasil.
2011 - 2011	Gestão Por Competências. (Carga horária: 3h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2010 - 2010	Sistemas de Ensino. (Carga horária: 8h). Editora Positivo, EP, Brasil.
2010 - 2010	Proteomics and Methods and Approaches for protein. (Carga horária: 4h). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, FCF-USP, Brasil.
2010 - 2010	Seminário Técnico de Cromatografia Líquida, Gasosa. (Carga horária: 4h). Allcrom tudo para Cromatografia, ALLCROM, Brasil.
2008 - 2008	Extensão universitária em Enzimas:Catalisadores Naturais em Síntese Orgânica. (Carga horária: 30h). Instituto de Química de São Paulo - USP, IQ - USP, Brasil.

Atuação Profissional

Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Vínculo institucional

2010 - Atual

Vínculo: Servidor Público, Enquadramento Funcional: Técnico de Laboratório, Carga horária: 40

Vínculo institucional

2009 - 2009

Vínculo: estagiária, Enquadramento Funcional: estagiária, Carga horária: 30, Regime: Dedicção exclusiva.

Outras informações

Estágio na Central Analítica do Instituto de Química da USP - SP, adquirindo experiência em Cromatografia Gasosa e Líquida acopladas a espectrometros de massas, ICP-AES, Infravermelho, difração de raios-X e análises termogravimétricas.

Vínculo institucional

2007 - 2009

Vínculo: Estagiária, Enquadramento Funcional: Estagiária de Iniciação Científica, Carga horária: 20

Áreas de atuação

1. Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Química Analítica/Especialidade: Instrumentação Analítica.
2. Grande área: Ciências da Saúde / Área: Medicina / Subárea: Clínica Médica/Especialidade: Hematologia.
3. Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Química Analítica.
4. Grande área: Ciências Exatas e da Terra / Área: Química / Subárea: Química Inorgânica.
5. Grande área: Ciências Biológicas / Área: Bioquímica / Subárea: Biologia Molecular.

Idiomas

Inglês

Compreende Razoavelmente, Fala Bem, Lê Bem, Escreve Razoavelmente.

ANEXO D – CURRÍCULO LATTES (continuação)

Produções

Produção bibliográfica

Artigos completos publicados em periódicos

Ordenar por

Ordem Cronológica ▼

1. PERUCHA, V. F. R. ; AQUINO, R. C. ; GASPARETO, N. ; GUERRA-SHINOHARA, E. M. ; **Amorim, P.M.S.** ; D7ALMEIDA, V. . FOLATE AND SYNTHETIC FOLIC ACID INTAKE, SERUM B VITAMIN AND HOMOCYSTEINE CONCENTRATIONS, AND COGNITIVE IMPAIRMENT IN ELDERLY BRAZILIANS. *Journal of Aging Research & Clinical Practice*, v. 6, p. 48-55, 2017.
2. PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; LUCENA, M. R. ; CARLI, E. ; **Amorim, P.M.S.** ; GOMES, G. W. ; PALCHETTI, C. Z. ; FIGUEIREDO, M. S. ; PFEIFFER, C. M. ; FAZILI, Z. ; GREEN, R. ; GUERRA-SHINOHARA, E. M. . A Daily Dose of 5 mg Folic Acid for 90 Days Is Associated with Increased Serum Unmetabolized Folic Acid and Reduced Natural Killer Cell Cytotoxicity in Healthy Brazilian Adults. *JOURNAL OF NUTRITION* **JCR**, v. 147, p. 1677, 2017.
3. ★ SANTOS, JOICY S. DOS ; FARIA, ANDRÉ L. ; **AMORIN, PATRÍCIA M. DA SILVA** ; LUNA, FRANCO M. LA ; CAIADO, KELLY L. ; SILVA, DÉBORA O.C. E ; SARTORATTO, PATRÍCIA P. C. ; ASSIS, MARILDA D. . Iron(III) porphyrin covalently supported onto magnetic amino-functionalized nanospheres as catalyst for hydrocarbon and herbicide oxidations. *Journal of the Brazilian Chemical Society (Impresso)* **JCR**, v. 23, p. 1411-1420, 2012.

Citações: **WEB OF SCIENCE™** 7 | **SCOPUS** 16

Resumos publicados em anais de congressos

1. PALCHETTI, C. Z. ; BERTINATO, J. F. ; PANIZ, C. ; LUCENA, M. R. ; **Amorim, P.M.S.** ; MORESCO, R. N. ; SAUER, E. ; GARCIA, S. C. ; GUERRA-SHINOHARA, E. M. . Oxidative stress status and folate biomarkers in brazilian individuals exposed to mandatory flour fortification. In: 19th International Conference on Oxidative Stress Reduction, Redox Homeostasis and Antioxidants. In: 19th International Conference on Oxidative Stress Reduction, Redox Homeostasis and Antioxidants, 2017, Paris. *Journal of International Society of Antioxidants in Health & Nutrition (JISANH - Archives)*, 2017. v. 3. p. 141.
2. ★ PALCHETTI, C. Z. ; BERTINATO, J. F. ; PANIZ, C. ; LUCENA, M. R. ; **Amorim, P.M.S.** ; PFEIFFER, C. M. ; FAZILI, Z. ; MORESCO, R. N. ; GARCIA, S. C. ; SHINOHARA, E. M. G. . The effects of a daily intervention with 5 mg of folic acid on copper, zinc and selenium concentrations and oxidative stress biomarkers. In: 2016 Epidemiology Congress of the Americas, 2016, Miami. *Congress of the Americas Abstract Book*, 2016. p. 347.
3. PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; LUCENA, M. R. ; CARLI, E. ; **Amorim, P.M.S.** ; ROEHRS, M. ; CARVALHO, J. A. M. ; FIGUEIREDO, M. S. ; COLLI, C. ; SHINOHARA, E. M. G. . HIGH DOSE (5 MG) DAILY FOLIC ACID SUPPLEMENTATION IN HEALTHY BRAZILIAN VOLUNTEERS IS ASSOCIATED WITH REDUCTION OF SERUM IRON AND INCREASED TOTAL IRON BINDING CAPACITY. In: Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular, 2015, São Paulo. *Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular*, 2015.
4. BERTINATO, J. F. ; PANIZ, C. ; LUCENA, M. R. ; **Amorim, P.M.S.** ; GOMES, G. W. ; FIGUEIREDO, M. S. ; GREEN, R. ; SHINOHARA, E. M. G. . High Dose (5mg) Daily Folic Acid Supplement in Healthy Brazilian Volunteers Increases Mononuclear TNF-α Expression and Reduces NK Cell Number and Activity. In: 55th ASH Annual Meeting & Exposition, 2015, New Orleans. *Blood* 2015, 2015. v. 126.
5. LUCENA, M. R. ; PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; GOMES, G. W. ; FIGUEIREDO, M. S. ; SHINOHARA, E. M. G. . MTHFR c.677C>T polymorphism was not associated with changes in serum and whole blood folate of Brazilian healthy volunteers submitted to intervention with 5 mg of folic acid daily.. In: Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular - HEMO 2015, 2015, São Paulo. *Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular - HEMO 2015*, 2015.
6. ★ PANIZ, C. ; LUCENA, M. R. ; BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; FIGUEIREDO, M. S. ; SONATI, M. F. ; Blaia-D7avila VL ; CANCADO, R. D. ; DOMINGOS, C. R. B. ; SHINOHARA, E. M. G. . B VITAMIN LEVELS AND RNA EXPRESSION OF DHFR IN PATIENTS WITH DIFFERENT DEGREES OF ERYTHROPOIESIS. In: Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular - HEMO, 2014, 2014, Florianópolis. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 2014. v. 36. p. 8-8.
7. BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; CARLI, E. ; FIGUEIREDO, M. S. ; COLLI, C. ; SONATI, M. F. ; SANTOS, M. N. N. ; Blaia-D7avila VL ; CANCADO, R. D. ; SHINOHARA, E. M. G. . IRON AND FOLIC ACID STATUS IN b-THALASSEMIA HETEROZYGOTE SUBJECTS AFTER FLOUR FORTIFICATION IN BRAZIL. In: Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular ? HEMO 2014 9, 2014, Florianópolis. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 2014. v. 36. p. 8-9.
8. LUCENA, M. R. ; PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; COSTA, P. L. B. ; BERTANHA, M. L. ; FIGUEIREDO, M. S. ; SHINOHARA, E. M. G. . DELETION OF 198P IN DHFR GENE WAS NOT ASSOCIATED WITH ALTERATION ON DHFR RNA EXPRESSION. In: Congresso Brasileiro de Hematologia, Hemoterapia e Terapia Celular ? HEMO 2014, 2014, Florianópolis. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 2014. v. 36. p. 9-9.
9. PANIZ, C. ; LUCENA, M. R. ; BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; GOMES, G. W. ; FIGUEIREDO, M. S. ; GREEN, R. ; CANCADO, R. D. ; DOMINGOS, C. R. B. ; Blaia-D7avila VL ; CLIQUET, M. ; SHINDHARA, E. M. G. . Elevated Serum Folic Acid Concentrations Were Associated with Higher mRNA Expression of DHFR Gene in Patients with Hereditary Spherocytosis. In: 56th American Society of Hematology - ASH, 2014, San Francisco. *Blood*, 2014. v. 124. p. 4005-4005.
10. LUCENA, M. R. ; PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; **Amorim, P.M.S.** ; JORGE, T. R. ; FIGUEIREDO, M. S. ; CANCADO, R. D. ; SONATI, M. F. ; SANTOS, M. N. N. ; Blaia-D7avila VL ; SHINOHARA, E. M. G. . No association was found between MTHFR and MTHFD1 SNPs and vitamin levels in people with increased and normal erythropoiesis, after compulsory flour fortification

ANEXO D – CURRÍCULO LATTES (continuação)

with folic acid. In: 56th American Society Hematology - ASH, 2014, San Francisco. Blood Journal, 2014. v. 124. p. 4877-4877.

Apresentações de Trabalho

1. GOMES, G. W. ; LUCENA, M. R. ; UELAND, P. M. ; MIDTTUN, O. ; PANIZ, C. ; BERTINATO, J. F. ; PALCHETTI, C. Z. ; **Amorim, P.M.S.** ; GUERRA-SHINOHARA, E. M. . Efeitos da intervenção diária com 5 mg de ácido fólico sobre os marcadores de ativação da resposta imunológica em indivíduos saudáveis.. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
2. **Amorim, P.M.S.** ; FAJARDO, C. M. ; OLIVEIRA, R. P. S. . Ações Realizadas para melhoria do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. 2015. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
3. **Amorim, P.M.S.** ; ASSIS, M. D. ; FARIA de, A. L. . Preparação e Atividade Catalítica de uma Ferroporfirina imobilizada em nanoesferas magnéticas de maguemita-silica. 2009. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
4. **Amorim, P.M.S.** ; FARIA de, A. L. ; ASSIS, M. D. . Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP. 2008. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

Eventos

Participação em eventos, congressos, exposições e feiras

1. Semana da Segurança Química: rodada de Palestras sobre Segurança. 2017. (Encontro).
2. XVI Simpósio de Biossegurança e Segurança Química e Biológica. 2017. (Simpósio).
3. Workshop sobre Educação em Segurança Química. 2016. (Simpósio).
4. XV Simpósio de Biossegurança e segurança química e biológica em instituições de ensino e pesquisa. 2016. (Simpósio).
5. IV Simpósio sobre Resíduos Sólidos da USP São Carlos. Ações realizadas para melhoria do plano de gerenciamento de resíduos químicos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. 2015. (Simpósio).
6. VI Simpósio de Pós-Graduação em Análises Clínicas - SIMPAC e I International Symposium on Pathophysiology and Toxicology. 2015. (Simpósio).
7. XIV Simpósio de Biossegurança e Descarte de Produtos Químicos Perigosos e Os Organismos Geneticamente Modificados (GMs) em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2015. (Simpósio).
8. XIII Simpósio de Biossegurança e Descartes de Produtos Químicos Perigosos e Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2014. (Simpósio).
9. XXVI Semana Interna de Prevenção de Acidentes. 2014. (Encontro).
10. V Simpósio de Pós Graduação em Análises Clínicas da FCF USP. 2013. (Simpósio).
11. XII Simpósio de Biossegurança e Descartes de Produtos Químicos Perigosos em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2013. (Simpósio).
12. XV Seminário Internacional do Meio Ambiente Industrial e Sustentabilidade. 2013. (Seminário).
13. XXV Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho - SIPAT. 2013. (Encontro).
14. 6 Congress of the International Society of Nutrigenetics / Nutrigenomics. 2012. (Congresso).
15. IV Simpósio de Pós Graduação em Análises Clínicas da FCF USP. 2012. (Simpósio).
16. VI Feira de Profissões. Química no Laboratório. 2012. (Feira).
17. XI Simpósio de Biossegurança e Descartes de Produtos Químicos Perigosos em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2012. (Simpósio).
18. III Simpósio de Pós-Graduação em Análises Clínicas. 2011. (Simpósio).
19. III Simpósio de Pós Graduação em Análises Clínicas da FCF USOSP. 2011. (Simpósio).
20. Planejamento Estratégico para a Vida 2011-Recarregando a Bateria Humana. 2011. (Seminário).
21. X Simpósio de Biossegurança e Descartes de Produtos Químicos Perigosos em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2011. (Simpósio).
22. I Simpósio Internacional de Hematologia do Programa de Pós-Graduação em Análises Clínicas. 2010. (Simpósio).
23. IX Simpósio de Biossegurança e Descartes de Produtos Químicos Perigosos em Instituições de Ensino e Pesquisa. 2010. (Simpósio).
24. 32 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Preparação e Atividade Catalítica de uma Ferroporfirina Imobilizada em Nanoesferas Magnéticas de Maguemita-silica. 2009. (Congresso).
25. Siciusp.MnTCCP ANCORADA EM QUITOSANA COMO CATALISADOR NA OXIDAÇÃO DE HIDROCARBONETOS. 2008. (Simpósio).