

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

RICARDO BARBOSA

AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM DISCIPLINAS DE
QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA E PROPOSTAS DE
REDUÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA

2015

RICARDO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM DISCIPLINAS DE
QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA E PROPOSTAS DE
REDUÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para a obtenção do título de mestre pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Erika Pereira Felix

Co orientadora: Profa. Dra. Valma Martins Barbosa

CURITIBA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B238a Barbosa, Ricardo
2015 Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de química orgânica e inorgânica e propostas de redução / Ricardo Barbosa.-- 2015.
175 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2015.
Bibliografia: f. 99-105.

1. Laboratórios químicos - Eliminação de resíduos - Estudo de casos. 2. Química - Estudo e ensino. 3. Resíduos perigosos. 4. Redução (Química). 5. Química verde. 6. Lixo - Eliminação - Aspectos ambientais. 7. Tecnologia ambiental - Dissertações. I. Felix, Erika Pereira, orient. II. Barbosa, Valma Martins, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. IV. Título.

CDD 22 -- 363.7

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM DISCIPLINAS DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA E PROPOSTAS DE REDUÇÃO

por

RICARDO BARBOSA

Dissertação apresentada às 14 horas do dia 26 de fevereiro de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, na área de concentração Tecnologias e Processos Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Curitiba. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Erika pereira Felix (Orientadora)
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dra. Cláudia Regina Xavier
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Profa. Dra. Patrícia Raquel da Silva Sottoriva
Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental
Universidade Positivo - UP

Prof. Dr. Fernando Hermes Passig
Coordenaodr do PPGCTA

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NA COORDENAÇÃO
DO PROGRAMA

DEDICATÓRIA

À minha família, pela compreensão, apoio, incentivo. Pelas horas ausentes, por tanto tempo distante e por tanta saudade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre em primeiro lugar.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, pela oportunidade, pelos recursos disponíveis e por tornarem possível a realização deste trabalho.

Às orientadoras Profa. Dra. Erika Felix e Profa. Dra. Valma Martins Barbosa pela dedicação, empenho e paciência.

Aos professores Fernando Molin e Dayane Mey Reis, por sua valiosa colaboração, sem a qual não teria sido possível a realização deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, pelo conhecimento adquirido, pelos ensinamentos transmitidos, pelas experiências compartilhadas.

Às funcionárias Suely Alves Vieira e Olga Gauza, pela prestatividade e colaboração.

À estagiária Jaqueline Volpe, por sua valiosa ajuda, por seu empenho e dedicação.

Aos alunos do Curso de Química, Guilherme Rubel Porn e Henry Vitor Maciele por sua participação e contribuição.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, pelo companheirismo, pelo apoio e por todos os momentos juntos.

À colega e amiga Marley pela inspiração e por tantas conversas “químico filosóficas”, que muito inspiraram este trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma, me apoiaram, incentivaram e ajudaram a prosseguir.

BARBOSA, Ricardo. Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de Química Orgânica e Inorgânica e propostas de redução. 2015. 175f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2015.

RESUMO

O Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR- Câmpus Curitiba conta hoje com 30 laboratórios dedicados a atividades de ensino e pesquisa. Atualmente, os resíduos gerados por esses laboratórios são recolhidos e seguem para disposição final. Neste trabalho, foi realizado um levantamento da atual situação da geração de resíduos químicos de laboratório no Departamento. Inicialmente os laboratórios de ensino foram selecionados para execução do trabalho por atenderem maior número de alunos e por suas atividades frequentes, sendo identificados os que atendiam maior número de alunos e onde eram executadas mais aulas práticas. Estudou-se as características dos resíduos gerados nestas aulas, com base nos planos de ensino, acompanhamento de algumas disciplinas durante a execução dos experimentos e registros do almoxarifado. Verificou-se as possibilidades de modificações experimentais, visando a prevenção da geração de resíduos, conforme enunciam os princípios da Química Verde. Desta forma, as disciplinas de Química Inorgânica e Orgânica foram consideradas com boas oportunidades de intervenção. Os roteiros experimentais dessas disciplinas foram estudados, e o inventário dos resíduos gerados por elas apontaram a geração de resíduos perigosos, segundo a NBR 10.004 da ABNT. Elaborou-se cinco novos roteiros de aulas práticas e as modificações metodológicas propostas envolveram a substituição de reagentes que pudessem originar resíduos perigosos contendo bário, chumbo, acetato de etila e clorofórmio. Realizou-se estudo na literatura, de modo a embasar teoricamente as propostas, as quais foram testadas em laboratório. Os testes realizados atingiram os objetivos propostos, comprovando a possibilidade de aplicação das modificações sugeridas. Um dos roteiros modificados foi aplicado em aula prática com o objetivo de verificar sua aplicabilidade e como os alunos receberiam as mudanças. Os alunos executaram e verificaram os fenômenos conforme os objetivos do roteiro, comprovando que o aprendizado não foi prejudicado e que o caráter didático da aula foi mantido. Concluiu-se que é possível executar as aulas práticas das disciplinas citadas prevenindo a geração de resíduos perigosos por meio de técnicas simples e aplicáveis, mantendo-se os objetivos iniciais das aulas práticas e incorporando-se princípios da Química Verde.

Palavras chave: Redução na fonte, Prevenção à poluição, Resíduos, Química verde, Gerenciamento de resíduos de laboratório.

BARBOSA, Ricardo. Assessment of waste generation in Organic and Inorganic Chemistry disciplines and reduction proposals. 2015. 175f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2015.

ABSTRACT

The Academic Department of Chemistry and Biology of UTFPR- Campus Curitiba today has 30 laboratories dedicated to teaching and research activities. Currently, waste generated by these laboratories are collected and proceed to final disposal. In this study, we conducted a survey of the current situation of the generation of laboratory chemical waste in the Department. Initially teaching laboratories were selected for execution of work for meeting more students and their frequent activity, were identified that met more students and where they were executed more practical classes. Studied the characteristics of the waste generated in these classes, based on the teaching plans, monitoring of some subjects during the execution of experiments and records the warehouse. There was the possibility of experimental changes, preventing the generation of waste, as set out the principles of green chemistry. Thus, the disciplines of Inorganic and Organic Chemistry were considered with good opportunities for intervention. The experimental manuals of these subjects were studied, and the inventory of the waste generated by them showed the generation of hazardous waste according to NBR 10004 of ABNT. We developed five new routes of practical classes and methodological changes proposed involved the replacement of reagents that could give rise to hazardous waste containing barium, lead, ethyl acetate and chloroform. It was proposed in the literature to explain theoretically proposed, which were tested in the laboratory. The tests met the proposed objectives, proving the applicability of the suggested changes. One of the modified scripts was applied in practical class in order to verify its applicability and how students receive the changes. Students performed and observed phenomena according to the objectives of the roadmap, proving that learning was not harmed and that the didactic nature of the class was held. In conclusion, you can perform the practical lessons of the disciplines mentioned preventing the generation of hazardous waste through simple and applicable techniques, maintaining the initial objectives of the practical classes and incorporating up principles of Green Chemistry.

Keywords: Reduction at source, pollution prevention, waste, green chemistry, laboratory waste management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de desenvolvimento do trabalho e execução da metodologia proposta.....	47
Gráfico 1: Quantidade de resíduos (em kg) enviados ao almoxarifado no período outubro de 2012 a agosto de 2014.....	61
Gráfico 2. Distribuição percentual de geração de resíduos pelos laboratórios em outubro de 2012.....	62
Gráfico 3: Distribuição percentual de geração de resíduos pelos laboratórios em agosto de 2014.....	62
Fotografia 1: Solução residual recolhida na aula 3.....	75
Fotografia 2. Resultado da substituição do cloreto de bário.....	85
Fotografia 3: Resultado da substituição do hidróxido de bário (primeiro tubo) por hidróxido de cálcio (segundo tubo).....	86
Fotografia 4. Placa utilizada para testar a reatividade dos metais. Na ordem da esquerda para a direita, estão os pedaços de chumbo, zinco, cobre e estanho.	87
Fotografia 5: Reações entre as substâncias listadas e cloreto de estanho II 10% (tubo da esquerda e acetato de chumbo II 10% (tubo da direita).....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Os 12 Princípios da Química verde.....	20
Quadro 2: Exemplos de modificações analíticas implementadas em procedimentos e seus resultados.....	35
Quadro 3. Recomendações gerais para gerenciamento de resíduos de laboratório.....	38
Quadro 4: Informações preliminares sobre os laboratórios do DAQBi e respectivas fontes de obtenção.....	48
Quadro 5: Perguntas do questionário aplicado, respostas previstas com seus respectivos pesos (entre parênteses) e comentários referentes.....	52
Quadro 6: Relação de laboratórios do DAQBi, e tipo de atividade exercida.....	56
Quadro 7: Relação de aulas práticas no laboratório de química inorgânica no segundo semestre de 2013.....	64
Quadro 8: Relação de aulas práticas no laboratório de química orgânica no segundo semestre de 2013.....	71
Quadro 9: Resíduos perigosos gerados (prioritários) e suas fontes geradoras.....	77
Quadro 10 : Resultados dos testes de reatividade dos metais.....	86
Quadro 11: Formação de precipitado observada nos testes de comparação dos sais acetato de chumbo II e cloreto de estanho II, com os reagentes citados.....	87
Quadro 12: Resumo dos resultados alcançados e princípios da química verde relacionados.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disciplinas do Curso de Química (Bacharelado) que apresentam aulas práticas como componente curricular no plano de ensino - Semestre 2013/1.....	57
Tabela 2 - Alunos matriculados no curso de Bacharelado em Química nos semestres 2013/1, 2013/2, 2014/1, 2014/2.....	58
Tabela 3 - Média de alunos matriculados e carga horária de aulas práticas das disciplinas listadas nos semestres 2013/1 a 2014/2.....	59
Tabela 4: Reagentes utilizados, número de reações realizadas e volume de soluções residuais geradas no laboratório de química inorgânica no segundo semestre de 2013.....	65
Tabela 5: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 01 do laboratório de inorgânica.....	66
Tabela 6: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 02 do laboratório de inorgânica.....	67
Tabela 7: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 03 do laboratório de inorgânica.....	69
Tabela 8: Rendimentos das reações nos experimentos das aulas 04 e 07 da disciplina Práticas de Química Orgânica.....	72
Tabela 9: Uso de água em condensadores nos experimentos "destilação fracionada" e "síntese da acetanilida".....	72
Tabela 10: Volume de soluções residuais e massa de resíduos sólidos coletados em cada aula realizada no segundo semestre de 2013.....	73
Tabela 11: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 02 do laboratório de orgânica.....	74
Tabela 12: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 03 do laboratório de orgânica.....	75
Tabela 13: Constante do Produto de Solubilidade (K _{PS}) a 25°C para as substâncias listadas.....	79
Tabela 14: Potenciais padrão em solução aquosa (25°C, 1atm).....	80
Tabela 15: Propriedades químicas dos elementos estanho e chumbo.....	81

Tabela 16. Propriedades toxicológicas do hexano e do clorofórmio.....	83
Tabela 17: Propriedades físico-químicas do acetato de etila e do clorofórmio.....	84

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA - Associação Americana de Saúde Pública

AWWA -Associação Americana de Pesquisas da Água

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos

IPHMR - Índice de Priorização Hierárquica de Minimização de Resíduos

LQBB - Laboratório de Químico Biotecnologia de Biomassas

LTPA - Laboratório de Tratamento e Potabilização de Água

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PGRCC - Programa de Gerenciamento de Resíduos do Câmpus Curitiba

PGRQ - Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos

PGRS - Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

UFJMV - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USP – Universidade de São Paulo

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

WPCP - Centro Federal de Controle da Poluição da Água

LISTA DE ACRÔNIMOS

CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica

DACOC – Departamento de Construção Civil

DAQBi – Departamento Acadêmico de Química e Biologia

EPA - Environmental Protection Agency

ESALQ - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

NIPTA - Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Tecnologia Ambiental

LATAR - Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias

LAPREB - Laboratório de Pesquisa Relacionada a Biomassa e Bioenergia

LEAQUA - Laboratório de Estudos Avançados em Química Ambiental

LEPER - Laboratório de Ensino e Pesquisa de Resíduos

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

SUASA - Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 - OBJETIVOS	18
2.1 - OBJETIVO GERAL	18
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE	19
3.1.1 Micro escala	22
3.1.2 Prevenção à poluição	23
3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS	24
3.2.1 Resíduo perigoso	25
3.2.2 Resíduo tóxico	26
3.2.3 Resíduos químicos de laboratório	27
3.2.4 Redução, minimização e destinação final de resíduos	27
3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	28
3.3.1 Inventário	29
3.3.2 Hierarquia	30
3.4 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM LABORATÓRIOS DE QUÍMICA.....	31
3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIO.....	35
3.6 POLUIÇÃO E DANOS À SAÚDE CAUSADOS POR RESÍDUOS QUÍMICOS	39
3.7 - O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NOS LABORATÓRIOS DO DAQBI - ESTUDO DE CASO.....	42
3.8 MÉTODO DE VALORAÇÃO DE RESÍDUOS	45
4 - METODOLOGIA	47
4.1 - LEVANTAMENTO DE LABORATÓRIOS, AULAS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS	48
4.2 DEFINIÇÃO DOS LABORATÓRIOS E DAS DISCIPLINAS PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO	48
4.3 – IDENTIFICAÇÃO DE FONTES, MEDIDAS E CÁLCULO DAS QUANTIDADES GERADAS PARA ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE RESÍDUOS DAS DISCIPLINAS SELECIONADAS.....	50
4.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS E SELEÇÃO DAS PRIORIDADES DE MODIFICAÇÃO.....	50
4.5 - ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS MODIFICADOS	53

4.6 - REALIZAÇÃO DOS TESTES EXPERIMENTAIS.....	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1 LEVANTAMENTO DE LABORATÓRIOS, AULAS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS	56
5.1.1 Avaliação da geração de resíduos nas aulas de Química Inorgânica	64
5.1.2 - Avaliação da geração de resíduos pela disciplina Práticas de Química Orgânica	70
5.2 - MODIFICAÇÕES PROPOSTAS PARA OS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS PERIGOSOS.....	76
5.2.1 Eliminação da solução residual contendo cátions Ba ⁺²	77
5.2.3 Redução da geração das soluções residuais contendo cátions Pb ⁺²	79
5.2.4 Reutilização de acetato de etila, clorofórmio e naftaleno.....	82
5.3 - Resultados dos testes e roteiros modificados	84
5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
6 CONCLUSÕES	94
7 RECOMENDAÇÕES.....	96
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICES.....	105
ANEXOS.....	138

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um dos maiores desafios na atualidade. Promover o crescimento e o desenvolvimento econômico e preservar os recursos naturais do planeta, obriga países desenvolvidos e em desenvolvimento a buscar novas alternativas em relação à preservação do equilíbrio do ambiente. A adoção de estratégias relacionadas ao controle da poluição não é mais suficiente, sendo que medidas de preservação e uso racional dos recursos naturais se fazem necessárias e indispensáveis. A consciência sobre a importância de ações de gestão, gerenciamento e planejamento é fruto de uma evolução do pensamento dos cidadãos e empresas, sobre os danos causados por diversas atividades domésticas e empresariais (SANTOS et al., 2012).

Atualmente, a preocupação com a poluição do meio ambiente é ponto central a ser considerado em qualquer tipo de atividade. Historicamente, no Brasil, a legislação ambiental vem evoluindo a partir da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída em 1981 pela Lei 6.938. Na referida lei, foram criados o Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama e o Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. A partir de então, foram criadas várias outras leis de proteção ambiental como a lei 9.433/97, denominada lei das Águas, a lei 9.605/96, lei de Crimes Ambientais e a lei 9.974/00, a lei dos agrotóxicos, dentre outras (AZEVEDO; DELMANTO; MORAES, 2005).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela lei 12.305/10, enfoca a prevenção e a redução na geração de resíduos, propõe hábitos de consumo sustentável, reciclagem, reutilização dos resíduos e destinação adequada para rejeitos. Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e cidadãos sobre os resíduos gerados (COLARES; MATIAS, 2013).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, órgão consultivo e deliberativo do Sisnama, desde a sua criação em 1981 vem editando numerosas resoluções para dar cumprimento, do ponto de vista técnico para as referidas leis, como por exemplo, a Resolução Conama 313/02 que dispõe sobre o inventário de resíduos sólidos industriais, classificação na qual se inserem os resíduos de laboratório (AZEVEDO; DELMANTO; MORAES, 2005)

O problema da gestão de resíduos no Brasil é histórico e se repete quase de maneira uniforme em todos os municípios. Há serviço de coleta e transporte, sendo que a disposição é feita em áreas afastadas, na maioria das vezes, em locais impróprios e tecnicamente despreparados para esse fim. Em 02 de agosto de 2014 finalizou-se o prazo de quatro anos estipulado pela lei 12.305/10, para que os municípios brasileiros erradicassem os depósitos irregulares, conhecidos como lixões. Dos 5.565 municípios brasileiros, 3.334 não cumpriram a lei (CALDERONI; SANTIAGO, 2014). Em Curitiba, de acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (2014), os resíduos sólidos urbanos são destinados a aterro sanitário desde 1989.

No Brasil, há uma tendência em se considerar como impactantes os resíduos gerados em grandes quantidades, estando os geradores sujeitos a maior rigor e frequência de fiscalização por parte dos órgãos competentes, como o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA e o Instituto Ambiental do Paraná -IAP; em contrapartida pequenos geradores, como laboratórios, clínicas, estabelecimentos comerciais, instituições de ensino, áreas de lazer são considerados menos impactantes e raramente são fiscalizados por tais órgãos (SASSIOTO, 2005).

Os laboratórios de química, presentes em indústrias, centros de pesquisa e instituições de ensino, como escolas técnicas e universidades, são geradores de resíduos químicos e, devido à ausência de uma legislação específica, orientações técnicas e descaso pela questão, em sua maioria não implementaram sistemas de gerenciamento para seus resíduos, confiando muitas vezes, na premissa de que as pequenas quantidades geradas não são suficientemente capazes de causar danos ambientais (SASSIOTO, 2005).

A geração de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisas na área química é desprezível quando comparada à das indústrias de grande porte deste mesmo ramo. Entretanto, na rotina de trabalho de um laboratório de ensino de química, são executadas análises diversas, com variáveis graus de complexidade, que utilizam inúmeras espécies químicas (ZACANARO JR.; 2002).

Uma vez que as instituições de ensino de química são geradoras de resíduos químicos, as mesmas não podem mais negligenciar sua responsabilidade, e cabe a estas instituições criar e aplicar, de acordo com sua realidade, sistemas de gerenciamento de resíduos, que contemplem suas

particularidades e que sejam capazes de resolver o problema da geração de resíduos (DEMAMAN et al., 2004).

Pelo seu caráter tecnológico, a UTFPR tem o dever de desenvolver tecnologias inovadoras que representem um real avanço sobre as práticas tradicionalmente usadas. Pretende-se com esta pesquisa, contribuir para um melhor conhecimento das fontes geradoras de resíduos no Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Curitiba. Faz parte da proposta, aplicar medidas de caráter simples no tocante à redução da geração de resíduos, que possam ser aplicadas de imediato, contribuir para o banco de informações da instituição e subsidiar estudos futuros que possam aprofundar e aprimorar as soluções propostas, fortalecendo e realimentando um programa de gerenciamento de resíduos existente, visando melhoria contínua.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

- Avaliar a geração de resíduos nas aulas das disciplinas de Química Orgânica e Inorgânica do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR - Curitiba e propor medidas para sua redução.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1 - Realizar levantamento de dados sobre a geração de resíduos nos laboratórios do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR-Curitiba e selecionar os laboratórios considerados prioritários para estudo de caso.

2 – Identificar os resíduos prioritários nos laboratórios selecionados, cuja geração necessite ser reduzida.

3 - Elaborar e avaliar os roteiros para os procedimentos experimentais modificados e verificar comparativamente os efeitos das modificações sobre a geração de resíduos e a prática pedagógica.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

A Química é uma das ciências que mais benefícios trouxe à humanidade, e influenciou a sociedade moderna. Pelo desenvolvimento de uma enorme quantidade de metodologias e tecnologias de análise e tratamento, é possível diagnosticar e prevenir doenças, controlar e monitorar a poluição ambiental, atestar qualidade de produtos, dentre inúmeras outras aplicações. Desenvolver produtos químicos, processos e pesquisas envolvendo a criação rápida e eficiente de substâncias químicas úteis para a indústria e a sociedade sempre foi o eixo norteador da química como ciência. No entanto, historicamente, a Química se desenvolveu sem levar em conta os impactos sobre a saúde e o meio ambiente, sendo muitas vezes, por isso, referida como uma atividade poluidora (PENATTI; GUIMARÃES; SILVA; 2008).

A Química Verde surgiu no início dos anos 90 com diferentes nomes, como Química Sustentável e Química Limpa. De acordo com a *International Union for Pure and Applied Chemistry - IUPAC*, Química Verde é definida como "invenção, projeto e aplicação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso e geração de substâncias perigosas" (SANGHI; SINGH, 2012).

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, do Ministério do Meio Ambiente, considerando a necessidade de adequar o Brasil para novos paradigmas da economia da sustentabilidade baseada no uso de matérias-primas renováveis, afirma que é necessário estabelecer uma dinâmica de inovação e competitividade para a indústria brasileira baseada em processos químicos que usam matérias-primas renováveis dentro do contexto da Química Verde. Para tanto, faz-se fundamental a estruturação de uma Rede Brasileira de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Química Verde e a Criação de uma Escola Brasileira em Química Verde (CENTRO..., 2010).

A Química Verde adota a prática sustentável da ciência Química Tecnológica que, dentro do âmbito das boas práticas da ecologia industrial, de uma maneira segura e não-poluente, consome quantidades mínimas de

materiais e energia, produzindo pouco ou nenhum resíduo e minimiza a utilização e o manuseio de resíduos perigosos não liberando estas substâncias para o ambiente. Nesta percepção, a Química Verde, aborda em seus 12 princípios básicos, o uso de substâncias menos nocivas, a redução do consumo e a minimização dos desperdícios de matéria e energia. O Quadro 1 apresenta os 12 princípios da Química Verde (MANAHAM, 2013) .

Princípio	Enunciado
1	Prevenção. Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou "limpá-lo" após sua geração.
2	Economia de Átomos. Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final
3	Síntese de Produtos Menos Perigosos. Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4	Desenho de Produtos Seguros. Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
5	Solventes e Auxiliares mais Seguros. O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
6	Busca pela Eficiência de Energia. A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7	Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima. Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
8	Evitar a Formação de Derivados. A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9	Catálise. Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos
10	Desenho para a Degradação. Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
11	Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição. Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12	Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes. As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Quadro 1: Os 12 Princípios da Química Verde. Fonte: Manaham, 2010. Autoria: Própria.

Desde 1991 a química verde, foco formal da *Environmental Protection Agency* (EPA), tornou-se um dos objetivos desta agência, que vem, desde então encorajando e incentivando empresas a encontrarem voluntariamente soluções para reduzir as consequências ambientais de suas atividades (BAIRD; CANN, 2011). Dentre os 12 princípios da química verde, merece

destaque o princípio 1 “ É melhor prevenir a formação de um resíduo do que tratar ou remediar depois que ele foi produzido”, pois atribui ênfase à prevenção à poluição na fonte. Os princípios de 2 a 5, enfocam a importância do planejamento dos métodos, aproveitamento máximo da eficiência das reações químicas com economia de reagentes e menos geração de resíduos, menor uso de substâncias auxiliares como solventes e agentes de separação. O princípio 12 enfoca a importância de se minimizar riscos e o potencial de acidentes químicos.

Um conceito importante na química verde é a economia de átomos, que consiste na linha de pensamento: “quantos átomos de reagentes são incorporados no produto final desejado e quantos são desperdiçados?”. Este conceito amplia o entendimento tradicional da estequiometria das reações químicas e se baseia no percentual das massas moleculares que efetivamente se transformam em produtos desejados. Deste modo, é possível identificar o percentual da massa molecular e quantos átomos foram desperdiçados dando origem a subprodutos em uma reação química (BAIRD; CANN, 2011).

No Brasil, os conceitos da Química Verde vem sendo aplicados sobretudo na indústria de bioenergia, onde são realizadas muitas pesquisas e existem grande avanços, que aliados ao potencial do país em produzir energia a partir de fontes renováveis, o projetam no cenário mundial. As universidades brasileiras desenvolvem a aplicação dos conceitos de química verde no seu dia a dia, sendo que as ações atuais envolvem a gestão, gerenciamento e tratamento de resíduos (CENTRO..., 2010).

O paradigma proposto pela Química Verde fornece princípios e conceitos básicos para a redução dos desperdícios e maior aproveitamento das substâncias como recursos, o que leva ao encontro da sustentabilidade. Quando este paradigma se expande ao planejamento de processos por profissionais de todas as áreas, surge o conceito de química sustentável (BAIRD; CANN, 2011). Todas as áreas da Química desenvolveram-se muito antes dos conceitos de Química Verde e Química Ambiental, ao passo que hoje, as atividades desta ciência se reinventam de modo a abrangê-los efetivamente (EWING, 1972).

Marques e Leal (2008, p. 1) afirmam que a Química Verde se consolida como um dos novos campos de pesquisa da Química, e um dos seus aspectos fundamentais é o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos

químicos para reduzir ou para eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas, reforçando a necessidade de se incluir na formação acadêmica, conceitos que possam superar os atuais, em relação à práticas sustentáveis. Atualmente, muitos cursos de Química nas diversas universidades brasileiras apresentam em seus currículos a disciplina Química Ambiental, bem como outras dentro da mesma temática. Entretanto, poucos apresentam os conceitos laboratoriais sobre a prevenção da geração de subprodutos indesejáveis e tóxicos ao ambiente, que é o princípio fundamental da Química Verde, assim como o desenvolvimento de práticas de ensino em laboratório adaptadas a este novo conceito da química (PRADO, 2003)

A aceitação e adoção desse novo campo de atividades da Química nos anos recentes se devem ao esforço bem sucedido de se acoplar os interesses da inovação química simultaneamente aos objetivos da sustentabilidade ambiental e aos objetivos de caráter industrial e econômico. A razão pela qual a Química assumiu tamanha importância nestas últimas décadas se deve ao fato dela se situar no centro de muitos processos que impactam o meio ambiente, e ao mesmo tempo sustenta setores vitais da economia (CENTRO..., 2010).

Aplicar na realidade dos cursos de química, os conceitos da química verde, exige esforços que devem ser criativos, pois a grande diversidade de resíduos gerados faz com que soluções tradicionais dificilmente obtenham sucesso (MICARONI, 2002).

3.1.2 Micro escala

As técnicas de trabalho em micro escala surgiram nos Estados Unidos em 1980 no Bowdoin College e se difundiram rapidamente. Consistem na redução drástica das quantidades dos reagentes utilizados em qualquer experimento. Enquanto a “macro escala” típica requer quantidades que variam de 5 a 15 gramas de reagentes, a micro escala opera os mesmos experimentos usando quantidades de reagentes que variam de 50 a 150 miligramas (MICARONI, 2002).

As vantagens da operação em micro escala são claras e irrefutáveis, pois como são utilizados menores quantidade de reagentes e vidrarias menor volume, geram-se menos resíduos e consome-se menos energia, acarretando em grande economia de recursos financeiros. Além disso, diminui-se a exposição dos professores e alunos às espécies químicas perigosas. Mistura, Vaniel e Linck (2010, p. 58) definem adicionalmente ao conceito de micro escala, a realização de experimentos em grupos, ou mesmo sua execução de forma demonstrativa, desde que não prejudique o desenvolvimento pedagógico e didático das atividades experimentais.

3.1.3 Prevenção à poluição

A partir do amadurecimento da legislação ambiental, decorrente da experiência nos mecanismos de controle ambiental, chegou-se à percepção de que as medidas atuais de controle de poluição deveriam ser reformuladas, de modo que fossem associadas a elas, estratégias de prevenção à poluição. Até então, tudo o que se havia conseguido, em termos de controle da poluição, era dar tratamento e destino final aos resíduos gerados. Entretanto, resíduo bom é aquele que não é gerado, linha de pensamento que deu origem ao conceito de Prevenção à Poluição, que é definida como qualquer prática que possa reduzir a quantidade ou impacto ambiental e na saúde, de qualquer poluente antes da sua reciclagem, tratamento ou disposição final, incluindo modificações em equipamentos e tecnologias, reformulação ou reprojeto de produtos, substituição de matérias primas e melhoria organizacional, treinamento ou controle de inventário (GERBASE; GREGÓRIO; CALVETE, 2006).

Pelo conceito de prevenção à poluição, é sempre melhor desenvolverem-se estratégias de redução da geração de resíduos, almejando promover mudanças ou modificações em planejamentos, projetos, práticas e hábitos, do que simplesmente buscar formas de tratamento para as grandes quantidades de resíduos geradas. (JARDIM, 1993).

As normas da série ISO 14.000, orientam a aplicação de sistemas de gestão ambiental focados na prevenção à poluição. Diante do interesse em práticas de gestão mais eficientes, melhor postura perante o mercado

consumidor, cumprimento da legislação e postura corporativa, a iniciativa privada, vem constantemente, aderindo a práticas de gestão que enfocam o uso racional de matérias-primas, com vistas à menor geração de resíduos e menores investimentos em tratamento de efluentes (MICARONI; BUENO; JARDIM, 2000).

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a Fundação Nacional da Saúde – Funasa, em 2013, foram produzidos no Brasil, 183 mil toneladas de resíduos sólidos por dia. É consenso, entre todos os setores da sociedade, a urgência na adoção de um sistema de manejo adequado dos resíduos, definido por meio de uma política para a gestão que garanta a melhoria da qualidade de vida, promova as práticas recomendadas para a saúde pública e o saneamento ambiental (SCHALCH et al., 2005).

A Lei 12.305/10, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, define estes resíduos como: 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 semi-sólido, 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 (BRASIL, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos harmoniza-se com diversas outras leis, compondo o arcabouço legal que influirá na postura da totalidade dos agentes envolvidos no ciclo de vida dos materiais presentes nas atividades econômicas. Está fortemente relacionada com a Lei Federal de Saneamento Básico (11.445/07), com a Lei de Consórcios Públicos (11.107/05) e ainda com a Política Nacional de Meio Ambiente (6.938/81) e a lei da Educação Ambiental (9.795/99), entre outros documentos importantes (BRASIL, 2011).

Resíduos Sólidos são definidos como:

"Aqueles nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Incluem-se na definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles instalados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível"(ASSOCIAÇÃO..., 2004, p. 1).

Os resíduos sólidos são classificados em função de sua origem, podendo ser resíduos domiciliares, comerciais, públicos, agrícolas, industriais, de serviço de saúde, radioativos, e entulhos. Os resíduos são divididos em Classe I -perigosos- e Classe II - não perigosos - que podem ser II A "não inertes" ou II B, "inertes". Os resíduos industriais, classificação em que usualmente são enquadrados os resíduos de laboratórios químicos, são frequentemente considerados resíduos perigosos (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013).

3.2.1 Resíduo perigoso

Uma substância perigosa é aquela que representa algum perigo para os seres vivos, os materiais, as estruturas ou o ambiente, devido ao risco de explosões, incêndios, toxicidade ou quaisquer outros e efeitos nocivos. Substâncias não perigosas que sejam descartadas incorretamente, que possam interagir com outras e resultar em substâncias perigosas também são consideradas como resíduo perigoso. (MANAHAM, 2013).

De acordo com a NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO...,2004) resíduos perigosos são aqueles cujas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade possam causar danos ao ser humano e à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou apresentando efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. O anexo C da referida norma, denominado "Substâncias que conferem periculosidade ao resíduo", especifica quais são as espécies químicas que uma vez presentes no resíduo, em qualquer concentração, o tornam passível desta classificação.

De acordo com a NBR 10.004, a classificação de resíduos envolve a identificação criteriosa dos seus constituintes e características, segundo as matérias primas, os insumos, o processo ou atividade que lhes deu origem. A partir desta identificação é feita a comparação destes com a listagem de resíduos e substâncias que podem causar impacto à saúde e ao meio ambiente, para que possam ser gerenciados adequadamente (BRASIL, 2011).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2011, afirma que os geradores ou operadores de resíduos perigosos estão obrigados, pela força da lei, a comprovar capacidade técnica e econômica para o exercício da atividade, inscrevendo-se no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, e deverão elaborar plano de gerenciamento de resíduos perigosos, submetendo-o aos órgãos competentes. O cadastro técnico ao qual estarão vinculados é parte integrante do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (BRASIL, 2011).

3.2.2 Resíduo tóxico

Toxicologia é o estudo dos efeitos danosos de substâncias estranhas aos organismos vivos. Dados toxicológicos podem ser baseados em efeitos agudos (toxicidade aguda), que são observáveis pelo rápido surgimento de sintomas, concentrados em curtos espaços de tempo; podem também, ser baseados em efeitos crônicos, que surgem durante longos períodos de tempo de exposição contínua (toxicidade crônica), que é de maior interesse para os estudos ambientais (BAIRD; CANN, 2011).

Um agente tóxico é uma substância prejudicial aos organismos vivos por causa dos efeitos que exerce em tecidos, órgãos ou processos biológicos. Pode estar presente no ambiente em diferentes formas físicas e sua ação depende do tipo de organismo exposto, da quantidade da substância e da via de exposição (MANAHAM, 2013).

Toxicidade é definida pela Norma NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) como propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo, sendo o agente tóxico a substância ou mistura cuja inalação,

ingestão ou absorção cutânea tenha sido cientificamente comprovada como tendo efeito adverso (tóxico, carcinogênico, mutagênico, teratogênico ou ecotoxicológico). No anexo E da referida norma, "Substâncias que conferem toxicidade ao resíduo", constam as espécies químicas que conferem toxicidade ao resíduo, e no anexo D, as substâncias agudamente tóxicas.

3.2.3 Resíduos químicos de laboratório

São definidos como quaisquer materiais no estado sólido, semi-sólido, líquido ou gasoso, resultantes de atividades laboratoriais de estabelecimento de ensino, pesquisa, podendo ser produtos químicos comprados fora de especificação, obsoletos ou alterados; produtos químicos vencidos ou sem previsão de utilização; produtos de reações químicas, resíduos de análises químicas, sobras de amostras contaminadas, sobras da preparação de reagentes; frascos ou embalagens de reagentes, resíduos de limpeza de equipamentos de laboratórios e materiais contaminados com substâncias químicas que oferecem riscos à saúde humana e ao meio ambiente (LASSALI, 2008).

Os resíduos químicos de laboratório merecem preocupação especial devido à complexidade dos seus compostos, seus vários níveis de toxicidade e características físico-químicas ou bioquímicas, muito distintas em suas particularidades de geração. Os resíduos gerados em laboratório são de grande diversidade, sendo geralmente classificados como resíduos perigosos de acordo com a Norma NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), o que vem levando as instituições a implantar sistemas de gerenciamento de resíduos (PENATTI; GUIMARÃES; SILVA, 2008).

3.2.4 Redução, minimização e destinação final de resíduos

Dentre os aspectos mais importantes da ecologia industrial, que considera um processo industrial como entidade única e tem como foco principal o uso eficiente de recursos naturais, estão a redução e minimização de resíduos. A redução de resíduos está relacionada com cortes nas

quantidades de resíduos na sua origem enquanto a minimização utiliza-se de processos de tratamento que reduzem as quantidades de resíduos que requeiram descarte final. Os modos como as quantidades de resíduos podem ser reduzidas incluem a redução na fonte, a separação e a concentração de resíduos, a recuperação de recursos e a reciclagem (MANAHAM, 2013).

Um dos principais componentes num programa de minimização de resíduos é a avaliação prévia dos tipos e quantidades de resíduos gerados pelas diferentes unidades geradoras. A avaliação das correntes de resíduos deve fornecer informações que permitam a identificação, o levantamento e análise das várias opções de redução de resíduos de uma maneira sistemática e abrangente. Esta avaliação ou inventário prévio dos resíduos é o componente técnico do programa de minimização de resíduos que gera subsídios para análises mais detalhadas (MICARONI, 2002).

Destinação final é a forma e o local escolhido, tecnicamente viável, para receber de forma definitiva e irreversível, o resíduo descartado (BRASIL, 2010). Sob o ponto de vista da legislação nacional, tratada pela Lei 12.305/10 sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos:

“VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010).

3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

A lei 12.305/10 define em seu artigo 3 que o gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos

sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A gestão integrada de resíduos sólidos é definida pela mesma lei como o conjunto de ações que visem a busca de soluções para a questão dos resíduos sólidos, levando-se em conta o ponto de vista político, econômico, ambiental, cultura e social, sob a premissa de se promover o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Schalch et al. (2002, p.71), conceituam gestão de resíduos sólidos como as atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor pertinente para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e meios. De acordo com os mesmos autores, gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho.

Ações que envolvem a prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos usualmente levam ao aumento na produtividade e são adotadas pelas empresas por meio de seus sistemas de gestão da qualidade (SÃO PAULO, 1996).

3.3.1 Inventário

A Política Nacional de Resíduos Sólidos institui como instrumento para o gerenciamento de resíduos, o Inventário de Resíduos Industriais. Por meio deste instrumento as indústrias devem apresentar aos órgãos ambientais as informações referentes à geração de resíduos, suas características, formas de armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação, destinação e disposição final (ADISSI, PINHEIRO E CARDOSO, 2013).

O inventário é o primeiro passo para o estabelecimento de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos industriais, pois permite identificar, classificar e descrever todos os resíduos gerados, bem como as áreas do processo que geram os resíduos, suas características, quantidades e volumes; informações sobre transporte, manuseio e destinação final. O inventário fornece subsídios para pesquisa de tecnologias que visem a redução da geração de resíduos, sua reciclagem e reaproveitamento energético (LORA,

2002). A gestão de resíduos industriais requer uma abordagem gerencial que identifique, além das fontes e tipos de resíduos os processos industriais que reduzam a sua geração e seu melhor aproveitamento em outros processos (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013).

É imprescindível, para o sucesso de qualquer programa de gestão de resíduos, que o responsável pelos resíduos seja o gerador e, em se tratando de resíduos químicos de laboratório, deve-se realizar na instituição de ensino, um detalhado inventário sobre os resíduos gerados (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

3.3.2 Hierarquia

A Lei Federal 12.305, cria uma hierarquia a ser observada para a gestão dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Fica então instituída uma ordem de precedência que deixa de ser voluntária e passa a ser obrigatória (BRASIL, 2011). Um programa de gerenciamento de resíduos deve sempre se nortear pelo princípio da responsabilidade objetiva, cabendo ao seu gerador a responsabilidade de aplicar a hierarquia de atividades para seu destino (SASSIOTO, 2005):

- 1 - Prevenção na geração do resíduo, seja ele perigoso ou não;
- 2 - Minimização da proporção de resíduos perigosos que são eventualmente gerados;
- 3 - Segregação e concentração de correntes de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a atividade gerenciadora;
- 4 - Reuso interno e externo;
- 5 - Reciclagem do componente material ou energético dos resíduos;
- 6 - Manutenção de todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento;
- 7 - Tratamento e disposição dos resíduos de maneira segura.

3.4 - GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM LABORATÓRIOS DE QUÍMICA

As características dos laboratórios de ensino e pesquisa envolvem a grande rotatividade de pessoas que fazem uso dos mesmos, professores, pesquisadores, técnicos e alunos em diferentes níveis de ensino, além da variabilidade das atividades exercidas. A manipulação de produtos químicos (solventes orgânicos, tóxicos, abrasivos, irritantes, inflamáveis, voláteis, cáusticos, dentre outros) é bastante variada, fazendo com que sejam necessárias ações de gerenciamento cuidadosas (HIRATA; HIRATA; FILHO; 2012).

A *Environmental Protection Agency* (EPA) estima que, nos Estados Unidos, laboratórios de química são responsáveis pela geração de 0,1 a 1% dos resíduos perigosos (COMMITTEE., 1995). No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente não tem informações seguras a respeito desta geração, e a ausência de uma legislação específica para este tipo de atividade, faz com que as fiscalizações por parte dos órgãos legalmente constituídos não tenham respaldo, o que dificulta a aplicação de penalidades. Os próprios gestores dos laboratórios precisam recorrer a legislações como a RDC 306/04 (Resíduos de Serviço de Saúde) e CONAMA 313/02 (Inventário de Resíduos Industriais) (MICARONI, 2002).

É necessário que sejam feitas alterações em metodologias analíticas em laboratórios, pois diversos estudos comprovaram, de forma incontestável, que a geração de resíduos em laboratório é prática frequente que vem se intensificando nos últimos anos (IMBROISE et al., 2006). Com o aumento da demanda de serviços de análise, novas tecnologias de pesquisa e maior acesso da população às instituições de ensino superior, vem aumentando o número de laboratórios voltados para ensino, pesquisa, controle e monitoramento ambiental, com a conseqüente intensificação do uso dos mesmos e geração de resíduos. Nas instituições de ensino superior, vem aumentando a quantidade de laboratórios, em função da melhoria na qualidade de ensino e maiores investimentos para realização de pesquisas científicas (SANTOS et al., 2012) .

A Química é uma ciência experimental, cujos diferentes fenômenos devem ser observados, sempre que possível, de modo a elucidar as teorias estudadas, bem como levar o estudante a propor novas ideias. As aulas experimentais são obrigatórias em qualquer curso de Química. No entanto, a forma tradicional de ensino de química é um paradoxo, pois, enquanto praticam-se sínteses, separações, purificações e análises, uma grande quantidade de resíduos é gerada. Uma das principais propostas do ensino da química, seja em nível médio, profissionalizante ou superior, é formar profissionais capazes de entender a matéria, suas transformações e propriedades, seja em ensaios de laboratório, na indústria ou no meio ambiente; estimar os efeitos das espécies químicas na saúde humana e os impactos causados por elas. (MICARONI, 2002).

Devido à geração de produtos perigosos, uma aula experimental de Química é uma atividade potencialmente poluidora e cabe às instituições de ensino conhecer os riscos envolvidos e planejar suas aulas de modo a minimizar este potencial poluidor, acabando assim com o paradoxo atualmente em uso, de formar profissionais em uma área tão importante para o desenvolvimento social, enquanto severos danos podem ser causados ao ambiente. É também momento oportuno para se refletir sobre a educação, postura e responsabilidade ambiental (LAUDEANO; BOSCO; PRATES, 2011).

Os professores, enquanto profissionais responsáveis, devem promover entre os alunos a discussão sobre a geração de resíduos e o destino para os mesmos. Descartar resíduos na pia ou simplesmente estocá-los em frascos reforça a ideia de que não há responsabilidade sobre os mesmos e que por serem gerados em pequena quantidade, serão diluídos nos rios sem consequências (Allen, *apud* MICARONI, 2002). O momento da aula é fundamental para exercício da educação ambiental aos estudantes de química, conforme cita Bandeira (2012, p. 25):

"Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco, a central de laboratórios de química solicita aos professores, quando da organização das suas aulas práticas que indiquem possíveis metodologias de tratamento dos resíduos gerados, o que muitas vezes não acontece, e os resíduos gerados durante a aula, acabam tendo que ser armazenados para serem tratados posteriormente" (BANDEIRA, 2012. p 25).

A maior parte de profissionais da química não foi preparada ou não recebeu a formação adequada para lidar com o problema de geração de resíduos e dos danos que os mesmos podem causar ao ambiente, e nem mesmo as instituições de ensino adotavam filosofias voltadas para isso (BENDASSOLLI et al., 2003).

No entanto, pelo princípio da responsabilidade objetiva, o gerador do resíduo é responsável por ele e para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que exista o nexo entre a causa e o efeito, entre a atividade e o dano (BRASIL, 1981). Desse modo, as instituições de ensino, cujos laboratórios lançam no ambiente seus resíduos, podem ser responsabilizadas pelos danos ambientais causados por eles.

Ao contrário das universidades americanas, as brasileiras, salvo poucas exceções, não apresentam ainda um sistema de informações sobre sua geração de resíduos e o destino dado aos mesmos. Entretanto, vem se observando nos últimos anos, um esforço maior no sentido de implantar sistemas de gerenciamento de resíduos, uma vez que o problema vem aumentando e tornando cada vez mais necessárias medidas para sua resolução (DEMAMAN et al., 2004).

Na Universidade de Brasília, por meio de pesquisa em que foram entrevistados os usuários dos laboratórios, constatou-se que, no início dos anos 2000, 52% de seus 278 laboratórios usavam produtos químicos em suas atividades, dos quais, 61% os descartavam da forma mais simples possível: nas pias ou nas latas de lixo. Nesta mesma pesquisa, foi também constatado, que 70% dos laboratórios geravam menos de 10 litros de resíduos por mês. A análise em conjunto destes resultados permite verificar a característica de pouco volume de resíduos gerados, mas de grande diversidade, comum a laboratórios químicos (IMBROISI et al., 2006).

Pesquisa realizada no departamento de Engenharia Química, da Universidade Estadual de Maringá comprovou que, efluentes de laboratório contendo metais pesados, originavam resíduos sólidos contendo alto teor desses metais. Soluções focadas exclusivamente em tratamentos de efluentes de laboratório tornam-se difíceis de serem aplicadas de forma eficiente, o que vem levando cada vez mais, a propostas de redução da geração de resíduos (BENATTI; COSTA; TAVARES, 2009).

Em experimentos realizados nos laboratórios de ensino de Química Inorgânica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foram pesquisados processos de tratamento para os resíduos gerados nas aulas desta disciplina. A cada aula foram identificados os resíduos gerados e para cada um, foi proposto um método de tratamento para o resíduo, antes que o mesmo fosse encaminhado ao centro de tratamento de resíduos da instituição. Gerbase, Gregório e Calvete (2006, p 403) comprovaram a possibilidade de implantação, com sucesso, de medidas de prevenção à poluição em laboratórios de graduação.

“Verificamos por meio dos resultados obtidos, que é possível implementar com sucesso um programa de Produção Mais Limpa e de Prevenção à Poluição em laboratórios de graduação, uma vez que as ações promoveram diminuição dos resíduos gerados na disciplina e maior conscientização dos estudantes quanto ao seu papel enquanto químicos” (GERBASE, GREGÓRIO E CALVETE, 2006, p. 403).

Nos laboratórios do CENA/USP, soluções aquosas contendo amônia foram tratadas com solução aquosa de ácido sulfúrico. “A amônia é recuperada na reação com solução de ácido sulfúrico 10 % (m/v) e o produto final, sulfato de amônio com concentração média de 50 g L⁻¹, é reutilizado como matéria prima no laboratório de isótopos estáveis” (BENDASSOLLI, et al., 2003).

Os casos citados mostram que existem pesquisas sendo feitas no sentido de se instituir sistemas de gerenciamento de resíduos em laboratórios de modo a minimizar sua geração, bem como tratá-los adequadamente antes de seu lançamento no meio. No entanto, menos esforços são observados no tocante à mudanças nos procedimentos experimentais e metodologias, com vistas à não geração de resíduos, conforme cita Micaroni (2002, p. 6)

“No Brasil, devido à falta de uma legislação específica para o tratamento de resíduos químicos, de um controle mais efetivo e de fiscalização em instituições de ensino, pesquisa ou prestadoras de serviços, estas unidades geradoras têm feito muito pouco com relação à minimização da produção e ao descarte correto de resíduos potencialmente perigosos” (MICARONI, 2002, p. 6).

Jardim, (1993, p. 14) afirma que a convalidação de dados analíticos gerados através de procedimentos padrões modificados de acordo com as metas de um programa de gestão ambiental é perfeitamente possível de ser feita de maneira razoavelmente simples. Em “ *Prudences Practices in the*

Laboratory”, (COMITTEE..., 1995) é apresentada uma série de possibilidades de substituições relativamente simples já testadas com sucesso. Algumas delas são mostradas no Quadro 2.

Procedimento	Metodologia tradicional	Metodologia modificada	Resultado
Estudo da Lei de Beer	Utilizava complexo cobre - amônia	Substitui o complexo cobre amônia por complexo ferro – ácido salicílico	Resíduo formado isento de cobre, de menor toxicidade e potencial poluidor
Sínteses orgânicas diversas	Utilização de fosfogênio em sínteses orgânicas	Substituição por de difosfogênio e trifosfogênio (cloro metil carbonato)	Diminuição da toxicidade do resíduo formado.
Lavação de vidrarias em laboratório	Utilizava solução contendo ácido crômico	Substituição por uma grande variedade de detergentes específicos.	Menor toxicidade dos efluentes de laboratório e maior biodegradabilidade.
Extração com solventes orgânico	Utiliza benzeno, com seu potencial efeito carcinogênio	Substituição em algumas aplicações, por tolueno.	Diminuição do potencial carcinogênico do efluente.
	Utiliza éter dietílico .	Substituição por metil tercbutil éter	Redução na tendência à formação de peróxidos, diminuindo o risco de explosões e acidentes durante o manuseio.

Quadro 2: Exemplos de modificações analíticas implementadas em procedimentos e seus resultados. Adaptado de Comittee..., 1995.

3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIO

Um programa de gerenciamento de resíduos deve focar não somente seu tratamento e destinação final, mas o desenvolvimento de tecnologias capazes de reduzir sua geração. “Planejamento experimental e executivo são as estratégias centrais para minimizar a geração de resíduos perigosos em um laboratório” (COMMITTEE..., 1995). O planejamento deve considerar todas as potenciais fontes de geração de resíduos que um determinado experimento pode apresentar, e deve incorporar estratégias que possam minimizar estas

fontes. As reações químicas podem ser cuidadosamente planejadas, por meio de cálculos estequiométricos, para serem realizadas na menor escala possível. Podem ser usadas vidrarias de menores volumes, de modo a economizar no uso de solventes e água para fazer sua ambientação, usar equipamentos analíticos mais precisos e sensíveis, avaliar as rotas alternativas possíveis para os produtos e sub produtos das reações químicas, incentivando seu reuso.

Deve-se considerar como parte de um programa de gerenciamento de resíduos, a possibilidade de utilização de experimentos virtuais. Nesse sentido, vem crescendo o uso da informática e programas computacionais para realização de experimentos mais complexos do ponto de vista da geração de resíduos. A implantação desses procedimentos demanda uma maior instrumentalização dos docentes em tecnologias alternativas, buscando-se uma maior inclusão digital e uso de softwares de simulação (MISTURA; VANIEL; LINCK, 2010).

A forma de tratamento dos resíduos de laboratório difere dos resíduos industriais, o que tornam necessários sistemas de gerenciamentos específicos. A geração de resíduo químico não é exclusiva das indústrias, uma vez que laboratórios de universidades, escolas e institutos de pesquisa também são geradores de resíduos de elevada diversidade, mas de volume geralmente reduzido, quando comparado ao industrial, representando 1% do total de resíduos perigosos (Classe I) produzidos em um país em desenvolvimento (MISTURA; VANIEL; LINCK, 2010),

Um sistema de gerenciamento de resíduos de laboratório deverá considerar uma pequena geração de resíduos, que está constantemente sujeita a mudanças em seus aspectos qualitativos. O grande problema destas formas de geração é a composição variada e inconstante que apresentam e que as propriedades químicas dos resíduos mudam constantemente, em função das modificações nas quantidades e na natureza dos reagentes utilizados, o que torna muito difícil a proposta de um método padrão e eficaz para o seu tratamento (JARDIM, 1993). Carvalho, Chagas e Machado (2010, p. 74) afirmam que estas características de complexidade e diversidade podem até mesmo impossibilitar o tratamento dos resíduos químicos de laboratório.

A implantação de programas de gerenciamento de resíduos em universidades enfrenta dificuldades devido a vários problemas, que são realidade em diversos câmpus, como a descentralização das unidades, muitas

vezes, espalhadas por todo um município ou até mesmo estado; frequentemente, as compras de materiais de laboratório são feitas em departamentos administrativos por meio de procedimentos de licitação, onde nem sempre existe flexibilidade quanto a quantidades compradas, qualidade dos produtos e planejamento de compras, o que faz que os departamentos responsáveis pelos laboratórios comprem excessivamente em períodos indeterminados.

Não há uma unidade centralizada para gestão de resíduos, implantação e manutenção de um programa de gerenciamento consistente e eficiente. Faltam informações e comunicação eficientes, essenciais para o sucesso de qualquer programa de gerenciamento de resíduos. Segundo Sassioto (2005, p.17), concomitantemente, faltam a consciência e a cultura de uma gestão responsável pelos resíduos por parte dos professores, funcionários e conseqüentemente, dos alunos. A autora afirma que uma substância química só se torna um resíduo quando informações são perdidas e as pessoas que lidam com ela estão desinteressadas ou possuem pouco ou nenhum conhecimento de química. É necessário um planejamento estratégico bem direcionado, metas estipuladas e ferramentas de execução capazes de atingir os objetivos esperados. "A implementação de um programa de gerenciamento de resíduos, é fundamentalmente uma mudança de atitude perante as práticas tradicionalmente utilizadas" (JARDIM, 1998).

É muito importante que a instituição esteja disposta não só a implementar, mas também sustentar um programa de gerenciamento de resíduos, pois tentativas frustradas podem desacreditar futuras ações. Um programa de gerenciamento deve ser centrado em mudanças de atitudes, e por isso deve ter como foco principal o envolvimento das pessoas (MICARONI, 2002).

Em um sistema de gerenciamento de resíduos de laboratório caberá ao professor buscar formas de minimizar a quantidade dos resíduos gerados nas aulas experimentais, bem como planejar a recuperação ou o descarte deles (MACHADO; MÓL, 2008). É igualmente importante, que se levanten questões e se promova o debate com seus alunos sobre a necessidade de se dispor corretamente rejeitos perigosos (GIMENEZ et. al., 2006). A teoria dos 4 Rs (Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recuperar) insere-se perfeitamente nessa proposta para trabalhar Educação Ambiental em aulas de Química. O quadro 3

apresenta recomendações gerais, necessárias para a aplicação de um sistema de gerenciamento de resíduos de laboratório.

Gerenciamento de resíduos de laboratório - recomendações gerais	
1	Reduzir fontes geradoras de poluição, diminuindo volumes e concentrações de reagentes químicos;
2	Utilizar reagentes que causem menor impacto ambiental, incluindo a saúde dos indivíduos;
3	Reutilizar, recuperar e reciclar, sempre que possível, os resíduos químicos, preservando recursos naturais;
4	Planejar a aquisição de produtos químicos em pequenas quantidades, evitando deterioração e acúmulo destes no laboratório, para diminuir os riscos de derramamentos, acidentes e incêndios;
5	Controlar o estoque de produtos químicos por meio de inventário, suas condições de armazenagem e a integridade de seus rótulos;
6	Evitar a obtenção e o uso de substâncias de elevada toxicidade como, por exemplo, benzeno, tolueno, clorofórmio, formaldeído, tetracloreto de carbono ou sais contendo íons mercúrio, chumbo, cromo, cádmio, níquel, bário, arsênio, ósmio, cianeto etc.;
7	Não aceitar doações de produtos químicos que não estejam nos planos de utilização e que possam se transformar em resíduos;
8	Doar ou trocar com outras instituições produtos químicos excedentes ou que não estejam mais em uso no laboratório, antes que estes se tornem instáveis, reativos ou até explosivos;
9	Alterar experimentos, substituindo reagentes químicos sem prejudicar a compreensão das relações conceituais exploradas (exemplos: em algumas reações de oxidação, usar o hipoclorito de sódio em vez do dicromato de sódio; utilizar vinagre e amônia em substituição a ácidos e bases convencionais; empregar hidróxido de sódio para precipitar metais no lugar de sulfetos; substituir termômetros de mercúrio pelos de álcool; substituir sais de metais tóxicos por sais que provoquem pouco ou nenhum impacto - por exemplo: substituir cloreto de bário por cloreto de cálcio na identificação do íon sulfato, e substituir o iodeto de chumbo por carbonato de cálcio como modelo de reação de precipitação).

Quadro 3. Recomendações gerais para gerenciamento de resíduos de laboratório. Fonte: Machado e Mol, 2008.

De acordo com Jardim (1998, p. 671), existem basicamente dois tipos de resíduos em laboratórios de ensino e pesquisa: o ativo, que é gerado em atividades rotineiras e o passivo, que compreende o resíduo estocado, geralmente não identificado, que espera uma destinação final.

A implantação de sistemas de gerenciamento em instituições de ensino é uma ação que, não apenas cumpre as leis, mas também contribui para a formação de um profissional consciente de seu papel e de sua própria responsabilidade perante o meio ambiente. Jardim (1998, p. 671) afirma que é imprescindível, para o sucesso de um programa de gerenciamento de resíduos:

- o apoio institucional irrestrito ao programa;

- o papel da universidade na formação do profissional;
- a priorização do lado humano do programa frente ao tecnológico;
- o estabelecimento de metas e divulgação;
- a reavaliação contínua dos resultados obtidos e metas estipuladas.

É fundamental para a implantação de um programa de gerenciamento de resíduos, a existência de pelo menos um responsável, munido de vocação, sensibilidade, conhecimento e facilidade de comunicação para atuar internamente junto com os demais profissionais e externamente, com funcionários de outros setores e departamentos da universidade, bem como fornecedores, e prestadores de serviço (HIRATA; HIRATA; FILHO, 2012).

3.6 POLUIÇÃO E DANOS À SAÚDE CAUSADOS POR RESÍDUOS QUÍMICOS

As fontes de poluição são usualmente classificadas em relação à sua mobilidade, frequência e abrangência. Desse modo, podem ser fixas ou móveis, em função da possibilidade de se deslocarem pelo espaço; podem ser contínuas ou descontínuas, em relação à periodicidade e frequência com que ocorrem e, podem ser pontuais ou difusas, de acordo com a área de abrangência do seu lançamento (VON SPERLING, 2005).

O deslocamento e o destino dos poluentes no meio ambiente são aspectos chave na determinação de seus impactos. A forma com que foram introduzidos no ambiente, suas propriedades químicas e as próprias condições do meio, combinadas, determinarão o seu destino e os possíveis efeitos (MANAHAM, 2013).

Em relação à poluição atmosférica, o processo começa no momento de emissão do poluente por uma fonte, que é transportado por uma massa de ar, até que atinja um receptor e cada poluente apresenta características próprias de dispersão na atmosfera. A dispersão dos poluentes pelos processos de transporte e difusão é influenciada pelas condições topográficas, meteorológicas, processos naturais de remoção e deposição e tipos de construção e obstáculos presentes (DAMILANO; JORGE, 2006).

Substâncias gasosas tendem a se transportar pela atmosfera devido às suas propriedades, como pressão de vapor e temperatura de condensação. A mobilidade de um composto químico aumenta à medida que aumenta a pressão de vapor de sua forma condensada e à medida que a temperatura de condensação da forma de vapor poluente diminui. À repulsão à água, enquanto substâncias hidrofílicas tendem a ser removidas pela precipitação e se deslocar para o meio aquático e terrestre (BAIRD; CANN, 2011).

Von Sperling (2005, p. 47), define poluição das águas como a adição de substâncias ou formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os seus legítimos usos. Neste sentido, os poluentes podem atingir ambientes aquáticos por meio do aporte direto, pela atmosfera, ou por escoamento através do solo. A água subterrânea pode incorporar poluentes à medida que a água contaminada flui para o aquífero nos processos de recarga. Mais uma vez, a hidrofobicidade do poluente é característica determinante. Substâncias hidrofílicas tendem a se transportar mais e causar contaminação em áreas mais extensas, enquanto as hidrofóbicas tendem a se acumular e concentrar próximo ao ponto de lançamento (MANAHAM, 2013).

Os “metais pesados” como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd), crômio (Cr) e arsênio (As) são espécies químicas perigosas por seu uso intensivo, toxicidade e larga distribuição. Estes poluentes não são degradáveis, embora possam ser transformados em formas insolúveis, sendo seu destino final, normalmente os solos e sedimentos. Muitos organismos aquáticos são capazes de bioconcentrar metais pesados, mas apenas o mercúrio é capaz de ser biomagnificado (BAIRD; CANN, 2011).

O chumbo é um dos mais preocupantes metais potencialmente tóxicos pois é uma das espécies mais amplamente difundidas no ambiente. Os seus compostos são classificados, pela NBR 10004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), como perigosos e o acetato de chumbo, tóxico. O limite máximo de descarte de chumbo em corpos receptores permitido pela legislação é de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, Resolução nº 430/11). Em ambientes aquáticos, as concentrações de chumbo são normalmente menores, quando comparadas às encontradas em sedimentos, pois o chumbo, assim como a maioria dos metais, tem propriedade de se adsorver em sedimentos. Compostos de chumbo também podem ser bioacumulados na cadeia alimentar

e atingir concentrações nocivas para os seres humanos e outros organismos (BRAGA et al., 2005).

Os principais efeitos da exposição ao chumbo inorgânico são: fraqueza, irritabilidade, náusea, dor abdominal com constipação e anemia, e saturnismo, uma doença afeta o desenvolvimento em crianças. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classifica os compostos inorgânicos de chumbo como prováveis cancerígenos para o ser humano (Grupo 2A), com base em estudos com animais que apresentaram tumores renais, quando expostos a altas concentrações dessas substâncias na dieta alimentar (COMPANHIA..., 2012).

Dentre os poluentes inorgânicos, destaca-se o bário, que não é um elemento essencial ao ser humano e sua toxicidade é maior na forma catiônica. A principal via de exposição da população geral é a ingestão de água e alimentos (COMPANHIA..., 2012), que em curtos períodos de tempo pode provocar vômito, cólica estomacal, diarreia, dificuldade respiratória, alteração da pressão sanguínea, adormecimento da face e debilidade muscular. A presença de altas concentrações de bário no conteúdo estomacal pode causar alterações no ritmo cardíaco e paralisia, e levar a óbito se não houver tratamento (VON SPERLING, 2005).

Os hidrocarbonetos, por seu amplo emprego como combustíveis, predominam entre os compostos orgânicos poluentes na atmosfera. Os organohalogenados são hidrocarbonetos que possuem ao menos um átomo de halogênio (cloro, flúor, bromo ou iodo). São de interesse ambiental e toxicológico em virtude de suas propriedades físicas e químicas, sendo sua origem antropogênica principalmente (MANAHAM, 2013).

O tetracloreto de carbono pode permanecer no ar por muitos anos até sua completa degradação. Os sinais e sintomas nas exposições inalatória e oral por curto prazo são: cefaléia, fraqueza, letargia, náusea, dor abdominal, dificuldade respiratória e vômito, sendo que em casos graves, pode ocorrer hemorragia, coma hepático e morte. Existe relato de efeitos dérmicos na exposição aguda a vapores de tetracloreto de carbono e estudos crônicos com animais mostraram que sua inalação pode causar diminuição da fertilidade. A ingestão do composto aumentou o risco para câncer em animais expostos a altas concentrações por longo tempo. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer - IARC, classifica o tetracloreto de carbono no Grupo 2B –

possível cancerígeno humano, com base na evidência suficiente de carcinogenicidade para animais (COMPANHIA..., 2012).

Os trihalometanos são compostos simples de carbono que possuem a fórmula geral CHX_3 , onde X representa um halogênio, como cloro, bromo ou iodo, ou combinações dos mesmos. São rapidamente absorvidos pelo trato gastrointestinal. Os efeitos crônicos observados são retardados, admitindo período de latência para a carcinogenicidade. Assim, a hepatotoxicidade e a nefrotoxicidade, características desses compostos, podem ser exacerbadas, mesmo para exposições a baixas concentrações. Estudos sobre a presença de trihalometanos em águas de abastecimento tratadas com cloro apontam os riscos da ingestão e da inalação da água contaminada com essa classe de substâncias, da qual o clorofórmio - CCl_3 , é a mais comum. Comprovou-se que na exposição humana por inalação, 60 a 80% de toda a quantidade de clorofórmio inalada é absorvida e que a exposição a esse composto, em um ambiente contendo 13,2 - 31,8 g de clorofórmio/ m^3 de ar, durante 3 a 10 minutos, resultou numa absorção de 73% do total disperso no ar (TOMINAGA; MIDIO, 1999).

3.7 - O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NOS LABORATÓRIOS DO DAQBI - ESTUDO DE CASO

A sede Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná abriga, desde 2012, o Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBi). Atualmente são ofertados cursos técnicos e cursos de graduação em Química - Bacharelado e Licenciatura - e Tecnologia de Processos Ambientais. São também ofertados os cursos de pós graduação *strictu sensu*, Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica e Mestrado em Química. Cursos técnicos de outras áreas, como Radiologia e os cursos de Engenharia e Física, fazem uso dos laboratórios do DAQBi para aulas práticas. A cada ano, ingressam no curso de Química oitenta e oito novos alunos, sendo a metade no bacharelado, no primeiro semestre e a outra metade na licenciatura, no segundo semestre. O curso de Química da UTFPR apresenta em seu currículo a disciplina Química Ambiental, como componente curricular obrigatório. Para aprofundamento na

área ambiental são ofertadas referentes a essa área, disciplinas como Ecologia, Biotecnologia, Qualidade do Ar, dentre outras.

O departamento localiza-se nos blocos C e F da sede Ecoville do câmpus Curitiba, contando com salas de professores, salas de aula e trinta laboratórios de ensino e pesquisa. Nos laboratórios de ensino, utilizados pelos cursos técnicos e de graduação, são ministradas as aulas práticas das disciplinas, contando normalmente com um número de vinte e quatro alunos por aula. Segundo a Secretaria do Departamento, frequentemente são formadas duas turmas de uma mesma disciplina, para que todos possam utilizar os laboratórios respeitando-se o limite de segurança.

Nos laboratórios de pesquisa, apenas os alunos que estejam envolvidos fazem uso para a execução do seu trabalho, o que torna reduzida a geração de resíduos, que neste caso, apesar de mais diversificados e variáveis, são de mais fácil prevenção, uma vez que o pesquisador pode ter mais controle sobre a execução dos trabalhos. Não há profissionais técnicos contratados pela universidade para a manutenção e gestão dos laboratórios, tarefa que fica sob responsabilidade dos professores, que contam com alunos estagiários. Os laboratórios tem bancadas, armários, equipamentos, vidrarias, utensílios e reagentes. Os laboratórios de pesquisa, em geral, contém equipamentos específicos, de maior tecnologia e sofisticação, de acordo com sua área de atuação.

Durante as aulas nos laboratórios de ensino, os professores orientam os alunos sobre que resíduos podem ser descartados e os que devem ser armazenados. Não há um padrão de recipientes para recolhimento e armazenamento e o sistema de rotulagem existente nem sempre é utilizado. Os resíduos armazenados são encaminhados para o almoxarifado, que faz sua quantificação e armazenamento, não sendo claramente definidas quais atividades geram cada tipo de resíduo, onde, como, e com que frequência. O departamento não conta com um sistema de informações oficial sobre os resíduos gerados. A cada semestre, os resíduos armazenados pelo almoxarifado são encaminhados a destinação final.

Em 2004, diante da necessidade de se destinar os resíduos gerados nos laboratórios, os professores Valma Martins Barbosa e Sérgio Oldakoski, juntamente com os estagiários Lucila Adriani Coral, Paula Boering Gomes e Christian de Assis Pereira, separaram e classificaram os resíduos existentes

naquele momento, encaminhando 260 resíduos passivos, totalizando quase uma tonelada, a um aterro industrial (BARBOSA; JUNIOR; LOHMANN, 2009).

Para que o problema não voltasse a ocorrer, foi proposto por Barbosa, Fortunado e Lubachewski em 2006, o Programa de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais, visando minimizar, tratar, segregar, armazenar e rotular adequadamente os resíduos, o que em muitos casos, tornava possível sua reutilização. No mesmo período, o laboratório de Química Analítica, com objetivo de minimizar a geração de resíduos, passou a operar em semi micro escala (BARBOSA; JUNIOR; LOHMANN, 2009).

Saldanha e Nozu (2010) realizaram estudos sobre a tratabilidade dos corantes de Gram, utilizados nos laboratórios de Microbiologia por meio de processos oxidativos avançados que são aplicados para espécies químicas mais resistentes a degradação, alcançando resultados satisfatórios na remoção de cor e degradação de aromáticos dos resíduos (BARBOSA; JUNIOR; LOHMANN, 2006).

O Plano de Gerenciamento de Resíduos do Câmpus Curitiba - PGRCC, instituído em 2004 explicita os princípios, a política e os objetivos do Programa de Gerenciamento de Resíduos, bem como descreve as diretrizes e os procedimentos, para que os objetivos definidos sejam atendidos. No manual do PGRCC são tratados como resíduos perigosos as lâmpadas, restos de tintas e solventes e resíduos químicos de laboratório, que são recolhidos por empresa terceirizada (ZHENG, 2013).

Atualmente, a campanha “Jogada Certa” vem desde 2010 incentivando a redução, segregação, coleta seletiva e destinação correta de resíduos na UTFPR, visando diminuir a quantidade enviada para aterros. A campanha incentiva também a promoção da educação ambiental por meio de palestras desenvolvidas pelos alunos do curso de Tecnologia em Processos Ambientais, sob supervisão de professores. (ZHENG, 2013).

O gerenciamento de resíduos é uma tarefa longa e complexa, que deve ser construída no dia a dia da instituição, a cada nova pesquisa realizada. Requer contínuos investimentos financeiros e humanos, sendo que os resultados mensuráveis são de médio e longo prazos, o que muitas vezes é desestímulo à sua aplicação. Mesmo havendo trabalhos e pesquisas já desenvolvidos no DAQBi envolvendo o assunto, e já tendo sido proposto um programa de gerenciamento, observa-se hoje que ainda não é dada a devida

importância e atenção por boa parte dos profissionais da instituição, o que acaba refletindo sobre os alunos.

3.8 MÉTODO DE VALORAÇÃO DE RESÍDUOS

Cercal e Pawlowsky (2001) propuseram um modelo matemático para se estimar o valor global de um resíduo, tendo por base a análise do seu valor econômico, do risco e da facilidade de minimização. Por meio de pesquisas, definições e criações de variáveis matemáticas, aplicadas ao funcionamento dos equipamentos, uso de matérias primas e formação de produtos e subprodutos, o autor propôs um conjunto de equações que permite definir o “índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)” e através do mesmo, identificar quais resíduos devem receber atenção prioritária num processo produtivo no sentido de se reduzir sua geração.

O modelo proposto é capaz de valorar resíduos oriundos dos processos produtivos do ponto de vista econômico, técnico e ambiental. É uma ferramenta útil na tomada de decisão de uma empresa, nas fases de levantamento de informações básicas sobre sua geração de resíduos e definição de prioridades de redução. Apresenta uma grande flexibilidade de aplicação a vários equipamentos e processos. Para cada análise - valor econômico, risco e viabilidade de modificação – o autor propôs um questionário, onde as perguntas e respostas tinham pesos ponderados em função da sua importância, que alimentariam o sistema de equações que compunham seu modelo.

O referido modelo matemático foi aplicado por Leite e Pawlosvky (2003) em uma indústria de batatas na Região Metropolitana de Curitiba e demonstrou ser bastante eficiente na priorização dos resíduos a serem minimizados.

Assim como em um processo produtivo, acontece em um laboratório de química. Uma única reação - assim como um conjunto delas - pode gerar diferentes resíduos, em variáveis quantidades, compostos por uma grande diversidade de substâncias, gerando várias possibilidades de destinação final. As aulas práticas podem ser comparadas a processos produtivos industriais,

sendo por sua vez, os procedimentos experimentais as suas etapas. O laboratório pode ser visto então, como uma instalação industrial (SOUZA, 2005).

Foi proposto por Souza (2005) o método de valoração de resíduos químicos de laboratórios de universidades usando como subsidio o modelo matemático proposto por Cercal, que foi adaptado para esse fim. Segundo a autora, aplicação direta do modelo encontra dificuldades em relação à análise do valor econômico devido à diversidade, diferença e descentralização das fontes de financiamento tanto para ensino quanto para pesquisa. A Análise por Risco e a Análise por Facilidade de minimização foram feitas através de um questionário de vinte e quatro perguntas, que teve como base as questões do modelo de Cercal, sendo, quando necessário, adaptadas à realidade do trabalho.

A pesquisa realizada pela autora abrangeu treze laboratórios do Departamento de Química da UFSCar, o que resultou em cento e sete questionários respondidos. Cada questionário correspondeu a uma prática ou pesquisa geradora de resíduos. Os resíduos gerados, declarados nos questionários foram identificados e separados em grupos, de acordo com o local de geração e suas semelhanças. Totalizou-se vinte e sete grupos de resíduos sobre os quais foi aplicado o modelo matemático de Cercal, que permitiu a classificação de 12 grupos de resíduos como essencialmente prioritários para minimização (SOUZA, 2005).

Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que o uso do modelo matemático de Cercal em laboratórios é viável e se constitui como importante ferramenta para o gerenciamento de resíduos químicos. Entretanto é necessária prudência, pois o modelo, apesar de ser aplicável em qualquer tipo de unidade geradora de resíduos, precisa ser adaptado à realidade específica, e é preciso ter um alto nível de confiança nas respostas dadas aos questionários aplicados (SOUZA, 2005).

4 - METODOLOGIA

O trabalho teve início pelo levantamento de dados referentes ao uso dos laboratórios do DAQBi. Foram identificados os laboratórios mais utilizados e nos quais existem maior número de aulas regulares e alunos frequentes. Analisou-se a geração de resíduos registrada pelo almoxarifado e realizou-se o acompanhamento das aulas.

Os resíduos gerados pelos laboratórios selecionados foram quantificados no momento de sua geração em aula e classificados de acordo como critérios da NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004). Em seguida, foram considerados os riscos potenciais relacionados com os resíduos gerados em função da sua periculosidade e toxicidade, tendo sido também analisada a viabilidade de alteração nos procedimentos experimentais que os originam. Assim, foram propostos métodos experimentais alternativos, que possibilitassem a redução na geração de resíduos, porém, sem prejuízo do caráter didático da aula. A Figura 1 apresenta a sequência de etapas de realização do trabalho.

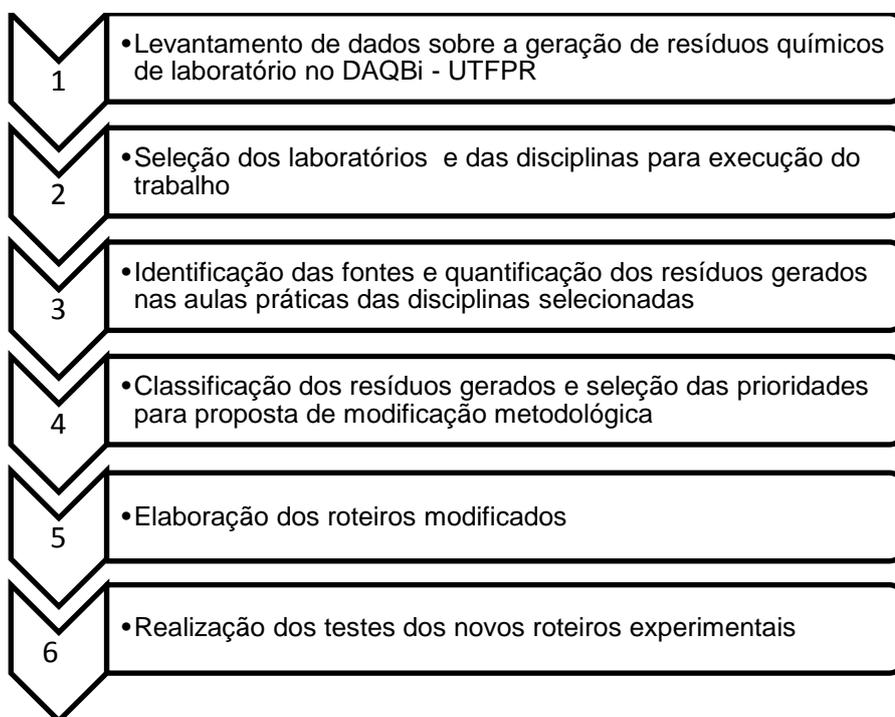


Figura 01: Etapas de desenvolvimento do trabalho e execução da metodologia proposta. Autoria própria.

4.1 - LEVANTAMENTO DE LABORATÓRIOS, AULAS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS

Foi realizado o levantamento de dados e informações sobre os laboratórios do DAQBi. As informações foram obtidas diretamente com os professores e funcionários, sendo também realizadas consultas ao sistema acadêmico da UTFPR. O Quadro 4 apresenta as informações levantadas e suas fontes de obtenção.

Informação	Fonte de informação
Número de laboratórios em atividade	Visitas <i>in loco</i> em todos os setores do DAQBi e consulta aos professores.
Tipo de atividade exercida no laboratório ensino e/ou pesquisa - e o(s) responsável (eis)	Consulta aos professores que atuavam diretamente em cada laboratório
Número médio de alunos matriculados e frequentes	Consulta à lista de chamada dos professores e secretaria do DAQBi
Procedimentos experimentais realizados nos laboratórios	Consulta aos professores e roteiros de aulas práticas
Número de aulas semanais realizadas	Consulta aos professores
Planos de aula	Solicitados à secretaria do DAQBi
Registros do almoxarifado (quantidades geradas, fontes e destinação final)	Visita ao setor, consulta aos registros e funcionário

Quadro 4: Informações preliminares sobre os laboratórios do DAQBi e respectivas fontes de obtenção. Autoria própria.

4.2 DEFINIÇÃO DOS LABORATÓRIOS E DAS DISCIPLINAS PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO

A seleção dos laboratórios em que o trabalho foi realizado se fez necessária, pois não haveria tempo para uma execução bem sucedida em todos eles. Outro motivo para a definição, é que os laboratórios são diversificados e apresentam características distintas, não só em relação a

geração de resíduos, mas também de funcionamento e situação atual de instalação.

No início, o escopo da pesquisa foi apresentado aos professores. Os mesmos foram procurados, individualmente em seus horários de atendimento aos alunos, e o assunto apresentado. Foram realizadas perguntas sobre os laboratórios em que atuavam e a geração de resíduos. Após conhecimento da proposta, o professor avaliava a importância do tema e a possibilidade de aplicação do trabalho no laboratório em questão. Para os casos em que houve abertura para realização, foi apresentada a metodologia de execução ao professor, dando início à fase de acompanhamento das aulas. Foi solicitada ao professor a autorização para participação nas aulas.

A data da realização da aula foi confirmada pelo professor, que enviava por correio eletrônico o roteiro do procedimento experimental a ser realizado para análise inicial, na qual, previam-se as reações químicas e os resíduos que seriam gerados em cada etapa da aula.

Antes do início da aula, foi feita a separação dos recipientes para recolhimento dos resíduos e sua identificação. Os recipientes foram colocados em local onde não houvesse interferência no uso do laboratório, de modo a causar o mínimo impacto na aula.

No início da aula, com permissão do professor, foi explicado aos alunos o escopo e os objetivos da pesquisa, sendo solicitado aos mesmos que não descartassem nenhum resíduo antes que fosse feita sua quantificação e recolhimento. À medida que eram geradas, todas as soluções e restos de reagentes eram coletados em béqueres e os recipientes (tubos de ensaio e erlenmeyers) eram devolvidos aos alunos, que os lavavam e continuavam suas atividades.

Ao final da aula, era feita a quantificação total dos resíduos gerados e recolhidos, que eram entregues ao professor para que fosse feito o encaminhamento ao almoxarifado. Os líquidos tinham seu volume medido em provetas e os sólidos - pouco frequentes - foram armazenados em béqueres e pesados.

Durante o desenvolvimento do trabalho, foi-se percebendo, com base na frequência de aulas, número de alunos assíduos, número de experimentos realizados, frequência de geração, quantidade gerada e tipo do resíduo, a real necessidade e possibilidade de aplicação do trabalho na disciplina em questão.

4.3 – IDENTIFICAÇÃO DE FONTES, MEDIDAS E CÁLCULO DAS QUANTIDADES GERADAS PARA ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE RESÍDUOS DAS DISCIPLINAS SELECIONADAS.

Por meio do estudo prévio dos roteiros das aulas práticas, recorrendo à literatura para confirmar possíveis reações estequiométricas e espécies químicas resultantes, foram previstas as etapas da aula que gerariam resíduos. A partir da estequiometria das reações químicas, foram estimadas as quantidades que seriam geradas em cada experimento.

Ao final da aula, após os alunos terem realizado todas as etapas do procedimento, preenchia-se um formulário de registro com o objetivo de registrar todas as informações obtidas no momento da aula, como informações sobre o número de alunos participantes da aula, o número de experimentos realizados, quantidade de resíduos gerados, bem como quaisquer outras que se fizessem necessárias. O modelo do formulário de registro encontra-se no apêndice F.

As informações contidas no formulário de registro eram então analisadas, quanto à sua importância e relevância. Com base nas reações químicas ocorridas foi feito o cálculo estequiométrico das quantidades de espécies químicas de interesse produzidas. Todos os dados foram compilados em planilhas eletrônicas (apêndices G e H), que foram denominadas "inventário de resíduos" constando: laboratório, nome do experimento, número da aula; resíduo gerado, espécies químicas presentes, reações químicas envolvidas em sua formação; quantidades geradas.

4.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS E SELEÇÃO DAS PRIORIDADES DE MODIFICAÇÃO

As espécies químicas foram classificadas de acordo com os critérios da norma NBR 10004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) anexos C, substâncias que conferem periculosidade aos resíduos, D - substâncias agudamente tóxicas e E - substâncias tóxicas. Foram identificadas as espécies químicas cujo

lançamento está previsto nos padrões de lançamento de efluentes, de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

Para ampliar o conhecimento sobre a situação de geração de cada resíduo, e com objetivo de orientar e sistematizar a análise das informações obtidas no levantamento realizado, foi elaborado um questionário contendo 9 perguntas envolvendo a situação atual da geração, destino, e possíveis incômodos ou riscos relacionados com os resíduos. Este questionário, apresentado no Quadro 5, foi adaptado do modelo proposto por Souza (2005), que por sua vez, a fim de avaliar possibilidades de modificação em procedimentos experimentais nos laboratórios da UFSCar, adaptou o modelo matemático proposto por Cercal (2000).

O mesmo foi respondido ao final de cada aula, para cada resíduo recolhido, com base nas informações obtidas em entrevistas diretamente com os professores durante a aula, nas observações e no levantamento realizado *in loco*. Souza (2005) afirma que é imprescindível que as perguntas sejam respondidas com total compreensão sobre o tema para que as suas respostas possam ser utilizadas como norteadoras na tomada de decisões para definição dos resíduos prioritários de redução.

As questões foram divididas em dois grupos. O primeiro, perguntas de 1 a 7, tratava de informações cujo objetivo era definir a situação atual de geração e destino dos resíduos. As perguntas 1 e 2 eram abertas (de resposta livre). As perguntas de 3 a 7 eram objetivas (de resposta "sim" ou "não") e a cada resposta foi associado um peso relativo. As respostas que indicavam uma geração de resíduos reduzida e correta receberam peso zero. As que indicavam a necessidade de modificações nos procedimentos, receberam peso 2. A pergunta 7 era a mais importante deste grupo, pois sua resposta afirmativa confirmaria a geração de resíduos perigosos naquela aula. A resposta "sim" desta pergunta recebeu peso 3.

O segundo grupo de questões, é formado pelas perguntas 8 e 9. Estas perguntas buscavam apontar sobre a ocorrência de problemas, incômodos e/ou danos à saúde e ao bem estar das pessoas que utilizam o laboratório, relacionados à geração de resíduos. Essas perguntas eram respondidas como "já ocorreu", "em potencial" ou "isento". A resposta "isento", recebeu peso zero.

Perguntas	Respostas e pesos	Comentários
1 Qual é a quantidade do resíduo gerada por aula e qual a reação química de origem?	Livre	Quantificação realizada em aula. Reações químicas previstas e estudadas teoricamente
2 Após reunidos os resíduos gerados em uma mesma etapa da aula, qual é a quantidade estimada da espécie química em questão?	Livre	Calculada estequiometricamente
3 Há alguma forma de tratamento atualmente em uso para o resíduo?	Sim (0) Não (2)	A resposta "não" indica a ausência de procedimentos de gerenciamento de resíduos, o que reforça a preocupação com os mesmos, recebendo por isso, o peso 2. A resposta sim, indicaria que algo já vem sendo realizado, o que dispensaria a preocupação com o resíduo.
4 Há alguma forma de disposição tecnicamente viável atualmente em uso para o resíduo?	Sim (0) Não (2)	
5 Existem dados oficiais da instituição sobre a geração, composição, quantidade, tratamento e disposição atual para os resíduos?	Sim (0) Não (1)	
6 Existem espécies químicas presentes no resíduos, cujo lançamento seja previsto pelos padrões de lançamento da Resolução CONAMA 430/11?	Sim (1) Não (0)	Caso a resposta seja "sim", há motivo adicional para a preocupação com o resíduo, pois a resolução em questão já prevê e limita o seu lançamento.
7 Existem no resíduo espécies químicas que conferem periculosidade/toxicidade ao mesmo, conforme anexos "C" "D" e "E" da NBR 10004/04 (ABNT)?	Sim (3) Não (0)	Neste caso, a resposta "sim" já é suficiente para classificar o resíduo como perigoso, classificando-o como prioridade de redução
8 Existem reclamações de professores, alunos, pesquisadores, laboratórios, departamentos vizinhos em relação ao(s) resíduo(s) gerado nesta aula?	Já ocorreu (4) Em potencial (3) Isento (0)	Caso já tenha ocorrido, ou possa ocorrer, entende-se que a periculosidade apontada na pergunta 7 efetivamente já se transformou ou tem chances de vir a se transformar em danos à saúde ou ao meio, confirmando as razões de preocupação com o resíduo.
9 Existem danos à saúde humana causados aos manipuladores ou pessoas que entraram em contato com o (s) resíduo (s) gerados nesta aula?	Já ocorreu (4) Em potencial (3) Isento (0)	

Quadro 5: Perguntas do questionário aplicado, respostas previstas com seus respectivos pesos (entre parênteses) e comentários referentes. Autoria própria. Fonte: Souza, 2005 (Adaptado).

A resposta "já ocorreu" recebeu peso 4 e "em potencial" recebeu peso 3. Este grupo de perguntas é considerado de grande importância, pois aponta os possíveis riscos em que professores, pesquisadores, alunos e demais profissionais possam ter sido expostos ou vir a ser expostos, além de ocorrências de situações de perigo relacionadas com os resíduos gerados.

A diferença entre os pesos das respostas para uma mesma pergunta foi baseada na sua importância. Assim, aquelas que tratam de pontos mais relevantes, tinham maiores diferenças entre os pesos das respostas. As perguntas 8 e 9 foram consideradas as mais relevantes da análise, devido ao fato de estarem relacionadas à exposição dos usuários aos agentes químicos e portanto representam potenciais danos à saúde humana. Os pesos das respostas foram estipulados para serem ferramentas de apoio na tomada de decisão para se estabelecer a ordem de prioridade dos resíduos.

O questionário foi respondido pelo preenchimento direto na planilha para cada resíduo. Os pesos das respostas tiveram como objetivo auxiliar na tomada de decisão para classificação do resíduo, constituindo como um indicador numérico das situações em que se faz mais necessária a intervenção. Foi feita a soma do peso de cada resposta, obtendo-se um valor total para cada resíduo, o que permitiu identificar melhor as prioridades, os resíduos para os quais as respostas tenham consolidado a maior soma.

Se tiver sido respondido "sim" para a pergunta 7, o resíduo foi classificado como perigoso, sendo automaticamente considerado um resíduo prioritário. Para este procedimento, foram propostas modificações visando reduzir ou eliminar a geração da espécie química que confere periculosidade ao resíduo. Foi tomada a mesma decisão para os casos em que foi respondido "já ocorreu" ou "em potencial" para as perguntas 8 e 9. Nos demais casos - "não" para a pergunta 7 e "isento" para as perguntas 8 e 9, o resíduo foi considerado preocupante.

4.5 - ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS MODIFICADOS

Os roteiros dos procedimentos experimentais foram reescritos, sendo feitas alterações para reduzir ou eliminar os resíduos perigosos. Inicialmente,

os roteiros foram analisados e confrontados com os dados de geração constantes nos registros feitos durante as aulas. Em seguida, foram comparados com apostilas de aulas práticas de Química Orgânica e Inorgânica de outras universidades, como Universidade Federal do Paraná - UFPR, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, a fim de verificar procedimentos semelhantes que fossem realizados sem o uso de substâncias perigosas.

Foram mantidos o título, os objetivos, o conteúdo abordado e sua fundamentação teórica. Em todos os momentos, tomou-se o cuidado e a precaução para que as alterações propostas não causassem prejuízo didático à aula.

A metodologia foi alterada, porém, preservando-se sua estrutura. As mudanças propostas foram feitas com foco na prevenção e na redução ao mínimo possível das quantidades de reagentes utilizadas, redução da diversidade de reagentes utilizados, na redução do volume e quantidade de vidrarias necessárias.

Foram acrescentados dois novos itens: Responsabilidade Ambiental e Tratamento dos Resíduos Gerados. O primeiro foi apresentado em forma de um pequeno texto, onde são abordadas medidas de educação e responsabilidade ambiental direcionadas para a geração de resíduos, tendo por base a literatura pesquisada. O segundo item, acrescentado como mais uma etapa da metodologia de análise, foi baseado na experiência dos trabalhos anteriores e no Programa de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais iniciado em 2004 no DAQBi, conforme mencionado no item 3.5.

4.6 - REALIZAÇÃO DOS TESTES EXPERIMENTAIS

Os roteiros propostos foram apresentados e discutidos com os professores que ministraram as aulas no período em que realizou-se o levantamento das informações, compreendido entre agosto e dezembro de 2013. Os professores analisaram e avaliaram a possibilidade de aplicação das modificações propostas.

Agendou-se com a professora responsável pelo laboratório de Química Inorgânica, um dia e horário em que o laboratório estivesse fora de uso para que fossem feitos os testes relacionados com a substituição de reagentes nos procedimentos experimentais dessa disciplina.

Os testes foram realizados pelo mestrando, sob supervisão da orientadora e da co orientadora, da seguinte forma: primeiro, executava-se o roteiro tradicional e em seguida o roteiro modificado e verificava-se a eficiência da intervenção por observação dos resultados e se o objetivo da aula prática era atingido ou não.

Após testados os roteiros, os resultados foram apresentados e discutidos com a docente responsável pela disciplina, que autorizou a aplicação do roteiro modificado em sua aula prática. Explicou-se os objetivos da pesquisa aos alunos, que realizaram também o roteiro tradicional. Ao final da execução de todo o procedimento, os alunos apresentaram suas impressões, questionamentos e o que esta pesquisa acrescentou ao seu aprendizado.

As propostas apresentadas para a disciplina Práticas de Química Orgânica, que envolviam a substituição de reagentes não foram aprovadas pelo professor, e portanto não foram testadas. Optou-se por realizar apenas o acondicionamento correto dos resíduos gerados e seu uso em outra aula dentro da mesma disciplina.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO DE LABORATÓRIOS, AULAS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS

Os dados levantados para se obter um cenário de uso e ocupação dos laboratórios existentes no DAQBi estão organizados em forma de tabelas, quadros e gráficos. O Quadro 6, apresenta o tipo de atividade desenvolvida nos laboratórios no DAQBi.

Localização	Laboratório	Atividade
Bloco C - térreo	Química Analítica Ambiental	Ensino/Pesquisa
	Química Analítica	Ensino
	Contaminantes Ambientais	Pesquisa
	Química Geral	Ensino
	Química Geral Ambiental	Ensino
	Físico-química ambiental	Ensino
	Físico-química	Ensino
Bloco C - 1º andar	Química Orgânica 1	Ensino
	Química Orgânica 2	Ensino
	Microbiologia	Ensino
	Química Inorgânica 1	Ensino
	Limnologia e Ecotoxicologia	Pesquisa e ensino (pós)
	Biotecnologia	Pesquisa
	Química Inorgânica Ambiental (2)	Pesquisa
	Contaminantes atmosféricos	Ensino /Pesquisa
Bloco C - 3º andar	Biologia	Ensino
	Práticas de biologia	Ensino
	Químio/Biotecnologia de Biomassas - LQBB	Ensino/Pesquisa
	Análise de solos	Pesquisa
	Biologia e Bioquímica	Ensino
	Educação Ambiental e Ensino de Ciências	Pesquisa
Bloco F- 1º andar	Ecotoxicologia	Ensino e pesquisa
	Processos Industriais e Operações Unitárias	Ensino
	Análise conformacional de recursos renováveis	Ensino e pesquisa
Bloco F - 2º andar	Tratamento de águas residuárias - LATAR	Ensino/Pesquisa
	LEAQUA Laboratório de Estudos Avançados em Química Ambiental	Ensino/Pesquisa
	NIPTA – Nucleo interdisciplinar de pesquisa em tecnologias ambientais	Ensino/ Pesquisa
Bloco F - 3º andar	Tratamento e potabilização da água - LTPA	Ensino/Pesquisa
	Pesquisa e ensino de resíduos - LEPER	Pesquisa
	Pesquisa Relacionada a Biomassa e Bioenergia - LAPREBB	Ensino/ Pesquisa

Quadro 6: Relação de laboratórios do DAQBi e tipo de atividade exercida. Autoria do quadro: própria. Fonte: O autor.

Os laboratórios de ensino foram prioritariamente escolhidos por serem frequentados por um número maior de alunos, as aulas são executadas rotineiramente em todos os semestres, uma ou duas vezes por semana. Nos laboratórios de pesquisa, apenas alunos envolvidos em pesquisas executadas em tempos determinados e os próprios pesquisadores fazem uso dos mesmos. Desse modo, os laboratórios de ensino foram considerados fontes pontuais, fixas e contínuas de resíduos, enquanto os de pesquisa foram considerados fontes pontuais, fixas e descontínuas (VON SPERLING, 2005).

A Tabela 1 apresenta as disciplinas do curso de Química que apresentam em seus planos de ensino aulas práticas obrigatórias e os laboratórios normalmente utilizados.

Tabela 1: Disciplinas do Curso de Química (Bacharelado) que apresentam aulas práticas como componente curricular no plano de ensino - Semestre 2013/1.

Disciplina	Carga Horária (horas aula)				Laboratório Utilizado
	A.T.	A. P.	A.S	Total	
Química Analítica II	34	68	6	108	Q. Analítica
Práticas de Química Orgânica	0	68	4	72	Q. Orgânica 1
Práticas de Físico-química	0	68	4	72	Físico-química
Química Analítica I	68	34	6	108	Q. Analítica
Química básica	85	34	7	126	Q. Geral
Química Inorgânica	68	34	6	108	Q. Inorgânica 2
Química de Organometálicos	34	34	4	72	Q. Inorgânica 2
Química de Coordenação	34	34	4	72	Q. Inorgânica 2
Métodos eletroanalíticos	34	34	4	72	Química Analítica e Físico-química
Física II	51	34	5	90	Q. Geral
Física III	51	34	5	90	Q. Geral
Bioquímica A	51	34	5	90	Biologia /bioquímica
Introdução a Bromatologia	48	20	4	72	LQBB
Fund.. de Microbiologia Ambiental	48	18	4	70	Microbiologia
Fundamentos de Microbiologia	60	25	5	90	Microbiologia
Métodos cromatográficos	51	17	4	72	NIPTA/ LEAQUA
Biotecnologia ambiental	45	15	0	60	LQBB
Fundamentos de Ecotoxicologia	52	12	4	68	Ecotoxicologia
Tecnologia de fermentação	26	8	2	36	Biologia /Bioquímica
Tratamento de Águas Residuárias	66	2	4	72	LATAR

A.T.: aula teórica; **A.P.:** aula prática; **A.S.:** Atividade supervisionada; **Fonte:** Sistema Acadêmico e Secretaria do DAQBi. **Autoria** própria. **Obs.:** NIPTA – Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Tecnologia Ambiental. LEAQUA – Laboratório de Estudos Avançados em Química Ambiental. LQBB- Laboratório de Químio/Biotecnologia de Biomassas. LATAR - Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias.

Conforme mencionado por Jardim (1998), uma proposta de gerenciamento de resíduos deve começar enfocando primeiramente os resíduos gerados nas atividades de ensino, pois estes podem ser mais facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados. Além disto, as atividades de ensino têm um efeito multiplicador na divulgação das propostas adotadas e contribuem para a formação de profissionais mais conscientes com relação ao tratamento e disposição de resíduos tóxicos. No trabalho intitulado “Levantamento de dados e implantação da metodologia de recolhimento e armazenamento de resíduos químicos laboratoriais da UTFPR- Londrina”, Francisco, Saretto e Gonçalves (2012) afirmaram que a falta de continuidade no uso dos laboratórios de química é uma das maiores dificuldades para realização da fase de levantamento da geração de resíduos.

No trabalho de Micaroni (2002), sobre o inventário de resíduos de laboratório do Instituto de Química da Unicamp, deu-se maior ênfase às atividades didáticas. Segundo a autora, estas atividades tendem a ter uma menor diversificação que as de pesquisa, sendo de controle menos complexo. A Tabela 2 apresenta o número de alunos matriculados no curso de Bacharelado em Química nos quatro semestres entre 2013 e 2014.

Tabela 2 - Alunos matriculados no curso de Bacharelado em Química nos semestres 2013/1, 2013/2, 2014/1, 2014/2.

Disciplina - código	Número de alunos matriculados por semestre e turma							
	2013/1		2013/2		2014/1		2014/2	
	S61	S62	S61	S62	S61	S62	S61	S62
Química básica	28	25	29	26	30	21	31	27
Orgânica 1	36	--	49	--	46	--	34	30
Analítica 1	18	10	23	23	21	24	19	24
Inorgânica	24	24	22	13	20	21	23	24
Físico Química A1 -	24	--	21	--	33	--	33	--
Orgânica 2	36	--	29	--	35	--	27	--
Analítica 2	12	06	17	09	19	07	22	11
Físico-Química B1	37	--	38	--	16	--	26	--
Orgânica 3	39	--	44	--	23	--	36	--
Práticas de Orgânica	22	09	09	08	18	04	10	13
Química de organometálicos	22	--	29	--	18	--	15	--
Práticas de Físico Química	22	--	16	08	18	22	10	10
Físico Química	15	--	08	--	15	--	11	--
Métodos Eletroanalíticos	09	--	12	--	03	--	02	--

Fonte: Secretaria do DAQBi. Autoria: própria.

Nesta fase do levantamento, os laboratórios de Química Analítica, Química Básica, Físico-química, Química Inorgânica e Química Orgânica se destacaram, pois além de atenderem disciplinas que consolidam áreas de conhecimento fundamentais do curso de Química, são aqueles nos quais foram ministradas aulas práticas com mais frequência. Estes laboratórios fundamentalmente existem para atender às aulas específicas destas disciplinas, cujas atividades práticas constam como itens obrigatórios curriculares. Deste modo, há um constante número de alunos fazendo uso dos mesmos e as informações levantadas apresentam maior uniformidade e consistência. A Tabela 3 apresenta o número médio de alunos matriculados nos quatro semestres de 2013 e 2014, e a carga horária de aulas práticas nestas disciplinas.

Tabela 3 - Média de alunos matriculados e carga horária de aulas práticas das disciplinas listadas nos semestres de 2013/1 a 2014/2.

Disciplina	Carga horária de aulas práticas (h.a)	Média de alunos matriculados por semestre
Química Básica	34	54,5
Química Inorgânica	34	42,7
Química Analítica I	34	40,5
Práticas de Físico-química	68	26,5
Química Analítica II	68	25,8
Práticas de Química Orgânica	68	23,3

Fonte: Secretaria do DAQBi e Planos de Ensino. Autoria: própria.

A disciplina Química Básica, em que há a maior média de alunos matriculados, tem suas aulas práticas realizadas no laboratório de Química Geral, que atende também os cursos de engenharia. Esta é uma disciplina do início de curso e o perfil diversificado das turmas poderiam não favorecer a execução do trabalho.

Segundo informações dos professores de Físico-química, o laboratório dessa disciplina, apesar do grande número de alunos e aulas ministradas, "não gera resíduos". Neste laboratório, é usual o preparo de soluções sobre as quais são estudados os fenômenos físico-químicos, porém, há pouco consumo das

mesmas. Mesmo quando há preparo incorreto de soluções, as mesmas podem ser reaproveitadas, sendo reconcentradas ou diluídas. O almoxarifado não registrou recebimento de resíduos provenientes deste laboratório em outubro de 2012.

No laboratório de Química Analítica, tradicionalmente grandes geradores de resíduos, foram aplicadas pelos professores, técnicas de trabalho em semi micro escala, o que reduziu a geração de resíduos, quando comparada ao que seria gerado em macro escala. Adicionalmente, procedimentos envolvendo cátions mercúrio, dentre outros, tradicionais nas práticas desta disciplina já foram retirados de uso, por causa da toxicidade dos resíduos perigosos gerados. Ao realizar o inventário de resíduos nos laboratórios de química do Instituto de Química da Unicamp, Micaroni (2002) comprovou a maior geração de resíduos nos laboratórios de Química Analítica, Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Geral e Físico-química, sendo que os de Analítica eram os mais preocupantes, pois não só eram os maiores geradores, bem como os maiores utilizadores de substâncias perigosas. A análise dos documentos de registro do envio de resíduos ao almoxarifado permitiu concluir que existe preocupação com a questão da geração de resíduos pelos responsáveis destes laboratórios, bem como ações tomadas para redução da sua geração. Sassioto (2005) apontou a responsabilidade e o comprometimento dos professores para a questão da redução da geração de resíduos em aulas práticas.

O Gráfico 1 apresenta a evolução das quantidades de resíduos enviadas ao almoxarifado no período estudado. Em outubro de 2012, foi registrado o recolhimento de 92,5 quilogramas de resíduos, sendo importante informar que neste ano, no período compreendido entre maio e setembro de 2012, as aulas estavam suspensas devido à greve dos professores das universidades federais.

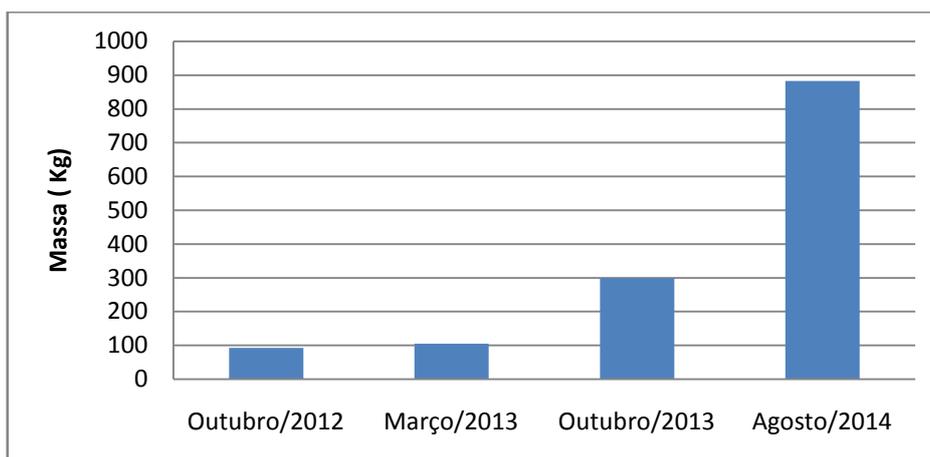


Gráfico 1: Quantidade de resíduos (em kg) enviados ao almoxarifado no período outubro de 2012 a agosto de 2014

Fonte: Almoxarifado. Autoria: própria.

Em agosto de 2014, o setor de almoxarifado registrou o recebimento de 883 quilogramas de resíduos, que foram encaminhados à destinação final - recolhimento por empresa terceirizada. Foram recebidas bombonas com efluentes industriais para pesquisa em práticas da disciplina de Tratamento de Águas Residuárias, no laboratório de Tratamento de Águas Residuárias - LATAR, o que pode explicar o aumento na geração. O gráfico 1 mostra um aumento na geração de resíduos, o que reforça o afirmação de Imbroise et al. (2006) e Santos, Medrado e Silva (2012), a respeito do aumento da geração de resíduos de laboratório em universidades.

O Gráfico 2 apresenta a distribuição percentual da geração de resíduos pelos laboratórios em outubro de 2012. Este foi o primeiro ano de funcionamento do DAQBi na sede Ecoville e muitos laboratórios ainda não estavam em atividade. Naquele momento, os laboratórios de Química Orgânica e Química Inorgânica geravam juntos, 32% dos resíduos que foram encaminhados ao almoxarifado e eram as maiores fontes de resíduos. O almoxarifado do DAQBi recebeu também, resíduos dos laboratórios do Departamento de Acadêmico de Construção Civil.

Além das informações citadas, outro fator de decisão que corroborou para a seleção das disciplinas foram as quantidade de resíduos enviados ao almoxarifado, registrados no período estudado, compreendido entre de outubro de 2012 a agosto de 2014.

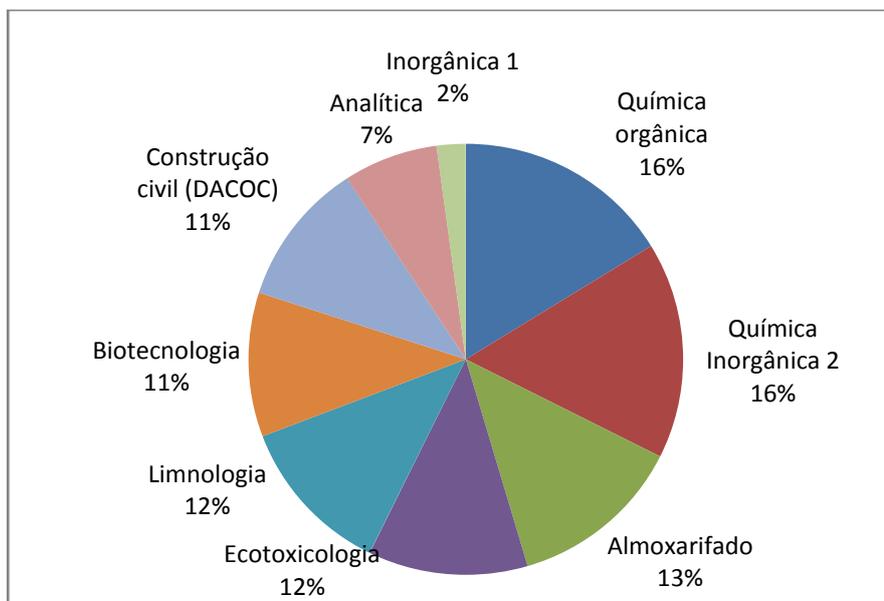


Gráfico 2. Distribuição percentual de geração de resíduos pelos laboratórios em outubro de 2012. Fonte: almoxarifado. Autoria: própria.

Houve também o aumento nas atividades dos laboratórios de ensino, os grupos de pesquisa começaram de forma gradual suas atividades, o que aumentou o uso dos laboratórios de pesquisa. O Gráfico 3 apresenta a distribuição percentual dos resíduos gerados pelos laboratórios neste período.

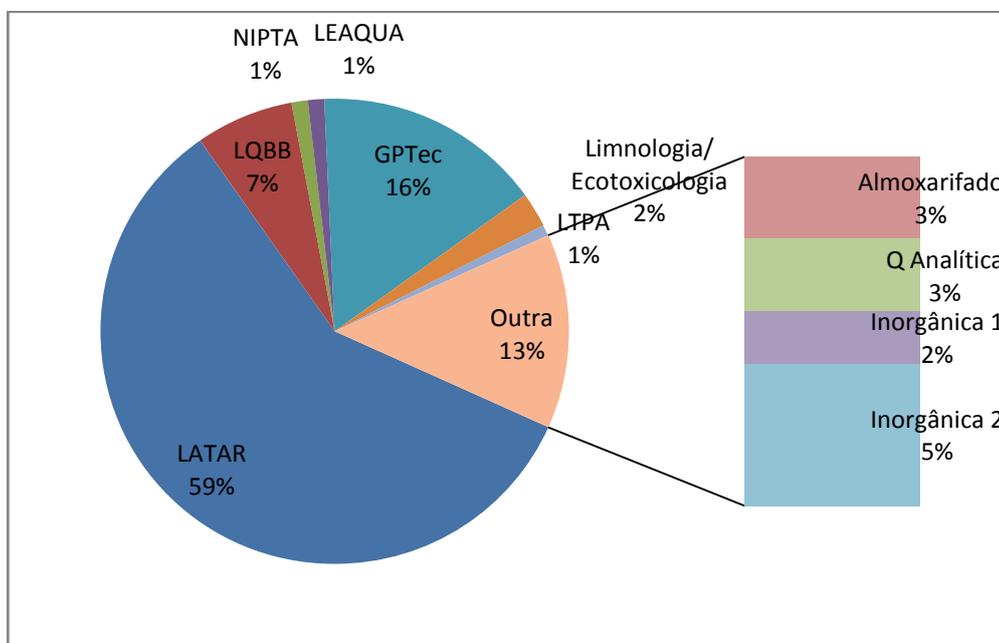


Gráfico 3: Distribuição percentual de geração de resíduos pelos laboratórios em agosto de 2014.

Fonte: Setor de almoxarifado. Autoria: própria.

GPTec - Grupo de Pesquisa em Tecnologia; LATAR: Laboratório de Tratamento de Águas Residuárias; LEAQUA: Laboratório de Estudos Avançados de Química Ambiental; NIPTA: Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Tecnologia Ambiental; LQBB: Laboratório de Químio/Biotecnologia de Biomassas.

Os gráficos 2 e 3 evidenciam diversificação e aumento na geração de resíduos no período de 2012 a 2014. O laboratório de Química Inorgânica 2, enviou ao almoxarifado em 2012, 15 quilogramas de resíduos e em agosto de 2014, 49 quilogramas. O de Química Orgânica, por sua vez, enviou 15 quilogramas em 2012 e não há registro de envio em agosto de 2014.

Percebe-se, pela análise dos documentos de registro do almoxarifado, uma inconsistência de dados, provavelmente causada pela falta de um sistema oficial de registro com critérios precisos. Há registro de envio de resíduos por determinados laboratórios em um período, mas não em outros. Em alguns casos, o resíduo enviado é identificado pelo nome do professor - e até mesmo do aluno - que o enviou. Em outros, é identificado pela atividade geradora sem referenciar em que laboratório a mesma foi executada. Gerbase, Gregório e Calvete (2006), ao propor o levantamento da geração de resíduos em laboratórios de química inorgânica da UFRGS, fizeram identificação dos resíduos gerados em cada aula, no momento da sua geração, pois não contavam com dados confiáveis e detalhados.

A análise da situação atual de funcionamento, carga horária de aulas práticas, média de alunos matriculados e registro de envio de resíduos ao almoxarifado permitiu identificar laboratórios que são fontes fixas e contínuas de resíduos, por atender a disciplinas que mantêm uma rotina de execução de procedimentos experimentais em todos os semestres, como é o caso dos laboratórios de Química Geral, Físico-química, Química Inorgânica, Química Orgânica e Química Analítica, bem como as disciplinas que fazem uso dos mesmos.

Assim sendo, foi possível identificar que as disciplinas de Química Inorgânica e Práticas de Química Orgânica, por sua média de alunos matriculados, carga horária de aulas práticas e geração de resíduos são as maiores fontes fixas e contínuas de resíduos do DAQBi. Outro fator decisivo para seleção dessas disciplinas e os laboratórios que as atendem, foi a abertura dada pelos professores para a realização do trabalho. Entendeu-se que nesses laboratórios, seria possível aplicar com maior sucesso, modificações simples e imediatas nos procedimentos experimentais conforme os objetivos propostos, alcançando os melhores resultados.

Os programas de gerenciamento de resíduos de laboratório realizados em outras universidades, foram iniciados em laboratórios de Química Geral,

Inorgânica e Analítica. Gerbase, Gregório e Calvete (2006) ao propor o gerenciamento de resíduos no curso de Química da UFRGS iniciaram sua pesquisa pela disciplina de Química Inorgânica; Alecrim et al. (2007), no CEFET-AM iniciaram pelo de Química Geral e Química Inorgânica.

5.1.1 Avaliação da geração de resíduos nas aulas de Química Inorgânica

Em cada aula o objetivo geral era observar as propriedades e características dos elementos de uma família da tabela periódica, por meio da realização de reações químicas através substâncias contendo esses elementos. Algumas características, como emissão de espectros luminosos e desidratação eram observadas submetendo a substância a fenômenos físicos.

As aulas prática de Química Inorgânica, realizadas no período de estudo, são apresentadas no Quadro 7.

Aula	Título
1	Grupos 1 e 2 - Metais alcalinos e alcalino terrosos
2	Grupo 13 - Os elementos boro, alumínio e seus compostos
3	Grupo 14 - Os elementos carbono, silício, estanho, chumbo e seus compostos
4 A	Compostos oxigenados do nitrogênio
4 B	Compostos hidrogenados do nitrogênio
4 C	A química do fósforo
5 A	Oxigênio e peróxido de hidrogênio
5 B	A química do enxofre
6	A química dos halogênios

Quadro 7: Relação de aulas práticas no laboratório de Química Inorgânica no segundo semestre de 2013. Autoria própria.

Os alunos recebiam explicação do professor sobre a teoria a ser estudada e a forma de execução de cada prática. Todo o procedimento constava no roteiro de aula preparado pelo professor e era disponibilizado com antecedência. Para execução do procedimento experimental, eram colocadas à disposição dos alunos soluções das substâncias a serem utilizadas, preparadas com antecedência, reagentes, indicadores, e em menor frequência, amostras sólidas. Basicamente usavam-se tubos de ensaio, pipetas, béqueres

e provetas para realização dos experimentos. As reações e exposições a fenômenos físicos eram simples, rápidas, de fácil execução e visualização.

Em todas as aulas, observou-se o uso de um número muito grande de reagentes e soluções, pois as aulas são subdivididas em várias etapas, são executadas muitas reações químicas, as vezes repetidas para se observar o mesmo fenômeno, variando-se os reagentes. A Tabela 4 apresenta as quantidades de reagentes utilizadas, número de reações realizadas e as quantidades de soluções residuais geradas em cada aula.

Tabela 4: Reagentes utilizados, número de reações realizadas e volume de soluções residuais geradas no Laboratório de Química Inorgânica no segundo semestre de 2013.

Aula	Número de reagentes, soluções ou substâncias utilizadas	Número de reações químicas realizadas (por experimento/ bancada)	Volume total de soluções residuais geradas por aula (L)
1	19	62	2,800
2	18	22	1,749
3	23	18	2,880
4 A	16	10	0,860
4 B	18	24	*
4 C	11	9	0,350
5 A	12	11	1,550
5 B	18	18	*
6	25	32	1,250

* Dados não medidos. Autoria própria.

Os alunos eram orientados a usar pequenas quantidades dos reagentes e a executarem as reações em tubos de ensaio. Entretanto, observou-se a utilização de quantidades excessivas, e muitas vezes os alunos faziam misturas e reações desnecessárias, movidos pela mera curiosidade.

No segundo semestre de 2013, período do acompanhamento das aulas, duas turmas estavam cursando Química Inorgânica. A primeira turma contava com 22 alunos e realizava no máximo 8 experimentos por aula prática; a segunda contava com 10 alunos e realizava 4 experimentos. O número de alunos participantes de todas as aulas acompanhadas foi extrapolado ao máximo permitido – vinte e quatro, bem como o número máximo de experimentos possível de ser realizado, oito.

Na aula 1 (Metais alcalino e alcalino terrosos) , observou-se a ocorrência de muitas reações que geram espécies nitrogenadas, como amônio e nitratos, que tem padrões de lançamento previstos pela resolução CONAMA 430/11, bem como o cátion bário, que é classificado como "substância que confere periculosidade ao resíduo" pela NBR 10004 (ASSOCIAÇÃO...,2004). Devido à presença deste cátion, a solução residual foi considerada um resíduo perigoso, e o procedimento experimental que a origina recebeu prioridade para modificação.

Nesta aula, devido ao grande número de tubos de ensaio sendo recolhidos ao mesmo tempo, não foi possível fazer a quantificação específica de cada uma das soluções residuais geradas. Todas foram reunidas em um só recipiente, sendo medido apenas o volume final. A Tabela 5 apresenta as informações sobre a geração de resíduos na aula 01.

Tabela 5: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 1 do Laboratório de Química Inorgânica.

Aula 1- Metais alcalinos e alcalino terrosos					
Resí- duos	Origem	Característica do resíduo	Quantidade gerada (litros)		Classificação
			Turma 1: 8 exp	Turma 2: 8 exp*	
SR1	Parte 1: reação de sódio metálico em água e álcool	Solução aquosa contendo: etanol, sódio, etanoato de sódio, gás hidrogênio. Aspecto róseo devido à presença de fenolftaleína.	--	--	Não perigoso Preocupante
SR 2	Parte 3: reação entre diversos sais de metais alcalinos e amônio	Solução aquosa contendo: NH_4^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- , CO_3^{2-} , F^- , PO_4^{3-}	--	--	Não perigoso Preocupante
SR 3	Parte 4: reação entre diversos sais de metais alcalino terrosos, amônio, hidróxido de sódio e ácido clorídrico	Solução aquosa contendo: Mg^{+2} , NH_4^+ , Ca^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} , H^+ , SO_4^{-2} , $\text{C}_2\text{O}_4^{-2}$, Cl^- , Na^+ , OH^-	--	--	Perigoso Prioritário
SR 4	Parte 5: reação entre o metal magnésio e os hidróxidos de sódio e amônio	Solução aquosa contendo: Mg^{+2} , NH_4^+ , Na^+ , OH^-	--	--	Não perigoso Preocupante
			2,100	2,100	
			Total:	4,200	

Autoria: própria

SR: solução residual.* Quantidades estimadas com base na aula realizada pela turma 1 e elevada ao número máximo de alunos e experimentos possíveis.

-- Quantidades não medidas separadamente

A aula 2 estudou as propriedades dos elementos da família 13 - boro, alumínio e seus compostos. Foram executadas muitas reações químicas em tubos de ensaio, com o intuito de observar as propriedades dos elementos em questão. Foram geradas cinco soluções residuais, sendo que uma delas continha cátions bário, conferindo periculosidade ao resíduo, assim como na aula anterior. A Tabela 6 apresenta as informações sobre a geração de resíduos dessa aula.

Tabela 6: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 02 do laboratório de inorgânica.

Aula 2 - Boro, alumínio e seus compostos					
Resíduos	Origem	Característica do resíduo	Quantidade gerada (litros)		Classificação
			Turma 1: 8 exp	Turma 2: 8 exp	
SR 1	Parte 1: aquecimento e dissolução do ácido bórico	Solução aquosa contendo H_3BO_3 e indicadores metil orange, azul de bromotimol e fenolftaleína	0,200	0,200	Não perigoso Preocupante
SR 2	Parte 2: reação entre ácido bórico, ácido sulfúrico, e metanol	Solução aquosa contendo: $B(OCH_3)_3$, H_2SO_4 , H_3BO_3	0,200	0,020	Não perigoso Preocupante
SR 3	Parte 4: reações entre o alumínio metálico com ácidos clorídrico e nítrico, com hidróxido de amônio e sódio	Solução aquosa contendo: Al^{+3} , Cl^- , NO_3^- , Na^+ , OH^- , NH_4^+	0,296	0,296	Não perigoso Preocupante
SR 4	Parte 5: reação entre cloreto de alumínio e os hidróxidos de sódio e amônio	Solução aquosa contendo: Al^{+3} , Cl^- , Na^+ , OH^- , NH_4^+	0,210	0,210	Não perigoso Preocupante
SR 5	Parte 6: teste de pH do cloreto de alumínio	Solução aquosa contendo Al^{+3} , Cl^- , e indicadores metil orange, azul de bromotimol e fenolftaleína	0,150	0,150	Não perigoso Preocupante
SR 6	Parte 7: reação entre sulfato de potássio e alumínio com ácido sulfúrico, hidróxido de amônio e cloreto de bário	Solução aquosa contendo: Al^{+3} , NH_4^+ , Ba^{+2} , SO_4^{-2} , Cl^- , OH^- , H^+	0,290	0,290	Perigoso Prioritário
			1,166	1,166	
				2,232	

Autoria: própria

Observações: SR: solução residual. * Quantidades estimadas com base na aula realizada pela turma 1 e elevada ao número máximo de alunos e experimentos possíveis.

A aula 3 tem como objetivo estudar as propriedades dos elementos do grupo 14. Para tanto, amostras dos elementos ou compostos dos mesmos foram submetidos a reações químicas para testar suas propriedades e características químicas. A aula foi dividida em oito partes, cada qual avaliando uma característica específica do elemento em estudo.

Na parte 4 dessa aula, era soprado ar, com uso de uma pipeta em um tubo de ensaio contendo hidróxido de bário. A reação entre o gás carbônico e o hidróxido, formaria o carbonato de bário, o que poderia ser comprovado pela observação de um precipitado branco.

Na parte 5 da aula 3, foi estudada a reatividade e a posição relativa dos elementos na série eletroquímica. Esta parte foi preocupante, pois houve o uso de sais de chumbo e do metal chumbo, junto com cobre, estanho e zinco. Em cada situação os alunos eram orientados a misturar soluções dos sais desses metais com os próprios metais, para verificar a ocorrência das reações supostas e assim, comprovar a reatividade e propriedade de deslocamento dos metais.

Na parte 6, ainda da aula 3, cujo objetivo era testar a formação de hidróxidos insolúveis adicionava-se hidróxido de sódio 10% a soluções de cloreto de estanho II a 10% e ao acetato de chumbo 10%, originando uma solução residual contendo cátions desses metais.

Na parte 8 desta aula, com objetivo de verificar a formação de sais insolúveis de chumbo por meio de reações de precipitação, eram colocados em cinco tubos de ensaio solução de acetato de chumbo a 10%. Em cada tubo foram adicionados ácido clorídrico 10%, ácido sulfúrico 10%, cromato de potássio 10%, iodeto de potássio 10% e fluoreto de sódio 10%,

Devido a geração de resíduos perigosos mais significativos, esta aula foi acompanhada duas vezes, em 06 de setembro de 2013 e 13 de dezembro de 2013. No primeiro acompanhamento, foram realizados dez experimentos por trinta alunos, divididos em duas turmas iguais, gerando um total de 2,308 litros de soluções residuais. A tabela 07 apresenta as informações sobre a geração de resíduos da aula acompanhada em 13 de dezembro, na qual participaram trinta e dois alunos, sendo vinte e dois na primeira turma, realizando oito experimentos e dez na segunda, realizando quatro.

Tabela 7: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 03 do laboratório de inorgânica.

Aula 3 - Os elementos Carbono, Estanho, Silício Chumbo e seus compostos					
Resíduos	Origem	Característica do resíduo	Quantidade gerada (litros)		Classificação
			Turma 1: 8 exp	Turma 2: 8 exp	
SR 1	Parte 1: Reação entre o carbono e os ácidos nítrico, clorídrico e sulfúrico	Solução aquosa contendo: CO_3^{-2} , SO_2 , NO_2^- , H^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^-	0,300	0,300	Não Perigoso Preocupante
SR 2	Parte 2: aquecimento do carbonato e bicarbonato de sódio e dissolução em água para teste do pH	Solução aquosa contendo: Ca^{+2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- , coloração rósea devido a fenolftaleína	0,150	0,150	Não perigoso Preocupante
SR 3	Parte 3: reação entre silicato de sódio e ácido salicílico	Solução aquosa contendo: SiO_4^- , Na^+ , H^+ , Cl^- , aspecto branco gelatinoso.	0,300	0,300	Perigoso Prioritário
SR 4	Parte 4: reação entre gás carbônico e hidróxido de bário	Solução aquosa contendo: Ba^{+2} , OH^- , CO_3^{-2} , aspecto branco - precipitado	0,500	0,500	Perigoso Prioritário
SR 5	Parte 5: reação dos metais chumbo, estanho zinco e cobre, com seus sais.	Solução aquosa contendo: Pb^{+2} , Sn^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, Cl^-	0,260	0,260	Perigoso Prioritário
SR 6	Parte 6: reação entre cloreto de estanho, nitrato de chumbo com hidróxido de sódio	Solução aquosa contendo: Pb^{+2} , Sn^{+2} , NO_3^- , OH^- , presença de precipitado branco	0,140	0,140	Perigoso Prioritário
SR 7	Parte 7: reações entre cloreto de estanho e acetato de chumbo, iodo	Solução aquosa contendo: Pb^{+2} , Sn^{+2} , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, presença de precipitado amarelo	0,200	0,200	Perigoso Prioritário
SR 8	Parte 8: reações entre acetato de chumbo e ácidos clorídrico, sulfúrico, cromato de potássio, fluoreto de sódio	Solução aquosa contendo: Pb^{+2} , K^+ , Na^+ , H^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , F^- , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, I^- , PbI_2	0,520	0,520	Perigoso Prioritário
			1,920	1,920	
				3,840	

Autoria: próprias Observações:

SR: solução residual.

Quantidades estimadas com base na aula realizada pela turma 1 e elevada ao número máximo de alunos e experimentos possíveis.

Na aula 4A foi utilizado como reagente o nitrato de chumbo, que foi transformado em óxido de chumbo, por decomposição térmica. O mesmo processo já havia sido realizado utilizando-se nitrato de potássio. O óxido de chumbo formado, no estado sólido, é o único resíduo perigoso desta aula. Devido ao estado físico, foi mais facilmente recolhido. Foi calculada estequiometricamente a geração de 4,0 gramas de óxido de chumbo pelos 12 experimentos realizados.

Nas demais aulas - 4B, 4C, 5A, 5B e 6 - observou-se a formação de variada quantidade de espécies químicas que, mesmo não conferindo periculosidade aos resíduos e não tendo suas concentrações de lançamento previstas pela Resolução CONAMA 430/11, podem ter geração reduzida, usando-se quantidades menores de reagentes. Há frequente uso de ácidos fortes nas aulas, que tornam mais baixo o pH das soluções residuais e podem facilitar a solubilização de várias espécies, alterando outras características e propriedades das mesmas, o que pode ser solucionado pela neutralização destas soluções, conforme realizado por Cunha (2001) na Universidade Federal do Paraná. No Apêndice E estão as planilhas completas, com informações mais detalhadas do inventário realizado neste laboratório.

5.1.2 - Avaliação da geração de resíduos pela disciplina Práticas de Química Orgânica

No início da aula da disciplina Práticas de Química Orgânica, o professor aplicava um teste sobre os conhecimentos teóricos dos alunos a respeito do tema da aula, previamente estudado por eles. Em seguida, era feita a explicação sobre a execução da prática. Todo o procedimento constava no roteiro de aula preparado pelo professor e disponibilizado com antecedência aos alunos. Para realização do experimento, eram colocadas à disposição dos alunos soluções das substâncias a serem utilizadas, preparadas com antecedência, reagentes, indicadores, vidrarias e equipamentos. Basicamente usavam-se tubos de ensaio, pipetas, béqueres e provetas para realização dos experimentos. Parte do material, de uso comum, ficava na bancada do professor e o restante em cada bancada.

Nas aulas em que fosse necessário o uso de condensadores, o número de experimentos realizados era limitado ao número de pontos de água disponíveis para uso. No período de estudo, as aulas eram dadas duas vezes por semana, devido ao número de alunos exceder a capacidade máxima do laboratório. O Quadro 8 apresenta a relação das aulas da disciplina.

Aula	Título
1	Prática 01 – Instrumentalização e segurança no Laboratório de Química
2	Prática 02 - Solubilidade de compostos orgânicos
3	Prática 03- Extração líquido-líquido
4	Prática 4: Síntese da acetanilida
5	Prática 5. Desidratação de álcoois – reação de eliminação
6	Prática 6 Destilação por arraste de vapor
7	Prática 7 : Síntese do ácido acetil salicílico . AAS
8	Prática 8. Síntese do cloreto de t butila
9	Prática 9. Extração sólido- líquido
10	Prática 10: Cromatografia em papel (CP) e Cromatografia em camada fina (TLC).
11	Prática 11: Reação de saponificação
12	Prática 12. Síntese do biodiesel etílico
13	Prática 13: Destilação fracionada de compostos orgânicos
14	Prática 14: Síntese da dibenzalacetona

Quadro 8: Relação de aulas práticas no laboratório de Química Orgânica no segundo semestre de 2013. Autoria própria.

As aulas práticas de Química Orgânica tem como objetivo geral, realizar sínteses orgânicas, observar e estudar as propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos, sendo realizadas poucas reações químicas, seguidas de técnicas para separação dos componentes obtidos, como destilações e filtrações. As reações aconteciam de forma relativamente rápida, sendo dedicada grande parte do tempo às etapas de separação e purificação dos componentes. Assim sendo, observou-se uma menor diversidade de resíduos gerados.

Fazia-se necessário que a substância a ser sintetizada fosse gerada em quantidade suficiente para as etapas posteriores de purificação e testes de identificação, o que tornava mais difícil reduzir as quantidades de reagentes utilizados. O uso de quantidades maiores de reagentes foi justificado pelos

rendimentos calculados das reações, apresentados nos relatórios dos alunos, que em média atinge 50%. Esses baixos rendimentos resultam em quantidades significativas de reagentes (que não reagem) e produtos indesejados, que não podem ser reutilizados de maneira direta. A Tabela 8 apresenta os rendimentos das reações para os experimentos "síntese da acetanilida" e "síntese do ácido acetil salicílico".

Tabela 8: Rendimentos das reações nos experimentos das aulas 4 e 7 da disciplina Práticas de Química Orgânica

Aula 4 - Síntese da acetanilida			
Massa teórica	Experimento	Massa (g)	Rendimento %
3,58 g	1	2,89	55,68
	2	2,44	68,16
	3	3,34	65,80
	4	2,40	46,09
	Total	11,07	
Aula 07 - Síntese do ácido acetil salicílico			
Massa teórica			
5,22g	1	2,28	43,00
	2	3,03	58,62
	3	2,37	45,21
	4	2,30	44,09
	5	3,08	58,78
	Total	13,06	

Fonte: relatórios dos alunos, cedidos pelo professor. Autoria: própria.

No Laboratório de Orgânica, observou-se desconhecimento e despreocupação dos alunos perante o uso racional de reagentes e recursos. Em quase todas as aulas foram utilizados condensadores e, enquanto alguns alunos se preocupavam em utilizar uma vazão mínima, outros usavam um fluxo de água muito alto desnecessariamente. A Tabela 9, apresenta o consumo de água em condensadores para os experimentos.

Tabela 9: Uso de água em condensadores nos experimentos "destilação fracionada" e "síntese da acetanilida"

Destilação fracionada			
Água destilador	Vazão (L/min)	Tempo em uso (min)	Água total (L)
Bancada 1	0,26	40	10,40
Bancada 2	1,62	40	64,8
Bancada 3	0,55	40	22
Total			97,4
Síntese da acetanilida			
Bancada 1	0,34	20	6,9
Bancada 2	2,72	20	54
Bancada 3	0,46	20	9,2
Bancada 4	0,86	20	17,1
TOTAL			87,2

Autoria da tabela: própria

A Tabela 10 apresenta as quantidades de resíduos gerados nesse laboratório no período estudado.

Tabela 10: Volume de soluções residuais e massa de resíduos sólidos coletados em cada aula realizada no segundo semestre de 2013.

Aula	Volume total de soluções residuais geradas por aula (L)	Massa de resíduos sólidos gerados (g)
2	0,950	0,00
3	1,620	4,20
4	4,430	47,56
5	0,020	10,00
6	0,300	0,00
7	2,230	0,00
8	4,420	47,56
9	0,300	10,00
10	0,134	4,00
11	0,190	20,00
12	1,620	0,00
13	0,040	0,00
14	0,053	6,77

Fonte: autoria própria.

Na aula 2 - solubilidade dos compostos orgânicos, amostras diferentes de substâncias inicialmente desconhecidas são submetidas a testes de solubilidade em diversos solventes, com propriedades distintas. Assim, em função das suas propriedades, as substâncias vão solubilizando (ou não), de modo a permitir que o aluno, por investigação, identifique qual é a substância em questão. Uma das substâncias submetidas pelo teste é o acetato de etila, que consta no anexo C da NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) como substância que confere periculosidade ao resíduo. Os dados de geração de resíduos para esta aula são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 2 do Laboratório de Química Orgânica.

Aula 2 - Solubilidade dos compostos orgânicos					
Resí- duos	Origem	Característica do resíduo	Quantidade gerada (litros)		Classificação
			Turma 1: 3 exp	Turma 2: 3 exp*	
SR 1		Solução residual 1 - Solvente Aquoso contendo: Ácido Benzoico, Hidróxido de Sódio Bicarbonato de Sódio, Ácido Carbônico, Benzoato de sódio, p-metilnilina, Ácido clorídrico, cloreto de p-metilnilina, Antraceno Ácido sulfúrico, Etanodiol Acetato de etila.	0,295	0,295	Perigoso Prioritário
SR 2		Solução residual 1 - Solvente Orgânico: Etanodiol, Éter Acetato de Etila Éter	0,180	0,180	Perigoso Prioritário
			0,475	0,475	
				0,950	

Autoria: próprias

Observações: SR: solução residual.* Quantidades estimadas com base na aula realizada pela turma 1.

Observou-se na aula 3, extração líquido-líquido, a formação de resíduo contendo clorofórmio e naftaleno, substâncias constantes do anexo C da NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) classificadas como substâncias que conferem periculosidade aos resíduos. O naftaleno, por sua característica de solubilidade em clorofórmio é recuperado juntamente com este, na fase orgânica, que é deixada em capela para que o clorofórmio evapore e assim se recupere o soluto desejado. Os dados de geração de resíduos para esta aula são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Origem, características, quantidade e classificação dos resíduos gerados na aula 3 do Laboratório de Orgânica.

Aula 3 - Extração líquido - líquido					
Resíduos	Origem	Característica do resíduo	Quantidade gerada		Classificação
			Turma 1: 3 exp	Turma 2: 3 exp	
SR 1	Solução restante, da qual foram extraídas as espécies químicas de interesse	Ácido clorídrico, Hidróxido de sódio, Ácido benzoico, Toluidina, Cloreto de sódio Benzoato de sódio, Cloreto de p-tolueno, Cloroformio, Cloreto de Cálcio, Naftaleno	0,810 L	0,810 L	Perigoso Prioritário
Sol.1	Parte 2:	Ácido Benzóico	1,2g	1,2 g	Não perigoso Preocupante
Sol. 2	Parte 3:	P-toluidina	0,60 g	0,60 g	Não perigoso Preocupante
Sol..3	Parte 4:	Naftaleno	0,30	0,30 g	Perigoso Prioritário
			2,10 g	0,810	
			2,10 g	0,810	
		Total	4,20 g	1,620 L	

Autoria: próprias

Observações: SR: solução residual. Sol: Sólido. * Quantidades estimadas com base na aula realizada pela turma 1.

A Fotografia 1 apresenta a solução residual recolhida na aula 3. No apêndice H estão as planilhas completas, com informações mais detalhadas do inventário realizado neste laboratório para todas as aulas.



Fotografia 1: Solução residual recolhida na aula 3. Autoria: própria.

Mesmo existindo a grande preocupação em eliminar a geração de resíduos perigosos, foi respeitado o caráter didático de cada procedimento de modo que o aluno não deixe de estudar os fenômenos propostos e que a aula atinja seus objetivos, que não foram alterados. Alguns itens considerados repetitivos foram removidos dos roteiros, e outros divididos em grupos, conforme pode ser observado nos apêndices A, B e C. De modo geral, em todos foram propostas reduções da ordem de 50% nas quantidades de reagentes utilizados. Optou-se por inserir sugestões de pesquisas relacionadas com os resíduos gerados. Ainda existindo a geração de resíduos, ela passa a ocorrer em quantidades significativamente menores e foram inseridos como parte da aula, métodos de tratamento para os resíduos gerados. Os roteiros modificados encontram-se nos apêndices A, B e C.

Foram analisadas apostilas de aulas práticas da disciplina de Química Inorgânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), e apostilas de Química Orgânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Neste material analisado, nenhum procedimento experimental faz uso de substâncias como bário e chumbo. Bandeira (2012) elaborou a apostila de práticas da disciplina Química Inorgânica da UTFPR - Câmpus Pato Branco, levando em conta a prevenção à geração de resíduos perigosos, de modo que nenhum experimento faz uso de substâncias que conferem periculosidade ao resíduo.

5.2 - MODIFICAÇÕES PROPOSTAS PARA OS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS GERADORES DE RESÍDUOS PERIGOSOS

O quadro 9 apresenta os resíduos perigosos gerados nas aulas práticas de Química Inorgânica e Orgânica, bem como os procedimentos experimentais que os geram. Estes resíduos foram classificados como prioritários e para estes, são apresentadas as propostas de modificação.

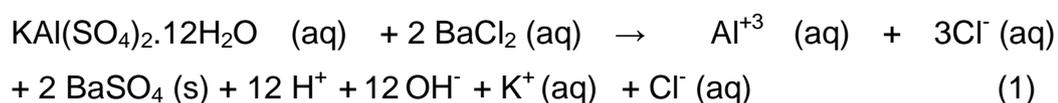
Resíduo	Fonte
Soluções contendo cátions Ba ⁺²	Práticas 1, 2 e 3 – Química Inorgânica
Soluções contendo cátions Pb ⁺²	Práticas 3 e 4A – Química Inorgânica
Solução contendo acetato de etila	Prática 2- Práticas de Química Orgânica
Clorofórmio e naftaleno	Prática 3 – Práticas de Química Orgânica

Quadro 9: Resíduos perigosos gerados (prioritários) e suas fontes geradoras. Autoria: própria.

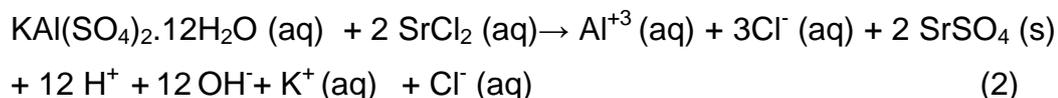
5.2.1 Eliminação da solução residual contendo cátions Ba⁺²

Na parte 4 da aula 1, em que são feitos estudos sobre os metais alcalinos e alcalino terrosos, em seis tubos de ensaio são adicionados 2 mL da solução de cloreto de magnésio. A seguir são acrescentadas em cada tubo soluções a 10 % de carbonato de amônio, sulfato de amônio, fluoreto de amônio, oxalato de amônio, fosfato de amônio e hidróxido de sódio, com o objetivo de observar a formação de precipitados. A seguir, é adicionado ácido clorídrico, para verificar se o precipitado dissolve. Todo este procedimento é repetido partindo-se das soluções de cloreto de cálcio, cloreto de estrôncio e cloreto de bário, com o mesmo objetivo. Neste caso, propõe-se que a repetição com o cloreto de bário seja removida da metodologia, sendo feita a repetição apenas com o cloreto de cálcio e estrôncio. Isso está de acordo com o trabalho de definição de prioridades para minimização de resíduos nos laboratórios de química da UFSCar, realizado por Souza (2005, p. 75), que classificou os resíduos contendo bário como essencialmente prioritários para intervenção no sentido de reduzir ou eliminar seu uso.

Na aula prática 2, foram realizadas reações químicas entre um sal hidratado de alumínio (alúmen) - KAl(SO₄)₂.12H₂O, com ácido perclórico concentrado, hidróxido de amônio concentrado e solução de cloreto de bário a 10%. A equação química 1 apresenta a reação entre o cloreto de bário e o sulfato de alumínio hidratado, que origina cloreto de alumínio e cloreto de potássio dissociados, água e sulfato de bário, evidenciado pela formação de um precipitado branco (VOGEL, 1981, p.308):

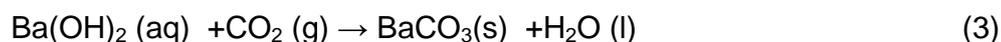


Sugere-se que o cloreto de bário seja substituído por cloreto de estrôncio, sendo realizada a equação química 2 (VOGEL, 1981, p. 310):

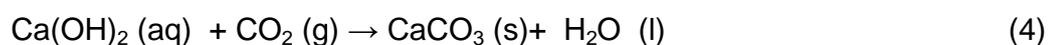


Para uma substância ser solúvel, sua energia de hidratação deve ser maior que a sua energia reticular e quando comparam-se íons metálicos de elementos da mesma família, o maior é o menos solúvel. Quando se comparam cloreto de estrôncio e de bário, o de bário é menos solúvel, mas ainda assim apresenta solubilidade, como ocorre com cloretos de metais alcalino terrosos (LEE, 1999). Os sulfatos de estrôncio e bário, formados nas reações 1 e 2, tem pouca solubilidade, sendo o de bário menos solúvel, como se pode comprovar pela sua constante do produto de solubilidade, apresentada na Tabela 12. Usando cloreto de estrôncio, embora o respectivo sulfato formado seja mais solúvel, será possível a observação do fenômeno.

Na aula prática 3, para se constatar a presença de dióxido de carbono expirado pela respiração, são adicionados 3 mL de solução de Ba(OH)_2 $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ em um tubo de ensaio, no qual o aluno sopra ar com o auxílio de uma pipeta. O hidróxido de bário reage com o gás carbônico formando o carbonato de bário, que precipita conforme a equação química 3 (VOGEL, 1981, p. 307):



O carbonato de bário formado, por ser pouco solúvel é facilmente perceptível, causando a turvação da solução no tubo de ensaio. Neste sentido, hidróxido de cálcio, de forma análoga, formaria o carbonato de cálcio, possibilitando assim a visualização do precipitado, conforme equação química 4 (VOGEL, 1981, p. 311), evitando o uso de solução contendo Ba^{+2} :



A Tabela 13 apresenta a constante do produto de solubilidade (Kps) das espécies envolvidas.

Tabela 13: Constante do Produto de Solubilidade (Kps) a 25°C para as substâncias listadas.

Substância	KPS (25°C)
Hidróxido de cálcio	$6,5 \times 10^{-6}$
Hidróxido de bário	$3,0 \times 10^{-4}$
Carbonato de cálcio	$4,5 \times 10^{-9}$
Carbonato de bário	$5,0 \times 10^{-9}$
Sulfato de bário	$1,1 \times 10^{-10}$
Sulfato de cálcio	$2,4 \times 10^{-5}$
Sulfato de estrôncio	$3,2 \times 10^{-7}$

Fonte: Vogel - 5ª Edição (1981). Autoria: própria

5.2.3 Redução da geração das soluções residuais contendo cátions Pb^{+2}

As soluções residuais contendo íons chumbo Pb^{+2} , são gerados nas aulas 3 e 4 (parte A), sendo que a maior geradora é a aula 3, que tem por objetivo determinar as propriedades dos compostos formados por elementos do grupo 14. Na 5ª parte dessa aula, a reatividade do chumbo e do estanho são testadas em relação ao zinco. Sugere-se que o uso do chumbo seja eliminado e que apenas a reatividade do estanho seja testada em relação ao zinco e ao cobre. Conforme pode-se observar na Tabela 14, o potencial de redução do chumbo e do estanho são muito próximos, sendo que o zinco tem potencial menor do que ambos e o cobre, maior. Uma vez que o potencial do elemento a ser testado esteja entre os valores dos outros dois, poderão ser observadas reações de oxidação e redução, com um ou com outro, de modo que o objetivo da etapa será alcançado.

Tabela 14: Potenciais-padrão em solução aquosa (25°C, 1atm). Concentração da solução no eletrodo 1 mol L⁻¹

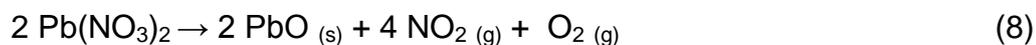
Agente oxidante	Agente redutor	E° red (V)
Zn ⁺² (aq) + 2 e ⁻ →	Zn (s)	-0,76
Pb ⁺² (aq) + 2 e ⁻ →	Pb (s)	-0,13
Sn ⁺² (aq) + 2 e ⁻ →	Sn (s)	-0,14
Cu ⁺² (aq) + 2 e ⁻ →	Cu (s)	+0,34

Fonte: Skoog, 2009. Autoria: própria.

A segunda proposta é em relação ao estudo da formação de hidróxidos insolúveis de estanho e chumbo, por meio da adição de hidróxido de sódio aos sais desses metais. Entende-se como possível a retirada da formação do hidróxido de chumbo, pois o fenômeno estudado - formação de hidróxidos insolúveis - já pode ser observado em relação ao estanho. Pode -se inferir apenas citando em aula que com o chumbo, metal da mesma família, o processo ocorrerá de forma idêntica.

No estudo da formação de sais pouco solúveis, o acetato de chumbo é testado em relação aos ácidos clorídrico e sulfúrico, e ao cromato de potássio, iodeto de potássio, e fluoreto de sódio, com o objetivo de se observar a precipitação dos sais de chumbo formados. Mais uma vez, propõe-se que o estudo seja feito com o estanho e não com chumbo, partindo-se de um sal de estanho. Adicionalmente, propõe-se que o teste seja apenas com um dos ácidos e com um dos sais em que haja formação de sais insolúveis e outro em que não haja. Cabe ressaltar o primeiro e mais importante princípio da Química Verde, "Prevenção: evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou limpá-lo após sua geração" (BAIRD; CANN, 2011).

Na terceira parte da aula 4, foi estudada a decomposição térmica dos nitratos. Para tanto, 0,5 gramas de nitrato de potássio eram colocados em um tubo de ensaio, que era posteriormente aquecido, com o objetivo que o aluno observasse a formação do óxido. O procedimento era então repetido para o nitrato de chumbo, ocorrendo a reação (ORIAKHI, 2009, p. 264):



Uma vez que o fenômeno já foi observado com o primeiro sal, entende-se que a repetição com o nitrato de chumbo é desnecessária, sendo possível

evitar a formação do óxido de chumbo e economizar o reagente. Ressaltando-se que o objetivo desta etapa é observar a formação de óxidos, isso pode ser feito pelo aquecimento de outros nitratos como o de cálcio e o de estanho.

O estanho apresenta muitas semelhanças químicas com o chumbo. São metais da mesma família, apresentam a mesma eletronegatividade, energias de ionização próximas e estabelecem, na maioria dos casos, os mesmos tipos de ligações químicas com outros átomos. Ambos reagem com HNO_3 diluído formando $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, respectivamente. A tabela 15 apresenta algumas propriedades químicas dos dois elementos (LEE, 1999).

Tabela 15: Propriedades químicas dos elementos estanho e chumbo

	Raio covalente (A)	Energias de ionização ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)		Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$)	Ponto de ebulição ($^{\circ}\text{C}$)	Eletronegatividade de Pauling
		1a	2a			
Sn	1,40	707	1.409	232	2.623	1,8
Pb	1,46	715	1.447	327	1.751	1,8

Fonte: Lee, 1999. Autoria: própria

O estanho é menos tóxico do que o chumbo e não consta na listagem de substâncias perigosas da NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004). O padrão de lançamento do estanho, de acordo com a Resolução Conama 430/11 é $4,0 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto o do chumbo é $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, comprovando que os seus efeitos poluidores nos corpos aquáticos são menos danosos do que os do chumbo.

O estudo de Medina, Santos e Brito (2010), no qual é proposto o gerenciamento de resíduos de aulas práticas de química, na UFSCar, apresenta medidas de tratamento para os sais de chumbo propondo a precipitação de suas formas solúveis em iodeto de chumbo, PbI_2 , na qual o metal estaria imobilizado. É uma medida válida, porém apenas promove a transferência de fase do poluente. Por outro lado, a substituição do chumbo por estanho, põe em prática o terceiro princípio da Química Verde, que trata da geração de resíduos e uso de substâncias de baixa ou nenhuma toxicidade. Cabe observar que, sob forma de compostos insolúveis em água o chumbo está quimicamente imobilizado, no entanto, a NBR 10004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) classifica como perigoso o chumbo e seus compostos, sem especificar sua forma e a classificação de resíduos, feita por Souza (2005, p. 76),

enquadra os resíduos contendo cátions Pb^{+2} como essencialmente prioritários para serem minimizados.

5.2.4 Reutilização de acetato de etila, clorofórmio e naftaleno

O acetato de etila, ou etanoato de etila (IUPAC), foi utilizado na aula cujo objetivo era testar a solubilidade dos compostos orgânicos. Como um éster, o acetato de etila - $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ pertence à classe de solubilidade onde estão os álcoois, aldeídos, cetonas, nitrilas e amidas monofuncionais com cinco átomos de carbono ou menos. Apesar de existirem muitos compostos orgânicos de mesma classe solubilidade, não é possível que o mesmo seja facilmente substituído pois, dentre os ésteres o acetato de etila é o que apresenta menor toxicidade.

Enfatizando o princípio da prevenção propôs-se que o acetato de etila fosse substituído por butanol, um álcool de mesma classe de solubilidade. Os resultados alcançados seriam diferentes, pois não seriam observadas as propriedades de solubilidade dos ésteres e sim dos álcoois. No entanto, ressalta-se que o objetivo da aula era observar a solubilidade de compostos orgânicos, o que seria possível. Considerando-se os ganhos em termos de prevenção à poluição e diminuição da exposição dos alunos à uma substância perigosa e o exemplo a ser dado aos mesmos, o objetivo da aula teria sido enriquecido, ainda que atingido parcialmente. Porém, essa substituição não foi aprovada pelo professor da disciplina, que entendeu que substituí-lo por um álcool ou outro composto de alguma outra função orgânica, causaria prejuízo ao caráter didático da aula, pois deixariam de ser observadas propriedades específicas dos ésteres; desta forma, a proposta não foi testada.

Sugere-se então, que seja feita a reutilização do acetato de etila. Nesta prática, após os testes de separação, o composto é recuperado no final da aula, devendo ser acondicionado em um frasco identificado e ser utilizado na prática 13, conforme será detalhado.

Na aula de extração líquido-líquido, o clorofórmio é utilizado como solvente, sendo que nas etapas finais é colocado para evaporar em capela, com objetivo de se recuperar o naftaleno dissolvido. Mais uma vez, objetivando-se a prevenção da geração de resíduos e a eliminação do uso de

substâncias tóxicas, sugeriu-se em substituir o clorofórmio por hexano, um solvente que possibilita executar a prática atingindo os mesmos resultados, conforme consta no procedimento de extração simples da apostila experimental de Química Orgânica Básica, do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná (2009). Os dados toxicológicos das duas substâncias, apresentados na Tabela 16 deixam claras as vantagens da substituição em relação à diminuição da exposição aos riscos e à saúde humana.

Tabela 16: Propriedades toxicológicas do hexano e do clorofórmio.

	Hexano	Clorofórmio
Coeficiente de partição (Log Kow a 25 oC)	3.6	1,97
DL ₅₀ oral - rato mg/kg	28.710	300
Via Respiração (CL ₅₀) - camundongo - g/m ³	120	28
Rótulo de risco	Perigoso	Tóxico
Risco à saúde (Classificação de Hommel)	1 - Leve	2 - Perigoso

Fonte: CETESB, 2014. Autoria: própria.

A substituição do clorofórmio por hexano também não foi aprovada pelo professor responsável pela disciplina. O docente citou que o clorofórmio é utilizado seguindo-se todos os cuidados de segurança e que o uso do hexano traria problemas adicionais, pelo fato de ser mais inflamável do que o clorofórmio e apresentar riscos à saúde dos alunos. Assim sendo, a substituição não foi testada.

Diante desta dificuldade em realizar substituição de reagentes nas práticas da disciplina de Química Orgânica, sugere-se que a solução de naftaleno e clorofórmio seja colocada em um aparelho evaporador rotativo para que seja feita a evaporação e condensação do clorofórmio, que deverá ser guardado em frasco identificado.

Sugere-se que as duas substâncias armazenadas - acetato de etila e clorofórmio - sejam misturadas, e a solução resultante seja utilizada na aula 13, “Destilação fracionada de compostos orgânicos” da mesma disciplina, em que uma mistura de dois compostos orgânicos é submetida à separação por destilação fracionada. Sugere-se que seja modificada a sequência das aulas, de modo que a destilação ocorra logo após as aulas que geraram os resíduos. Após destilados nessa aula, os mesmos podem ser utilizados novamente nas aulas 2 e 3. A Tabela 17 apresenta as propriedades físico-químicas do acetato de etila e clorofórmio.

Tabela 17: Propriedades físico-químicas acetato de etila e do clorofórmio.

	Acetato de etila	Clorofórmio
Ponto de ebulição (°C)	77,11	61.17°C
Ponto de fusão (°C)	-83,8	-63.41°C
Solubilidade	Solúvel em água, miscível em etanol	Solúvel em água, miscível em etanol
Densidade (g/cm ³) a 25 °C	0,9003	1.4788
Massa molar	88,106	119,378
Estado físico	Líquido	Líquido

Fonte: Handbook of Chemistry and Physics, 86th Edition 2005-2006, p 236 e 493. Autoria Própria

Recomenda-se que o naftaleno, obtido por meio da evaporação do clorofórmio, seja identificado em frasco próprio e seja reutilizado na repetição desta mesma aula. Isso está de acordo com o trabalho realizado por Alecrim et. al. (2007) que propunha o gerenciamento de resíduos no CEFET-AM, e o trabalho proposto por Demaman (2004) no Centro Tecnológico da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguay e das Missões (Campus Erechim), que identificaram resíduos de algumas aulas como insumos para outras, que eram devidamente armazenados até o momento de uso, evitando o preparo de novas soluções e consumo desnecessário de reagentes.

5.3 - Resultados dos testes e roteiros modificados

As modificações propostas para a disciplina de Química Inorgânica envolvendo substituição de reagentes foram testadas iniciando-se pela troca do cloreto de bário pelo de estrôncio. Observou-se que a reação deste sal com o sulfato hidratado de alumínio e potássio ocorreu de forma semelhante, tendo sido observadas as mesmas evidências de reação.

O teste foi realizado conforme citado no roteiro tradicional: o sulfato de potássio e alumínio dodecahidratado (alúmen) foi dissolvido em 1 mililitro de água destilada, em cinco tubos de ensaio diferentes. Ao primeiro tubo foi adicionado ácido perclórico concentrado, ao segundo hidróxido de amônio concentrado, ao terceiro cloreto de bário. Nos três, a formação do precipitado foi nítida e rápida.

Em sequência, foi adicionado no quarto tubo cloreto de cálcio 10%, e não foi observada a precipitação. Foi feita nova tentativa aumentando-se o

volume de cloreto de cálcio a 10%, mas não houve resultado satisfatório. Foi então adicionado o cloreto de estrôncio 10% no quinto tubo e houve formação rápida de um precipitado branco, evidenciando a reação e comprovando assim a possibilidade de substituir o cloreto de bário pelo de estrôncio.

Deste modo, entende-se que a substituição pode ser feita, sem causar nenhum prejuízo ao aprendizado do aluno, pois as evidências da reação são muito semelhantes e indicam a ocorrência da reação química esperada. A Fotografia 2 apresenta os resultados obtidos nos cinco tubos de ensaio.



Fotografia 2. Resultado da substituição do cloreto de bário. Na ordem em que aparecem na foto: adição de ácido perclórico concentrado, hidróxido de amônio concentrado, cloreto de bário 10%, cloreto de cálcio 10%, cloreto de estrôncio 10%.

No experimento para verificação da formação de carbonatos insolúveis, o uso de hidróxido de cálcio no lugar do hidróxido de bário apresentou bons resultados. Houve formação de precipitado branco, evidenciando visualmente a ocorrência da reação em intervalo de tempo semelhante. Deste modo, mostrou-se que é possível deixar de gerar as soluções residuais contendo bário, evitando assim a formação deste resíduo perigoso. A Fotografia 3 apresenta os resultados obtidos.



Fotografia 3: Resultado da substituição do hidróxido de bário (primeiro tubo) por hidróxido de cálcio (segundo tubo).

O estudo da reatividade dos metais utilizando estanho, cobre e zinco apresentou resultados satisfatórios, mostrando ser possível a eliminação do uso do chumbo sem causar prejuízo ao aprendizado dos alunos. O teste foi realizado colocando-se pedaços dos três metais em cavidades de uma forma plástica, semelhantes a uma placa de toque. Em cada metal, foi gotejada separadamente a solução contendo o cátion bivalente para reação: cloreto de estanho II, sulfato de cobre, cloreto de zinco. Foi realizado o procedimento tradicional, com o metal chumbo e as soluções de acetato de chumbo, cloreto de zinco e cloreto de estanho II. Em função do potencial de redução dos metais, em alguns casos, foram observadas reações e em outros não, conforme apresentado no Quadro 10 e ilustrado pela Fotografia 4.

Metal/ Cátion	Sn ⁺² (aq)	Cu ⁺² (aq)	Zn ⁺² (aq)	Pb ⁺² (aq)
Sn	Não reage	Reage	Não reage	Não realizado
Zn	Reage	Reage	Não reage	Não realizado
Cu	Não reage	Não reage	Não reage	Não realizado

Quadro 10: Resultados dos testes de reatividade dos metais. Autoria própria.



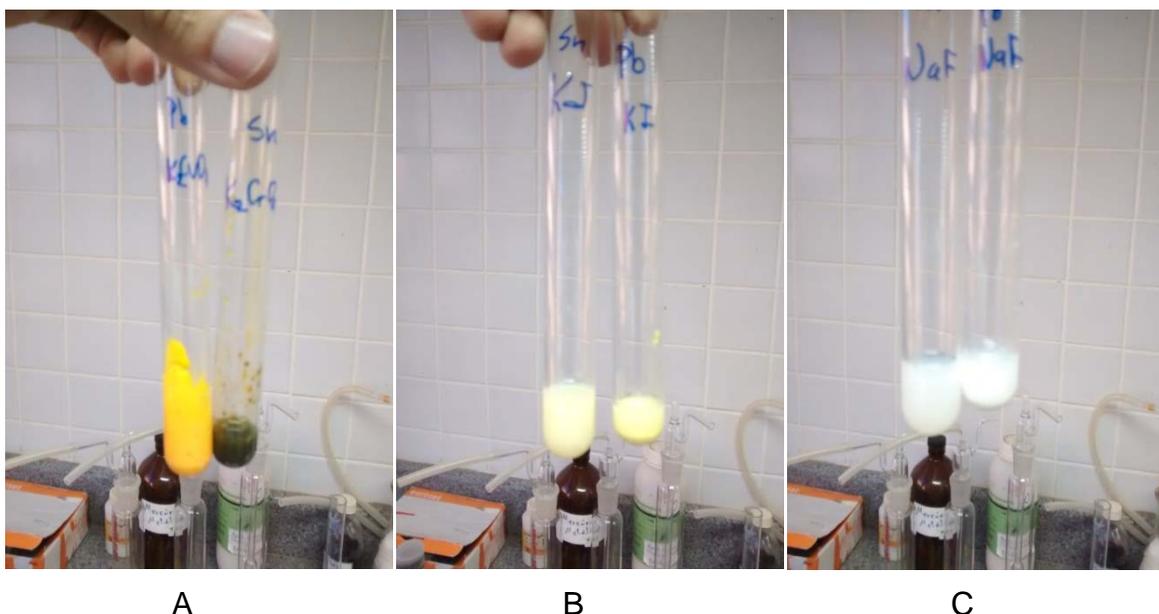
Fotografia 4. Placa utilizada para testar a reatividade dos metais. Na ordem da esquerda para a direita, estão os pedaços de chumbo, zinco, cobre e estanho.

No experimento em que é testada a formação de sais insolúveis, a formação de sais de estanho em substituição aos de chumbo se mostrou satisfatória, no entanto requer modificações adicionais. O Quadro 11 apresenta as formações de precipitados observadas.

	Acetato de chumbo	Cloreto de estanho II
Dicromato de potássio	Precipitado amarelo intenso	Precipitado marrom
Iodeto de potássio	Precipitado amarelo	Não forma precipitado
Fluoreto de sódio	Forma precipitado branco	Forma precipitado branco

Quadro 11: Formação de precipitado observada nos testes de comparação dos sais acetato de chumbo II e cloreto de estanho II, com os reagentes citados.

Os resultados obtidos com uso do acetato de chumbo são mais evidentes, comprovando que os sais formados são menos solúveis do que os formados com estanho. Considerando que o objetivo desta etapa é observar a formação de precipitados - que ocorreu nas reações de cloreto de estanho com dicromato de potássio e fluoreto de sódio - as modificações foram eficientes. A Fotografia 5 apresenta os resultados obtidos.



Fotografia 5: Reações entre as substâncias listadas e cloreto de estanho II 10% (tubo da esquerda) e acetato de chumbo II 10% (tubo da direita).
A: Dicromato de potássio com cloreto de estanho II 10% (tubo da direita) e acetato de chumbo II 10% (tubo da esquerda).
B: Iodeto de potássio com cloreto de estanho II 10% (tubo da esquerda) e acetato de chumbo II 10% (tubo da direita).
C: Fluoreto de sódio com cloreto de estanho II 10% (tubo da esquerda) e acetato de chumbo II 10% (tubo da direita).

O Quadro 12 apresenta uma análise do alcance das modificações aos princípios da Química Verde pertinentes.

5.4 Aplicação em aula prática de Química Inorgânica

No dia 08 de dezembro de 2014, o roteiro modificado da aula 3 da disciplina de Química Inorgânica foi aplicado em aula prática, com autorização e acompanhamento da professora responsável. Foi executado o roteiro tradicional, conforme previsto no planejamento da disciplina. Os alunos realizaram em sequência, cada etapa em que foram propostas modificações e compararam seus resultados. Durante a execução, procurou-se ouvir os comentários espontâneos que os mesmos fizeram, no intuito de registrar a sua percepção sobre as diferenças nos procedimentos e como as mesmas afetariam seu aprendizado.

No final da prática, os mesmos foram indagados a respeito dos procedimentos que acabaram de realizar. Ambos afirmaram que não sentiriam

prejuízo ao seu aprendizado caso apenas o roteiro modificado tivesse sido executado.

Resíduo	Fonte	Modificação proposta	Resultados alcançados pela modificação	Princípios da química verde relacionados
Soluções contendo cátions Ba^{+2}	Prática 1 Inorgânica	Retirado o uso do Bário na etapa 1	Satisfatório	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas 12 - Minimização dos riscos
	Práticas 2 Inorgânica	Substituição do $BaCl_2$ por $CaCl_2$	Satisfatório	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas 12 - Minimização dos riscos
	Prática 3 Inorgânica	Substituição do $Ba(OH)_2$ por $Ca(OH)_2$	Satisfatório	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas 12 - Minimização dos riscos
Soluções contendo cátions Pb^{+2}	Práticas 3 Inorgânica	Substituição dos sais e hidróxido de chumbo pelos de estanho	Satisfatório	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas 12 - Minimização dos riscos
	Prática 4A Inorgânica	Retirada a reação de decomposição do $Pb(NO_3)_2$	Satisfatório	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas
	Prática 4A Inorgânica	Substituição do acetato de chumbo por cloreto de estanho para verificação de formação de sais insolúveis	Necessita de ajustes	1 - Prevenção 3 - Sínteses menos perigosas 12 - Minimização dos riscos

Quadro 12: Resumo dos resultados alcançados e princípios da Química Verde relacionados. Autoria: própria.

Ao pipetar um reagente seguindo o roteiro onde estava escrito “acrescentar pequena quantidade de...” um aluno disse que o roteiro deveria

indicar a quantidade exata do quanto deveria ser usado, para que ele pudesse ter mais certeza do que estava fazendo.

Os alunos afirmaram que as reações de precipitação envolvendo o chumbo são mais evidentes e proporcionam melhores observações, contudo, perante a questão da periculosidade dos resíduos - que até então era desconhecida para eles – consideram a substituição válida devido à não geração de resíduos perigosos, e que hoje, esta preocupação deve ser preponderante no ensino da Química.

5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os laboratórios encontram-se em diferentes fases de instalação e de gerenciamento de resíduos. Enquanto em alguns a questão é discutida e são aplicadas técnicas de prevenção, em outros percebe-se uma acomodação com a atual postura de apenas enviar resíduos para o almoxarifado. A falta de profissionais técnicos responsáveis por cada laboratório dificulta a tomada de ações de gerenciamento internas, pois muitas vezes, o mesmo laboratório é utilizado por vários professores, estagiários e alunos.

A falta de mecanismos de controle efetivos para registro de informações dificulta a ação do setor de almoxarifado, que muitas vezes acaba contando com a boa vontade dos responsáveis pelos laboratórios quanto à prestação de informações claras, correto acondicionamento e envio regular dos resíduos.

As pesquisas que vem sendo realizadas nos diferentes níveis de ensino dentro da temática de resíduos sólidos ainda não são realizadas de forma integrada entre si e com o próprio Plano de Gerenciamento de Resíduos do Campus Curitiba.

A postura do professor é fundamental para a prevenção da geração de resíduos químicos de laboratório, pois o planejamento das atividades práticas, feito de forma consciente e responsável é o principal instrumento de prevenção. Torna-se necessário, em um primeiro momento, que esforços maiores sejam tomados visando pesquisar novos procedimentos experimentais, planejá-los e testá-los. Há diferença na preocupação de grande parte dos envolvidos - docentes e discentes - com a geração de resíduos, fruto de desconhecimento e desinteresse por parte de alguns. Enquanto alguns professores desenvolvem, muitas vezes por iniciativa própria, estratégias para redução, outros simplesmente tratam o assunto como secundário e de menor importância.

Fundamentalmente, é necessário que sejam abordados conceitos de Química Ambiental e Química Verde durante as aulas, despertando nos estudantes a preocupação, os efeitos e riscos ambientais relacionados com as espécies químicas utilizadas e com a questão da geração e redução dos resíduos.

Cada disciplina tem particularidades e há diferentes níveis de preocupação em relação ao uso de substâncias perigosas. No laboratório de Química Analítica verificou-se o maior avanço em relação à prevenção de resíduos por ter reduzido o uso de substâncias perigosas e aplicado técnicas de semi micro escala.

As aulas práticas das disciplinas Química Inorgânica e Química Orgânica que são ministradas nos laboratórios estudados, se aprofundam nos conceitos tradicionais destas áreas e não abordam efetivamente os conceitos e princípios da Química Verde, fazendo uso de substâncias perigosas e/ou tóxicas.

O inventário realizado com base nos dados coletados nas aulas de Química Inorgânica e Práticas de Química Orgânica deixa claro o uso desnecessário de substâncias perigosas e tóxicas nos laboratórios em que essas aulas práticas são dadas. Enquanto muitas universidades baniram o uso de espécies potencialmente tóxicas, como chumbo, bário, acetato de etila, clorofórmio, dentre outras, nos laboratórios avaliados esses reagentes ainda são utilizados sem ser feita nenhuma menção aos riscos à saúde e ao ambiente, perpetuando nos alunos a postura de despreocupação com as consequências e o potencial poluidor da aula.

A geração de resíduos da disciplina Práticas de Química Orgânica, menor e menos diversificada, é fruto da própria didática das aulas desta disciplina, que realiza menos reações químicas, são menos subdivididas e realiza poucos testes sobre propriedades químicas específicas de uma determinada substância

Medidas para prevenção da geração de resíduos são possíveis em todos os procedimentos experimentais estudados. A maior parte destas medidas são relativamente simples e podem ser aplicadas de forma rápida, sem custos adicionais, sem necessidade de estudos aprofundados, como a redução nas quantidades de reagentes utilizados. É possível substituir reagentes, com base em estudos e testes sobre o comportamento das substâncias. Adicionalmente, pode ser proposto que os alunos estudem e realizem pesquisas sobre o chumbo, seus compostos e os danos ambientais e à saúde humana que podem ser causados por este elemento. Essas mudanças podem representar grandes avanços quanto à prática dos princípios da Química Verde, sobretudo quanto à prevenção da geração de resíduos.

Deve-se evitar o uso de tubos de ensaio e vidrarias de grandes volumes, pois os mesmos induzem os alunos a usar quantidades excessivas e desnecessárias dos reagentes. Em muitos casos, apenas para visualização da ocorrência de reações, recomenda-se o uso de placas de toque, usando-se apenas gotas dos reagentes.

Sempre que possível, devem ser especificadas as quantidades de reagentes a serem utilizados, evitando-se o uso de termos como " ponta de espátula", "gotas", pois as mesmas acabam, muitas vezes, induzindo ao uso excessivo e desnecessário de reagentes e dão a ideia de falta de preocupação com o desperdício.

Para os casos de uso dos condensadores, sugere-se o uso de sistemas de refluxo, de modo que a água descartada seja recolhida num béquer e bombeada para a entrada do condensador. Esse sistema pode ser montado de forma simples, com uso de bombas domésticas, usadas em aquários. O melhor controle do fluxo de água pode aumentar a eficiência da condensação e melhorar os rendimentos das reações.

Deve-se incentivar que o trabalho global da aula seja dividido pelos grupos, de modo que cada um execute uma parte diferente da aula, e os demais apenas observem; a partir das observações feitas, os alunos poderão comparar os resultados, e terão oportunidade de discuti-los, aliando-se neste exato momento a teoria à prática experimental. A execução dividida em grupos necessitará num primeiro momento, de um maior esforço no planejamento e organização da turma.

6 CONCLUSÕES

A instalação dos laboratórios, do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR-Curitiba, iniciou-se em 2012, e hoje, cada um encontra-se em diferentes condições de estrutura e funcionamento.

A plena utilização dos laboratórios, que vem sendo atingida gradualmente, e a atuação crescente dos grupos de pesquisa, contribuem para o aumento e para a diversificação da geração de resíduos. Fato esse, observado durante a realização do levantamento de dados, sobre a geração de resíduos nos diversos laboratórios o qual apontou uma evolução da quantidade de resíduos enviadas para destinação final, durante o período de acompanhamento, a qual passou de 92,5 quilogramas em 2012 para 883 quilogramas em 2014.

Observou-se também que as medidas adotadas pelo setor de almoxarifado para identificação e recolhimento dos resíduos não são cumpridas por todos os responsáveis pelos laboratórios, o que dificulta o trabalho do setor, bem como a falta de técnicos responsáveis pelos mesmos.

Sendo que, ainda há certa resistência e falta de conscientização por parte de alguns professores, quanto à aplicação de medidas de prevenção à poluição ,e talvez, acomodação com a facilidade de envio dos resíduos ao almoxarifado. Enquanto outros possuem maior preocupação e aplicam procedimentos sistematizados visando a redução da geração de resíduos, e evitando sempre que possível o uso de substâncias perigosas e ou tóxicas em aulas práticas.

Este cenário evidencia que apesar de algumas atitudes e procedimentos para o gerenciamento dos resíduos, ainda há muito que se avançar. Os diferentes usos dos laboratórios faz com que a geração de resíduos seja diversificada em termos de frequência, tipologia e quantidade, havendo desta forma a necessidade de estudo caso a caso.

Com base nesse levantamento, diagnosticou-se, como prioritárias nesse momento, para um estudo de minimização de geração de resíduos, as disciplinas de Química Inorgânica e Práticas de Química Orgânica.

O inventário realizado, com base nos dados coletados durante as aulas práticas, de Química Inorgânica e Práticas de Química Orgânica, deixou claro o uso desnecessário de substâncias perigosas e tóxicas. Enquanto muitas

universidades baniram o uso de espécies potencialmente tóxicas, como chumbo, bário, acetato de etila, clorofórmio, dentre outras, nos laboratórios avaliados esses reagentes, ainda são utilizados sem ser feita nenhuma menção aos riscos à saúde e ao ambiente, perpetuando nos alunos a postura de despreocupação com as consequências e o potencial poluidor da aula.

Desta forma, para essas disciplinas, as pesquisas para possíveis modificações apontaram para intervenções simples, de baixo custo, com menor risco e minimização de resíduos, sem alteração do objetivo da aula prática.

A realização dos testes experimentais, utilizando os novos roteiros elaborados, para as aulas práticas, comprovou que medidas de prevenção e redução na geração de resíduos são possíveis de serem aplicadas de imediato, sem custos e grandes esforços. Corroborando que este estudo é possível de ser feito e aplicado para todas as disciplinas vinculadas à aulas práticas, no sentido de subir na hierarquia de gerenciamento de resíduos de acordo com os princípios da Química Verde.

Além do que estudantes formados em um curso que promova, em seu dia a dia de ensino, os princípios da Química Verde e as técnicas de prevenção à geração de resíduos, se tornarão profissionais mais conscientes de sua responsabilidade ambiental e do seu papel como cidadãos.

|

7 RECOMENDAÇÕES

Por estar em fase de crescimento, o momento é oportuno para que o DAQBi inicie a implantação de ações efetivas de prevenção de resíduos, pois assim estas ações amadurecerão paralelamente ao crescimento do próprio Departamento e passarão a fazer parte da sua cultura. Ações de prevenção tomadas hoje evitarão o problema da geração de passivos ambientais que exigirão no futuro a tomada de ações difíceis e onerosas, bem como reduzirão os custos com a atual disposição de resíduos.

As ações de gerenciamento de resíduos atualmente em vigor precisam ser melhor divulgadas e integradas ao Plano de Gerenciamento de Resíduos do Campus Curitiba.

Deve ser instituído um Plano de Gestão de Resíduos de Laboratório no DAQBi, com base no PGRCC, que contemple ações conjuntas de gerenciamento, estabeleça metas e objetivos claros e bem definidos, assim como uma política interna que se articule com as políticas de gestão de resíduos da Universidade. Deve ser instaurada uma comissão responsável pela definição das estratégias de gestão destes resíduos e seu direcionamento juntamente com as ações existentes para o alcance das metas e objetivos, bem como sua divulgação e revisão.

É fundamental que os professores sejam envolvidos e comprometidos com o gerenciamento de resíduos de laboratório, que deve passar a fazer parte das reuniões de departamento, treinamentos, semanas acadêmicas e demais eventos. Os roteiros de aulas devem ser replanejados levando-se em consideração a prevenção à geração de resíduos e a eliminação do uso de substâncias perigosas.

O setor de almoxarifado deve ser estruturado para atuar como Central de Gerenciamento de Resíduos, com atuação, autoridade e responsabilidade claramente instituídas, bem como mecanismos de ação e controle efetivos para se promover a identificação, acondicionamento, tratamento e disposição final adequados.

Em todos os níveis de ensino deve ser incentivada a pesquisa e a realização de projetos dentre da temática de gestão de resíduos de laboratório. Estas pesquisas devem ser direcionadas para que se complementem e formem

banco de dados e informações para embasamento da tomada de decisões de gerenciamento. O Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Tecnologia Ambiental (NIPTA) deve promover essa integração juntamente com os professores e pesquisadores.

Deve-se promover, sempre que possível, a aplicação das técnicas de trabalho em semi e micro escala em todos os laboratórios. Para tanto, deve haver a redução nas quantidades de reagentes utilizadas, uso de vidrarias menores, divisão de trabalhos em grupos, dentre outras, a serem pesquisadas e desenvolvidas em cada caso específico.

Deve ser incentivado o uso de softwares de experimentos virtuais disponíveis no mercado, como ferramenta de apoio ao ensino à prevenção na geração de resíduos.

A metodologia deste trabalho deve ser aplicada aos demais laboratórios do departamento, para ampliação do conhecimento sobre as fontes de geração de resíduos e possibilidades de redução dos mesmos.

8 REFERÊNCIAS

ABREU, Daniela G.; IAMAMOTO Yassuko. **Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química: formação profissional com responsabilidade ambiental.** Química Nova. V. 26, N. 4, p. 582-584. 2003.

ADISSI, Paulo J.; PINHEIRO, Francisco A.; CARDOSO, Rosângela S. **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas.** Rio de Janeiro. Elsevier. 2013.

ALECRIM, Gisela F.; MAGNO, Kristiane S.; MENDONÇA, Rogete B. S.; VALLE, Cláudia M. **Gerenciamento dos resíduos gerados nas disciplinas de química geral e química inorgânica dos cursos da área de química no CEFET-AM.** In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2.2007. João Pessoa.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004. Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001. Sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso.** Rio de Janeiro. 2004.

AYALA, José D.; BELLIS, Vito M. **Química Inorgânica Experimental.** 65 f. (Apostila). Departamento de Química. Universidade Federal de Minas Gerais. 2003.

AZEVEDO, Mariangela G. L.; DELMANTO, Fabio M. A.; MORAES, Rodrigo J. **As leis federais mais importantes de proteção ao meio ambiente comentadas.** Brasil. Renovar. 2005

BANDEIRA, Estela I. **Elaboração de apostila para as aulas práticas da disciplina de Química Inorgânica II.** 2012. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental.** 4ª Edição. Tradução Marco Tadeu Grassi. Porto Alegre, Bookman. 2011.

BARBOSA, Valma M.; JUNIOR, Eloy F. C.; LOHMANN, Gabriele. **O programa de gerenciamento de resíduos da UTFPR- Campus Curitiba e a contribuição de trabalhos acadêmicos no DAQBi.** Revista Educação e Tecnologia. Sustentabilidade na academia: contribuições do grupo de pesquisa "Tecnologia e Meio Ambiente" da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p.66-76, 2009.

BENATTI Cláudia T.; COSTA, Antônio C. S.; TAVARES, Célia R. **Characterization of solids originating from the Fenton's process.** Journal of Hazardous Materials. N. 163, p. 1246–1253. 2009.

BENDASSOLLI, José A.; MÁXIMO, Everaldo; TAVARES Glauco A.; IGNOTO, Raquel F. **Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP**. Quimica. Nova, V. 26, N. 4, 612-617.2003 .

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. L.; MIERZWA, José C.; BARROS, Mário T. L.; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª Edição. São Paulo. Pearson Pretence Hill. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em 02 fev.2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **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**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em 02 fev.2014.

BRASIL. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 17 mar. 2014.

BRASIL. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em 04 mar.2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília. 2011. Disponível em <www.cidadessustentaveis.org.br/> Acesso em 10 Nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Funasa. **Brasil produz 183 mil toneladas de resíduos sólidos por dia**. 21. mar. 2013. Disponível em <<http://www.funasa.gov.br/site/noticias/iv-seminario-internacional>> . Acesso em 10 nov. 2014

CALDERONI, Sabetai; SANTIAGO, José P.. **Brasil sem lixões, já**. Folha de São Paulo. São Paulo, 11 ago. 2014. Disponível em:<<http://www1.folha.uol.com.br/opiniao/2014/08/1498000-sabetai-calderoni-e-jose-pedro-santiago-brasil-sem-lixoes-ja.shtml>> acesso em 13/08/2014.

CARVALHO, Nélio G.; CHAGAS, Thiago A. C.; MACHADO, Ana M. R. **Implementação de um sistema de gestão de reagentes em laboratórios universitários**. AUGMDOMUS, Asociación de Universidades Grupo

Montevideo. Montevideo. p.72-81. 2010. Disponível em <<http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>> Acesso em 18 ago.2014

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Química verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília. 2010.

CERCAL Shelton R.; PAWLOWSKY Urivald. **Análise matemática do valor global de um resíduo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. 2001. João Pessoa.

COLARES, Ana C. V.; MATIAS, Márcia A. **Procedimentos de gerenciamento de resíduos de empresas sob a ótica da institucionalização dessas práticas**. REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, V. 3, N. 1 jan/abr., p. 80-102. 2013.

COMMITTEE ON PRUDENT PRACTICES FOR HANDLING, STORAGE, AND DISPOSAL OF CHEMICALS IN LABORATORIES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals**. Washington, USA. 1995.

COMPANHIA - CETESB....

CUNHA, Carlos J. **O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do Departamento de Química da UFPR**. Curitiba. Química Nova, V. 24, N. 3, p. 424-427. 2001

DAMILANO, Daniela C. R.; JORGE, Maria P. P. M. **Estudo da influência da poluição atmosférica e das condições meteorológicas na saúde em São José dos Campos**. 2006, 44 p. Relatório final de projeto de iniciação científica. Ministério da Ciência e Tecnologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 2006.

DEMAMAN, Anelise S.; FUNK, Suzana; HEPP, Luiz U.; ADÁRIO Alexandro M. S.; PERGHER, Sibebe B. C. **Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim**. Química Nova, V 27. N 4, p. 674-677. 2004.

EWING, Galen W. Tradução: ALBANESE Aurora G. e CAMPOS, Joaquim T. S. **Métodos Instrumentais de Análise Química**. São Paulo, Edgar Blucher. 230p. V 2. 1972.

FRANCISCO, Amanda A.; SARETTO, Rubiéli; GONÇALVES, Paula F. A. **Levantamento de dados e implantação de metodologia de recolhimento e armazenamento de resíduos químicos laboratoriais da UTFPR- Londrina**. In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO E INOVAÇÃO, 2. Londrina. 2012.

GERBASE, Annelise E.; GREGÓRIO, José R.; CALVETE, Tatiana. **Gerenciamento dos resíduos da disciplina química inorgânica II no curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. Química Nova. V. 29, N. 2, p.397-403. 2006.

GHELFI, Ariane. **Proposta para o gerenciamento de resíduos do laboratório de fertilizantes e calcários do TECPAR**. 2009. 69 p. (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Química. UTFPR. Curitiba, 2009.

GIMENEZ, Sonia M. N.; ALFAYA, Antonio A. S.; ALFAYA, Reni V. S.; YABE, Maria J. S.; GALÃO, Olívio F.; BUENO, Eliana A. S.; PASCHOALINO, Matheus P.; PESCADA, Carlos E. A.; HIROSSI, Tatiana, BONFIM, Priscila. **Diagnóstico das condições de laboratório, execução de aulas práticas e resíduos químicos produzidos nas escolas de ensino médio de Londrina-PR**. Química Nova na Escola, N. 23, p. 32-36. 2006.

HIRATA, Mario H.; HIRATA, Rosário D. C.; FILHO, Jorge M. **Manual de biossegurança**. 2ª Edição. São Paulo. Editora Manole. 2012.

IMBROISI, Denise; SANTOS, Antônio J. M. G.; BARBOSA, Samantha S.; SHINTAKU, Susan F.; MONTEIRO, Hugo J.; PONCE, Gaston A. E.; FURTADO, Juliana G.; TINOCO, Carla J.; MELLO, Denise C. **Gestão de resíduos químicos em universidades**. Brasília. Química Nova, V. 29, N. 2, p. 404-409. 2006.

JARDIM, Wilson F. **As indústrias químicas e a preservação ambiental**. Revista de Química Industrial, N 692, p. 16-18.1993.

JARDIM, Wilson F. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa**. Química Nova, V. 21, N. 5, p.671-673. 1998.

LASSALI, Tania A. F. **Gerenciamento de resíduos químicos - normas e procedimentos gerais**. USP. Ribeirão Preto. 2008. 34p. Disponível em: <<http://www.pcarp.usp.br:80/lrq/anexos/defresiduoperigoso.pdf>> Acesso em 12. ago.2014.

LAUDEANO, Ana C. G.; BOSCO, Tatiane C. D.; PRATES, Kátia V. M. C. **Proposta de gerenciamento de resíduos químicos para laboratórios de ensino médio e técnico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2. 2011. Londrina.

LEE, John D. **Química Inorgânica não tão concisa - Tradução da 5ª Edição Inglesa**. Edgard Blucher. 1999.

LEITE, Bárbara Z.; PAWLOVSKY, Urivald. **Caracterização, priorização e minimização de resíduos em uma indústria de alimentos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22. 2003. Joinville.

LIDE, David R. **Handbook of chemistry and physics: a ready-reference book of chemical and physical**. 86ª Edição. USA. CRC Press. 2006.

LORA, Electo E.S. **Prevenção à poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. 2ª Edição. Editora Interciência. Brasília. 2002.

LORDELO, Ana L. L.; OLIVEIRA, Alfredo R. M. **Disciplina de Química Orgânica Básica – CQ410 Prática**. 27 f. (Apostila). Departamento de Química. Univerisdade Federal do Paraná. 2009.

MACEDO, Jorge A. B.; **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**, 3ª Edição – Belo Horizonte. CRQ. 2005.

MACHADO, Patrícia F. L; MÓL, Gerson S.; **Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que Fazer?**. Química Nova na Escola, N. 29, p. 38-41. 2008

MANAHAN, Stanley E. **Environmental chemistry – 9ª Edition**. CRC Press. USA. 2013.

MARQUES, Carlos A.; LEAL, Adriana L. **O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente**. Química Nova na Escola, N.29, ago/2008, p. 30-33. 2008.

MEDINA, Angela F.;SANTOS, Douglas F.; BRITO, Núbia N. **Gerenciamento de resíduos de aulas práticas de Química**. Espírito Santo do Pinhal. Engenharia Ambiental, V. 7, N. 3, p. 12-20, jul ./set. 2010.

MICARONI, Regina C. C. M.; BUENO, Maria I. M. S.; JARDIM, Wilson F. **Compostos de mercúrio – revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte**. Campinas. Química Nova, V. 23, N. 4, p.487-495. 2000.

MICARONI, Regina C. C. M. **Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da Unicamp**. 2002. 120p. Tese (Doutorado em Química. Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

MISTURA, Clóvia M.; VANIEL, Ana P. H.; LINCK, Mara R. **Gerenciamento de resíduos dos laboratórios de ensino de química da Universidade de Passo Fundo - RS**. Passo Fundo: CIATEC – UPF, V.2, N. 1, p.54-64. 2010.

NOLASCO, Felipe R.; TAVARES, Glauco A.; BENDASSOLLI, José A. **Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações**. Engenharia Sanitária Ambiental. V. 11, N. 2, p. 118-124, 2006.

NOZU, Lenice L.; SALDANHA, Patrícia C. A.; SOARES, Marlene; BARBOSA, Valma M.; MACHADO, Alessandro F.; SILVA, Edilsa 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.

ORIAKHI, Cristopher O. **Chemistry in quantitative language - fudamentals of general chemistry calculations**. Oxford Universituy Press. USA, 2009.

PENATTI, Fabio E.; GUIMARÃES, Solange T. L.; SILVA, Paulo M. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratórios da área química.** In: WORKSHOP INTERNACIONAL EM INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE–WIPIS, 2. SÃO CARLOS. 2008. Disponível em: <http://hygeia.fsp.usp.br/siades/documentos/Publicacoes/artigo_9f.pdf> Acesso em 17.Ago.2014

PRADO, Alexandre G. S. **Química Verde, os desafios do novo milênio.** Brasília. Química Nova, V. 26, N. 5, p. 738-744. 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Aterro Sanitário da Caximba.** 2014 Disponível em <<http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/cidadao/equipamento/aterro-sanitario-da-caximba/1803>>. Acesso em 25/11/2014

SANGHI, Rashmi; SINGH, Vandana. **Green chemistry for environmental remediation.** Willey. 2012

SANTOS, Viviani M. L.; MEDRADO, Laerte S.; JÚNIOR, José E. S.; SILVA, Juliana A. B. **Proposta para disposição final dos resíduos químicos identificados nos laboratórios do Campus da Fazenda Experimental/UNIVASF.** GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, Nº 2, abr-jun/2012, p. 65-79.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Ficha de informação de produto químico.** 2012. Disponível em <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/produto_consulta_completa.asp?qualpagina=4&sqlQuery=sp_TBPRODIDENTIFICACAO_sel> Acesso em 10 dez. 2014

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos: modelos de gestão de resíduos sólidos para a ação governamental no Brasil: aspectos institucionais, legais e financeiros .** São Paulo, 1996. 157 p.

SASSIOTO, Maria L. P. **Manejo de resíduos de laboratórios químicos em universidades - estudo de caso do departamento de química da UFSCar.** 2005. 151 p. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Urbana. UFSCar. São Carlos, 2005.

SCHALCH, Valdir; LEITE, Wellington C. A.; JÚNIOR, José L. F.; CASTRO, Marcus C. A. A.; **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** 97 f. (Apostila). USP -São Carlos. 2005

SILVEIRA, Cláudio C.; MENDES, Samuel R. **Química Orgânica Experimental I.** 34 f. (Apostila) Departamento de Química. Universidade Federal de Santa Maria. 2008.

SKOOG, Douglas A.; HOLLER, F. James. **Princípios de Análise Instrumental**. Bookman. USA. 2009.

SOUZA, Karina E. **Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsidio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades**. 2005.110 p. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Urbana.UFSCar. São Carlos, 2005.

TOMINAGA, Maria Y.; MIDIO, Antônio F. **Exposição humana a trialomitanos presentes em água tratada**. São Paulo. Revista Saúde Pública, V. 33 N. 4 p.413-421.1999.

VIEIRA, Flaviana T. **Laboratório de Química Inorgânica**. 48 f. (Apostila). Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri. 2014.

VOGEL, Arthur I. **Análise inorgânica quantitativa**. Aa Edição. São Paulo. Mestre Jou.1981

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a. Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

ZACANARO Jr. **Manuseio de produtos químicos e descarte de seus resíduos**. In: HIRATA, M.H; MACINI FILHO, J. **Manual de Biossegurança**. Barueri.p.121-184. 2002.

ZHENG, Anderson. **Análise discursiva de uma prática de educação ambiental da campanha Jogada Certa**. 2013. 66 p. (TCC). Tecnologia em Química Ambiental. UTFPR. Curitiba. 2013

9 APÊNDICES

A- Roteiro modificado: Metais alcalinos e alcalino terrosos

B - Roteiro modificado: Os elementos boro, alumínio e seus compostos

C - Roteiro modificado: Os elementos carbono, silício, estanho, chumbo e seus compostos

D - Roteiro modificado: Extração líquido- líquido

E -Roteiro modificado: Solubilidade dos compostos orgânicos

F - Formulário de registro

G - Inventário da geração de resíduos do laboratório de química inorgânica

H - Inventário da geração de resíduos do laboratório de química orgânica

A- Roteiro Modificado: Metais alcalinos e alcalino terrosos I - Formulário de registro

 <p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>	<p>Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Gerência de Ensino e Pesquisa Departamento Acadêmico de Química e Biologia Química Inorgânica</p>
---	---

PRÁTICA 01 - Os metais alcalinos e metais alcalinos terrosos.

OBJETIVO: Determinar as propriedades dos metais alcalinos e metais alcalinos terrosos.

MATERIAIS	REAGENTES
6 tubos de ensaio 3 pipetas graduadas de 10 mL 1 bastão de vidro 1 Estante para tubos de ensaio 1 Caixa de fósforo Papel tornassol (azul e vermelho) 1 Pinça de madeira 1 Pêra	Ácido clorídrico a 10% Álcool etílico Carbonato de amônio a 10% Cloreto de amônio a 10% Cloreto de cálcio a 10% Cloreto de estrôncio a 10% Cloreto de lítio a 10% Cloreto de magnésio a 10% Cloreto de potássio a 10% Cloreto de sódio a 10% Fluoreto de amônio a 10% Fosfato de amônio a 10% Hidróxido de amônio a 10% Hidróxido de sódio a 5% Hidróxido de sódio a 10% Magnésio metálico Oxalato de amônio a 10% Sulfato de amônio a 10%



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os elementos do Grupo 1 (metais alcalinos) são metálicos formam compostos iônicos simples, a maioria destes solúveis em água. Os elementos deste grupo possuem configuração ns^1 . Conduzem eletricidade e calor, formam ligas metálicas, possuem pontos de fusão baixos devido à ligação metálica fraca. Os metais alcalinos formam íons metálicos facilmente em meio aquoso, com os potenciais padrões pode-se observar que os metais alcalinos se oxidam facilmente nesse meio.

Todos os sais comuns dos metais alcalinos são solúveis em água. Os elementos lítio e sódio são os únicos que formam sais hidratados. Os elementos do Grupo 2 (metais alcalinos terrosos) são metais brancos prateados, em comparação com o Grupo 1 são mais duros, densos e menos reativos. Os elementos deste grupo possuem configuração ns^2 . Os compostos

são predominantemente iônicos, exceto com os compostos de berílio que são predominantemente covalentes devido ao pequeno tamanho dos íons Be^{2+} .

Os potenciais padrões do grupo 2 se tornam mais negativos quando se desce em direção ao rádio, assim quanto mais abaixo estiver o elemento mais fácil será sua oxidação. Os sais dos metais alcalinos terrosos possuem uma energia de hidratação negativa, sendo que os mononegativos são solúveis. Os sais de dupla carga negativa são influenciados pela entalpia de rede, assim esses sais são insolúveis. Os compostos dos elementos do Grupo 2 são menos solúveis em água do que os do Grupo 1, mesmo com a baixa entalpia de hidratação.



Educação e responsabilidade ambiental

Resíduos de laboratório são resíduos de difícil tratamento e muitas vezes, altamente poluidores do meio ambiente. Os custos de disposição são normalmente altos e as pequenas quantidades geradas fazem que não se tenham grandes preocupações com os danos que os mesmos podem causar. Por sua geração pequena, pontual e constante, é mais fácil e tecnicamente viável, prevenir a sua formação, e/ou promover o seu tratamento no momento em que são formados.

É dever do profissional consciente, o consumo racional de reagentes, evitando-se o desperdício e promovendo a recuperação e tratamento de todos os resíduos gerados.

Execute apenas as reações que constam no roteiro, conforme orientação do professor. Laboratório não é lugar para brincadeiras!

Use somente as quantidades de reagentes indicadas no roteiro. Lembre-se das Leis Ponderais!

Qualquer resíduo gerado, só deve ser descartado, segundo as instruções passadas pelo professor.

Em seu relatório, explique por que não se deve utilizar compostos de bário nesta aula.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1ª parte: Sódio Metálico (experimento demonstrativo)

Observadas as devidas precauções, será demonstrada a reação de uma pequena quantidade de sódio metálico com água e álcool.

2ª parte: Espectros Atômicos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos

À temperaturas elevadas os átomos de certos metais emitem luz de cores características. Procedimento:

Todos os grupos: Utilizando-se a madeira de um palito de fósforo, e queimá-la na chama de um bico de Bunsen até o aparecimento de um carvão.

- Grupo 1: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de sódio a 10%.
Grupo 2: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de lítio a 10%.
Grupo 3: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de potássio a 10%.
Grupo 4: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de magnésio a 10%.
Grupo 5: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de cálcio a 10%.
Grupo 6: Molhar o carvão formado em uma solução de cloreto de estrôncio a 10%.

Todos os grupos: Introduzir o carvão umedecido na chama do bico de bunsen, observar a coloração.

Cada grupo, demonstrar aos demais o seu experimento explicar o fenômeno observado.

3ª parte: Alguns sais dos metais alcalinos

- Grupo 1) Acrescentar , em um tubo de ensaio, 2 mL da solução de cloreto de lítio a 10% e 1 mL da solução de carbonato de amônio.
Grupo 2) Acrescentar , em um tubo de ensaio, 2 mL da solução de cloreto de lítio a 10% e 1 mL da solução de fluoreto de amônio.
Grupo 3) Acrescentar, em um tubo de ensaio, 2mL da solução de cloreto de lítio a 10% e 1 mL da solução de fosfato de amônio.
Grupo 4) Acrescentar, em um tubo de ensaio, 2mL da solução de cloreto de sódio a 10% e 1 mL da solução de carbonato de amônio.
Grupo 5) Acrescentar, em um tubo de ensaio, 2mL da solução de cloreto de sódio a 10% e 1 mL da solução de fluoreto de amônio.
Grupo 6) Acrescentar, em um tubo de ensaio, 2 mL da solução de cloreto de sódio a 10% e 1 mL da solução de fosfato de amônio.

Os grupos deverão demonstrar seus experimentos, fazer observações e discutir seus resultados.

As soluções residuais formadas, devem ser mantidas nos tubos de ensaio, devidamente identificadas.

4ª parte: Alguns sais dos metais alcalinos terrosos

Todos os grupos) Em três tubos de ensaio, adicionar separadamente: 1 mL da solução do cloreto de magnésio a 10%, 1 mL da solução cloreto de cálcio a 10%, 1 mL da solução cloreto de estrôncio a 10%

- Grupo 1) acrescentar em cada tubo, 0,5 mL de carbonato de amônio a 10% (aquecer);
Grupo 2) acrescentar em cada tubo 0,5 mL de sulfato de amônio a 10%;
Grupo 3) acrescentar em cada tubo 0,5 mL de fluoreto de amônio a 10%;
Grupo 4) acrescentar em cada tubo 0,5 mL de oxalato de amônio a 10%;
Grupo 5) acrescentar em cada tubo 0,5 mL de fosfato de amônio a 10%;
Grupo 6) acrescentar em cada tubo 0,5 mL de hidróxido de sódio a 10%;

Todos os grupos) Observar

Todos os grupos) A cada solução dos tubos de ensaio adicionar 0,5 mL de ácido clorídrico a 10% e verificar se o precipitado se dissolve.

As soluções residuais formadas, devem ser mantidas nos tubos de ensaio, devidamente identificadas.

5ª parte: Reatividade do magnésio metálico

Todos os grupos:

- a) Colocar pedaços de magnésio em cinco tubos de ensaio, em seguida adicionar cada reagente separadamente.
- b) 1 mL da solução de ácido clorídrico a 10%.
- c) 1 mL de cloreto de amônio a 10%.
- d) 1 mL de água.
- e) 1 mL de hidróxido de amônio a 10%.
- f) 1 mL de hidróxido de sódio a 5%.
- g) Observar o comportamento e aquecer se necessário.
- h) Verificar o pH de cada solução antes e depois da reação com o magnésio com papel indicador.

As soluções residuais formadas, devem ser mantidas nos tubos de ensaio, devidamente identificadas.



6ª Parte: Tratamento das soluções residuais

Cada grupo deverá descartar as soluções que gerou nesta aula, em um béquer.

Em seguida, o grupo deverá medir o pH da solução resultante e promover sua neutralização, adicionando-se ácido clorídrico ou hidróxido de sódio 10%.

Se existir precipitado, fazer a sua filtração simples. Descartar a fase aquosa na pia, com excesso de água corrente.

Secar os filtros com sólidos. Armazenar e identificar: "Sais insolúveis de metais alcalinos e alcalino terrosos". Verificar com o professor, a possibilidade de utilização em outros procedimentos, encaminhar ao almoxarifado caso não exista reutilização.

REFERÊNCIA

SHRIVER, D. F., ATKINS, P. W. Química Inorgânica. 4ª edição. Editora Bookman: Porto Alegre, 2008.

MANAHAN, Stanley E. **Environmental chemistry – 9ª Edition**. CRC Press. p 453-458. USA. 2010.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4ª Edição. Tradução Marco Tadeu Grassi et. al. Porto Alegre, Bookman. 2011

B - Roteiro Modificado: Os elementos boro, alumínio e seus compostos

 <p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>	<p>Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Gerência de Ensino e Pesquisa Departamento Acadêmico de Química e Biologia Química Inorgânica</p>
---	---

PRÁTICA 02 Os elementos boro e alumínio e seus compostos

OBJETIVO: Obtenção de compostos com o elemento boro; reatividade química, comportamento, hidrólise do alumínio e de seus compostos.

MATERIAIS	REAGENTES
6 tubos de ensaio 3 pipetas graduadas de 10 mL 1 bastão de vidro Espátula Estante para tubos de ensaio Fósforo Lâmina de alumínio Pêra Pinça de madeira Pó de alumínio Béqueres Placas de toque	Azul de bromotimol Fenolftaleína Metil orange Ácido bórico Ácido clorídrico a 10% Ácido clorídrico concentrado Ácido nítrico a 10% Ácido nítrico concentrado Ácido perclórico concentrado Ácido sulfúrico concentrado Cloreto de alumínio a 10% Cloreto de alumínio hidratado Cloreto de cálcio a 10% Hidróxido de amônio a 10% Hidróxido de amônio concentrado Hidróxido de sódio a 10% Sulfato de potássio e alumínio



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os elementos do Grupo 13 possuem propriedades específicas. O boro é um elemento não metálico, enquanto os outros componentes são metálicos. O caráter metálico pode ser notado quando se desce em direção ao tálio. O alumínio pode ser classificado como um metalóide por ter um caráter anfótero. Os elementos desse Grupo comportam-se como ácidos de Lewis, já que são deficientes em elétrons.

A energia de ionização decresce ao descer o Grupo, com isso os metais mais pesados formam cátions mais facilmente. Os elementos deste grupo possuem configuração eletrônica $ns^2 np^1$. Os elementos possuem no seu estado de oxidação $nox\ 3+$ podendo os elementos mais pesados do Grupo formar $nox\ 1+$ no estado de oxidação.



Educação e responsabilidade ambiental

Resíduos de laboratório são resíduos de difícil tratamento e muitas vezes, altamente poluidores do meio ambiente. Os custos de disposição são normalmente altos e as pequenas quantidades geradas fazem que não se tenham grandes preocupações com os danos que os mesmos podem causar. Por sua geração pequena, pontual e constante, é mais fácil e tecnicamente viável, prevenir a sua formação, e/ou promover o seu tratamento no momento em que são formados.

É dever do profissional consciente, o consumo racional de reagentes, evitando-se o desperdício e promovendo a recuperação e tratamento de todos os resíduos gerados.

Execute apenas as reações que constam no roteiro, conforme orientação do professor. Laboratório não é lugar para brincadeiras!

Use somente as quantidades de reagentes indicadas no roteiro. Lembre-se das Leis Ponderais!

Qualquer resíduo gerado, só deve ser descartado, segundo as instruções passadas pelo professor.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Todas as soluções residuais e águas de lavação devem ser recolhidas em um béquer para tratamento a ser feito no final da aula.

1ª parte: Ácido bórico, óxido de boro e boratos

- a) Aquecer na chama um tubo de ensaio seco contendo uma pequena porção de ácido bórico. Descreva e interprete os fenômenos observados.
- b) Dissolver em 3 tubos de ensaio uma pequena porção de ácido bórico em água destilada.
- c) Verificar se meio é ácido ou básico de cada solução com os seguintes indicadores: azul de bromotimol, fenolftaleína e metil orange.

2ª parte: Comportamento a temperatura elevada

- a) Aquecer um pedaço de lâmina de alumínio suspenso pela pinça de madeira na chama do bico de Bunsen.
- b) Soprar uma pequena porção de pó de alumínio através da chama do bico de Bunsen.

3ª parte: Reatividade química e passivação do alumínio

- a) Colocar pedaços da lâmina de alumínio em seis tubos de ensaio, em seguida adicionarcada reagente separadamente.

- b) 1 mL de ácido clorídrico a 10%.
- c) 1 mL de ácido clorídrico concentrado.
- d) 1 mL de ácido nítrico a 10%.
- e) 1 mL de ácido nítrico concentrado.
- f) 1 mL de hidróxido de sódio a 10%.
- g) 1 mL de hidróxido de amônio concentrado.
- h) Observar as reações nos tubos de ensaio.

4ª parte: Hidróxido de alumínio e anfoterismo

- a) Adicionar 2 mL da solução de cloreto de alumínio a 10% num tubo de ensaio.
- b) Acrescentar na solução gota a gota de hidróxido de sódio a 10%.
- c) Observar a formação de um precipitado.
- d) Em seguida adicionar hidróxido de sódio a 10% em excesso e agitar o tubo de ensaio, até o desaparecimento do precipitado.
- e) Repetir os mesmos procedimentos com o hidróxido de amônio a 10%.

5ª parte: Hidrólise de sais hidratados de alumínio

- a) Dissolver em três tubos de ensaio uma pequena porção de cloreto de alumínio hidratado em 2 mL de água destilada.
- b) Comprovar o caráter ácido ou básico da solução com os seguintes indicadores: azul de bromotimol, fenolftaleína e metil orange.

6ª parte: Alume $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

- a) Dissolver em três tubos de ensaio uma pequena porção de sulfato de potássio e alumínio em 2 mL de água destilada, identificar separadamente os componentes da solução.
- b) Acrescentar 1 mL de ácido perclórico concentrado, observar a formação de um precipitado.
- c) Acrescentar 1 mL de hidróxido de amônio concentrado, observar a formação de um precipitado.
- d) Acrescentar 1 mL de cloreto de cálcio a 10%, observar a formação de um precipitado.



TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

Cada grupo deverá descartar as soluções que gerou nesta aula, em um béquer.

Em seguida, o grupo deverá medir o pH da solução resultante e promover sua neutralização, adicionando-se ácido clorídrico ou hidróxido de sódio 10%.

Se existir precipitado, fazer a sua filtração simples. Descartar a fase aquosa na pia, com excesso de água corrente.

Secar os filtros com sólidos. Armazenar e identificar: "Sais insolúveis de metais alcalinos e alcalino terrosos". Verificar com o professor, a possibilidade de

utilização em outros procedimentos, encaminhar ao almoxarifado caso não exista reutilização.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SHRIVER, D. F., ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. 4º edição. Editora Bookman: Porto Alegre, 2008.

MANAHAN, Stanley E. **Environmental chemistry – 9ª Edition**. CRC Press. p 453-458. USA. 2010.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4ª Edição. Tradução Marco Tadeu Grassi et. al. Porto Alegre, Bookman. 2011

C - Roteiro Modificado: Os elementos carbono, silício, estanho, chumbo e seus compostos

<p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>	<p>Universidade Tecnológica Federal do Paraná Gerência de Ensino e Pesquisa Departamento Acadêmico de Química e Biologia Química</p>
---	---

TÍTULO: Os elementos carbono, silício, estanho e chumbo e seus compostos

OBJETIVO: Determinar as propriedades dos compostos de carbono e silício.

MATERIAIS	REAGENTES
Tubos de ensaio 3 pipetas graduadas de 10 mL 1 bastão de vidro 1 béquer de 100 mL 1 béquer de 250 mL 1 béquer de 500 mL Agitador magnético Almofariz Carvão vegetal Espátula Estante para tubos de ensaio Fósforo Papel indicador Pedacos de vidro Pinça de madeira Pedacos de chumbo Pedacos de estanho Pedacos de zinco Pêra Papel filtro Funil de filtração simples	Ácido nítrico concentrado Ácido sulfúrico concentrado Bicarbonato de sódio Bicarbonato de sódio a 10% Carbonato de cálcio Carbonato de sódio anidro Carbonato de sódio hidratado Carbonato de sódio a 1% Fluoreto de sódio a 10% Cromato de potássio a 10% Iodeto de potássio a 10% Solução de iodo a 5% Hidróxido de sódio a 10% Hidróxido de cálcio 0,05 mol/L Silicato de sódio a 20% Solução de fenolftaleína Permanganato de potássio a 0,01% Ácido clorídrico a 10% Ácido sulfúrico a 10% Acetato de cobre a 10% Cloreto de estanho II a 10% Cloreto de zinco a 10% Cloreto de estanho a 10%



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os elementos do Grupo 14 (grupo do carbono) possuem propriedades específicas. O carbono é um elemento não metálico essencial para a química orgânica, o silício também é um não metal e o germânio é um metalóide. Os elementos chumbo e estanho são metais. Todos os elementos desse grupo formam compostos binários com outros elementos.

O caráter metálico pode ser notado quando se desce em direção ao chumbo. A energia de ionização decresce ao descer o Grupo, com isso os metais mais pesados formam cátions mais facilmente. Os elementos deste grupo possuem configuração eletrônica ns^2np^2 . Os elementos possuem no seu estado de oxidação um nox +4, com exceção do chumbo onde o estado de oxidação mais comum é o

+2, a estabilidade do estado de oxidação se deve ao efeito do par inerte, característica vista nos elementos do bloco p.

Existem três óxidos de carbono, entre os mais conhecidos estão o dióxido de carbono e o monóxido de carbono, outro óxido menos conhecido é o subóxido de carbono. O monóxido de carbono é um ligante comum na química dos metais d é tóxico porque reage com o átomo de Fe da hemoglobina, impedindo a ligação do oxigênio. O dióxido de carbono é um anidrido do ácido carbônico; ácido de Lewis muito fraco. O estanho é resistente à corrosão. O chumbo possui um baixo ponto de fusão e uma alta densidade.



Educação e responsabilidade ambiental

Resíduos de laboratório são resíduos de difícil tratamento e muitas vezes, altamente poluidores do meio ambiente. Os custos de disposição são normalmente altos e as pequenas quantidades geradas fazem que não se tenham grandes preocupações com os danos que os mesmos podem causar. Por sua geração pequena, pontual e constante, é mais fácil e tecnicamente viável, prevenir a sua formação, e/ou promover o seu tratamento no momento em que são formados.

Esta aula utiliza-se de substâncias compostas pelo metal chumbo, um dos maiores poluidores dos corpos d'água. O chumbo, lançado de forma irresponsável na rede de esgoto pode causar severos danos ao meio ambiente e à saúde humana.

É dever do profissional consciente, o consumo racional de reagentes, evitando-se o desperdício e promovendo a recuperação e tratamento de todos os resíduos gerados.

Execute apenas as reações que constam no roteiro, conforme orientação do professor. Laboratório não é lugar para brincadeiras!

Use somente as quantidades de reagentes indicadas no roteiro.

Qualquer resíduo gerado, só deve ser descartado, segundo as instruções passadas pelo professor.

Pesquise a respeito dos riscos ambientais e dos danos que o chumbo pode causar no meio ambiente e para a saúde humana. Esta pesquisa deverá constar como anexo no relatório da aula prática.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1ª parte: Reatividade do carbono elementar

Todos os grupos: Pulverizar em um béquer 0,5 gramas de carvão vegetal, em seguida transferi-lo para dois tubos de ensaio.

Grupos ímpares) Adicionar a um dos tubos de ensaio 1 mL de ácido nítrico concentrado (aquecer se necessário).

Grupos pares) Adicionar a outro tubo 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (aquecer se necessário).

Todos os grupos) Em outro tubo de ensaio adicionar uma ponta de espátula de carvão vegetal pulverizado e aquecer com o auxílio da pinça.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 1

2ª parte: Carbonatos e bicarbonatos

- a) Adicionar em um tubo de ensaio uma solução de carbonato de sódio a 1% e comprovar o seu pH.
- b) Adicionar em um tubo de ensaio uma solução de bicarbonato de sódio a 10% e comprovar o seu pH.
- c) Adicionar em um tubo de ensaio uma pequena porção de carbonato de sódio hidratado e aquecer no bico de Bunsen.
- d) Repetir, separadamente, o procedimento da letra c com carbonato de sódio anidro e bicarbonato de sódio.
- e) Após resfriar as amostras dos procedimentos das letras c e d, dissolver os resíduos em água destilada e comprovar o pH das soluções.
- f) recolher as soluções em um béquer devidamente identificado

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 2

3ª parte: Silicato de sódio, ácido silícico, soluções coloidais

- a) Adicionar em um tubo de ensaio 2 mL de silicato de sódio a 20%.
- b) Em seguida adicionar uma gota de fenolftaleína.
- c) Neutralizar a solução do tubo de ensaio adicionando gota a gota de ácido clorídrico concentrado. Obs.: guardar a solução.
- d) Adicionar em um tubo de ensaio 2 mL de silicato de sódio a 20%.
- e) Em seguida adicionar rapidamente e com agitação 4 mL de ácido clorídrico concentrado.
- f) Aquecer as soluções resultantes das letras **c** e **e** em banho-maria e observar as mudanças em um período de 30 minutos.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 3

4ª parte: Constatação do CO₂

- a) Em tubo de ensaio adicionar 3 mL de Ca(OH)₂ 0,05 mol/L.
- b) Em seguida, com o auxílio de uma pipeta borbulhe o ar que você espira dentro do tubo de ensaio, até evidenciar a ocorrência de reação.
- c) Escreva as equações das reações que ocorrem no tubo de ensaio.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 4

5ª parte: Posição relativa na série eletroquímica

Colocar nas cavidades de uma placa de toque, três pedaços de estanho, três de zinco e outros três de cobre

- a) A um pedaço de estanho, adicionar gotas das solução de cloreto de cobre. Ao outro pedaço de estanho, adicionar gotas das solução de cloreto de zinco. ao último pedaço de estanho, adicionar gotas da solução de cloreto de estanho. Observar.
- b) A um pedaço de zinco, adicionar gotas das solução de cloreto de cobre. Ao outro pedaço de zinco, adicionar gotas das solução de cloreto de zinco. ao último pedaço de zinco, adicionar gotas da solução de cloreto de estanho. Observar.
- c) A um pedaço de cobre, adicionar gotas das solução de cloreto de cobre. Ao outro pedaço de cobre, adicionar gotas das solução de cloreto de zinco. ao último pedaço de cobre, adicionar gotas da solução de cloreto de estanho. Observar.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem das placas em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 5

6ª parte: Os hidróxidos de estanho II

- a) Adicionar em dois tubos de ensaio separadamente 1 mL da solução de cloreto de estanho II a 10% .
- b) Acrescentar nas soluções gota a gota de hidróxido de sódio a 10%.
- c) Observar a reação.
- d) Em seguida tratar uma parte dos hidróxidos formados com excesso de hidróxido de sódio a 10%.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 6

7ª parte: Poder redutor do estanho II

- a) Adicionar em dois tubos de ensaio separadamente 1 mL de cloreto de estanho II a 10%.
- b) Adicionar a esses tubos algumas gotas de solução de iodo a 5% (não aquecer).

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 7

8ª parte: Alguns sais pouco solúveis de estanho

Todos os grupos: adicionar em um tubo de ensaio 1 mL de cloreto de estanho 10%, em seguida adicionar cada reagente separadamente.

- Grupo 1) adicionar 1 mL de ácido clorídrico a 10%.
- Grupo 2) adicionar 1 mL de ácido sulfúrico a 10%.
- Grupo 3) adicionar 1 mL de solução de cromato de potássio a 10%.
- Grupo 4) adicionar 1 mL de solução de iodeto de potássio a 10%.
- Grupo 5) adicionar 1 mL de solução de fluoreto de sódio a 10%.

Todos os grupos) Observar a formação de precipitados, expor os resultados aos demais grupos.

Todos os grupos: recolher as soluções e águas de lavagem dos tubos em béquer identificado: SOLUÇÃO RESIDUAL - PARTE 7



TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

Cada grupo deverá descartar as soluções que gerou nesta aula, em um béquer.

Em seguida, o grupo deverá medir o pH da solução resultante e promover sua neutralização, adicionando-se ácido clorídrico ou hidróxido de sódio 10%.

Se existir precipitado, fazer a sua filtração simples. Descartar a fase aquosa na pia, com excesso de água corrente.

Secar os filtros com sólidos. Armazenar e identificar: "Sais insolúveis de metais alcalinos e alcalino terrosos". Verificar com o professor, a possibilidade de utilização em outros procedimentos, encaminhar ao almoxarifado caso não exista reutilização.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SHRIVER, D. F., ATKINS, P. W. Química Inorgânica. 4ª edição. Editora Bookman: Porto Alegre, 2008.

MANAHAN, Stanley E. **Environmental chemistry – 9ª Edition**. CRC Press. p 453-458. USA. 2010.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4ª Edição. Tradução Marco Tadeu Grassi et. al. Porto Alegre, Bookman. 2011

D - Roteiro Modificado: Extração Líquido-Líquido

	<p>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</p> <p>Campus de Curitiba</p> <p>Departamento Acadêmico de Química e Biologia</p> <p>Disciplina: Práticas de Química Orgânica</p>
---	--

Prática 04 - Extração Líquido-Líquido

Materiais e Reagentes

Mesa professor	Mesa aluno
1 Balança Semi-Analítica	1 Funil de Separação de 125 mL
4 Espátulas	_ 4 Béquer de 150 mL
clorofórmio	_ 3 Erlenmeyer de 125 mL
p-toluidina	_ 1 Suporte Universal
Ácido benzóico	_ 2 Provetas de 50 mL
Naftaleno	_ 1 Anel com garra para funil de separação.
CaCl ₂ Anidro	_ 1 Funil Simples
	_ 1 Papel Filtro para Funil Simples
	_ 1 Funil de Buchner
	_ 1 Kitassato
	_ 3 Papel Filtro para Kitassato
	_ 100 ml de Solução de HCl 5%
	_ 50 ml de Solução de HCl 15%
	_ 100 ml de Solução de NaOH 5%
	_ 50 ml de Solução de NaOH 15%
	_ 1 Par de Luvas
	_ 1 Bastão de Vidro
	_ Papel indicador de pH

1 – Extração Líquido-Líquido

Objetivos: Separar os componentes de uma mistura de três compostos orgânicos através da extração com solventes quimicamente ativos.



2 – Introdução

A transferência de um soluto solubilizado em um solvente para outro solvente é chamada extração, ou mais precisamente extração líquido-líquido. O soluto é extraído de um solvente para outro, porque este é mais solúvel no segundo solvente do que no primeiro. Os dois solventes devem ser imiscíveis (não se misturam), e devem formar duas fases ou camadas separadas, para que esse procedimento funcione. Os solventes, imiscíveis em água, mais utilizados são: éter etílico, hexano, éter de petróleo e diclorometano. Por exemplo, a cafeína, um produto natural, pode ser extraída de uma solução aquosa agitando-a sucessivamente com várias porções de diclorometano.

O solvente que tiver uma densidade menor do que a da água (1,00 g/mL) constituirá a camada superior na separação, quando forem misturados com a água. O solvente que tem uma densidade maior, do que a da água ficará na camada inferior na separação. Por exemplo: éter etílico ($d = 0,71$ g/mL) quando agitado com água formará a camada superior, enquanto que o diclorometano ($d = 1,33$ g/mL) formará a camada inferior. A seguir estão apresentados alguns solventes e suas respectivas densidades.

Solvente	Densidade (g/mL)
Éter Etílico	0,71
Tolueno	0,87
Água	1,00
Diclorometano (cloreto de metileno)	1,33
Clorofórmio	1,48
Hexano	0,65

Métodos de Separação Líquido-Líquido

As extrações podem ser agrupadas em 3 categorias:

- A primeira categoria: envolve extração ou "lavagem" numa mistura orgânica com água. As lavagens com água são utilizadas para remover materiais altamente polares como sais orgânicos, ácidos ou bases fortes. Muitos compostos orgânicos contendo menos que cinco carbonos são solúveis em água.
- A segunda categoria: é feita com uma solução ácida diluída (ácido clorídrico 5%). As extrações ácidas pretendem remover compostos básicos, em particular, aminas orgânicas.

A base é convertida em seu correspondente cátion e fica acompanhada do ânion do ácido usado na extração (Formação de um sal). Os sais de bases orgânicas são solúveis em solução aquosa, e são extraídos da fase orgânica.

- A terceira categoria é a extração com uma solução básica diluída (hidróxido de sódio 5%). Nas extrações básicas, compostos ácidos são convertidos em seus respectivos ânions (Formação de um sal). O sal é solúvel na fase aquosa, sendo extraído da fase orgânica pela solução básica.



Educação e responsabilidade ambiental

Resíduos de laboratório são resíduos de difícil tratamento e muitas vezes, altamente poluidores do meio ambiente. Os custos de disposição são normalmente altos e as pequenas quantidades geradas fazem que não se tenham grandes preocupações com os danos que os mesmos podem causar. Por sua geração pequena, pontual e constante, é mais fácil e tecnicamente viável, prevenir a sua formação, e/ou promover o seu tratamento no momento em que são formados.

É dever do profissional consciente, o consumo racional de reagentes, evitando-se o desperdício e promovendo a recuperação e tratamento de todos os resíduos gerados.

Execute apenas as reações que constam no roteiro, conforme orientação do professor. Laboratório não é lugar para brincadeiras!

Use somente as quantidades de reagentes indicadas no roteiro. Lembre-se das Leis Ponderais!

Qualquer resíduo gerado, só deve ser descartado, segundo as instruções passadas pelo professor.



4 - Procedimento Experimental

Ao iniciar: Cuidados com Funil de Separação! Siga atentamente:

- Apoiar o funil de separação em um anel metálico preso em um suporte metálico.
- Verificar a ausência de vazamentos na tampa e torneira do funil.
- Fechar a torneira do funil antes de adicionar a solução a ser extraída e o solvente de extração.
- Tampar o funil de separação e agitar delicadamente segurando a tampa firmemente com uma das mãos e a outra próxima a torneira, pois os dois solventes imiscíveis fazem pressão quando misturados. Esta pressão pode forçar a tampa para fora do funil de separação. O funil de separação deve ser segurado com as duas mãos.
- Liberar a pressão do funil segurando-o de cabeça para baixo e abrindo vagarosamente a torneira. Geralmente o ruído dos vapores que sai pela abertura pode ser ouvido.
- Deve-se continuar a agitar e abrir a torneira até que o ruído não seja mais ouvido. O funil é então colocado no anel metálico e a tampa é removida imediatamente.
- Separar uma fase da outra abrindo a torneira e drenando a maior parte da camada inferior.
- Fechar a torneira quando a interface entre as fases superior e inferior já começa a entrar na torneira.
- A camada superior remanescente é removida vertendo-a através da torneira em um outro recipiente.

4.1 - Extrações com solventes quimicamente ativos

- 4.1.1. Pesar 1 g de ácido benzóico, 1 g de p-toluidina e 1 g de naftaleno em um béquer de 150 mL.
- 4.1.2. Adicionar 30 mL de hexano ao béquer e agitar até a completa solubilização. Esta solução vai se chamar fase orgânica.
- 4.1.3. Transferir a mistura para o funil de separação e adicionar 15 mL da solução básica (NaOH 5%).
- 4.1.4. Agitar a mistura por aproximadamente 30 segundo e esperar a completa separação de fases.
- 4.1.5. Coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher a fase aquosa para o Béquer A (Béquer de 150mL). Retornar a fase orgânica para o funil de separação.
- 4.1.6. Adicionar mais 15 mL de solução NaOH 5% ao funil de separação, agitar, coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher fase aquosa para o Béquer A. Retornar a fase orgânica para o funil de separação.
- 4.1.7. Adicionar 15 mL de água ao funil de separação, agitar, coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher a fase aquosa para o Béquer A. Retornar a fase orgânica para o funil de separação.
- 4.1.8. Adicionar 15 ml da solução ácida (HCl 5%). Agitar a mistura por aproximadamente 30 segundo e esperar a completa separação de fases.
- 4.1.9. Coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher a fase aquosa para o Béquer B (Béquer de 150mL). Retornar a fase orgânica para o funil de separação.
- 4.1.10. Adicionar mais 15 mL de solução HCl 5% ao funil de separação, agitar, coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher fase aquosa para o Béquer B. Retornar a fase orgânica para o funil de separação.
- 4.1.11. Adicionar 15 mL de água ao funil de separação, agitar, coletar a fase orgânica num erlenmeyer de 125 mL e recolher a fase aquosa para o Béquer B.
- 4.1.12. Adicionar cerca de 3 g de cloreto de cálcio ao erlenmeyer e agitar ocasionalmente por 15 minutos.
- 4.1.13. Realizar uma filtração simples do conteúdo do erlenmeyer para um béquer previamente pesado e identificado (Béquer C). Este procedimento retira o agente secante por filtração.
- 4.1.14. Deixar o béquer C na capela até a completa evaporação do hexano.
- 4.1.15. Pesar o béquer C seco e determinar a porcentagem do composto orgânico recuperado. Qual composto foi recuperado no béquer C?
- 4.1.16. Recuperar o composto do béquer A pela mudança do meio, de básico para ácido, ou seja, adicione HCl 15% até que não se observe um aumento no precipitado (pH ácido) .
- 4.1.17. Filtrar o conteúdo do béquer A em um Funil de Buchner (Filtração a Vácuo) contendo um papel filtro previamente pesado. Qual composto ficou retido no papel filtro e está sendo recuperado?
- 4.1.18. Esperar o papel filtro com o resíduo do béquer A secar por uma semana.
- 4.1.19. Pesar este papel filtro e calcular a porcentagem do composto orgânico recuperado.
- 4.1.20. Recuperar o composto do béquer B pela mudança do meio, de ácido para básico, ou seja, adicione NaOH 15% até que não se observe um aumento no precipitado (pH básico).
- 4.1.21. Filtrar o conteúdo do béquer B em um Funil de Buchner (Filtração a Vácuo) contendo um papel filtro previamente pesado. Qual composto ficou retido no papel filtro e está sendo recuperado?
- 4.1.22. Esperar o papel filtro com o resíduo do béquer B secar por uma semana.
- 4.1.23. Pesar este papel filtro e calcular a porcentagem do composto orgânico recuperado.

Composto Extraído A	
Composto Extraído B	
Composto Extraído C	

Massa do béquer ou papel filtro vazio	
Massa do béquer ou papel filtro contendo o composto seco	
Rendimento (%)	

Reutilização dos compostos separados

5.1 – Acondicione os compostos A, B e C, separados nesta aula, em frascos devidamente identificados, contendo informações como: nome do composto, data, fórmula química.

5.2 – Os compostos devem ser guardados para serem reutilizados na próxima execução deste procedimento

5.3 – Os filtrados obtidos das soluções contidas nos béqueres A e B devem ser recolhidos, e feita a neutralização do seu pH. Caso ocorra a formação de precipitado, realizar a filtração simples do mesmo.

5 – Questionário

1 - Mostre as reações que estão envolvidas nas extrações de solventes quimicamente ativos. Inclusive nas reações de recuperação dos compostos.

2 - Quais as características de um bom solvente para que possa ser usado na extração de um composto orgânico em uma solução aquosa?

3 - Qual fase (superior ou inferior) será a orgânica se uma solução aquosa for tratada com:

a) éter etílico b) clorofórmio c) acetona d) n-hexano e) benzeno

4 - Por que a água é geralmente usada como um dos solventes na extração líquido-líquido?

5 - Pode-se usar etanol para extrair uma substância que se encontra dissolvido em água? Justifique sua resposta:

6 – Elabore uma pesquisa sobre os danos e impactos que os solventes orgânicos podem causar no ambiente e sobre a saúde humana. Destaque os solventes que foram utilizados nessa aula.

6 – REFERÊNCIAS:

1. VOGEL, A. I., Química orgânica: Análise Orgânica Qualitativa. 3. ed, Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico SA,

1981. v. 1.

2. VOLLHARDT, K. P. C., SCHORE, E. N., Química Orgânica: Estrutura e Função. Bookman Companhia Editora. 4a ed. Porto Alegre-RS. 2004.

3. SOLOMONS, T.W.G. Química Orgânica, Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 8ª. ed., Rio de Janeiro,

2006.

E - Roteiro Modificado: Solubilidade de Compostos Orgânicos

<p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>	<p>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</p> <p>Campus de Curitiba</p> <p>Departamento Acadêmico de Química e Biologia</p> <p>Disciplina: Práticas de Química Orgânica</p>
---	--

Prática no 02 _ Solubilidade de Compostos Orgânicos
Disciplina: Práticas de Química Orgânica

Materiais e Reagentes

Mesa Professor	Mesa aluno
2 Espátulas (MP) Papel Indicador (MP) 2 Provetas de 100 mL 2 Pipetas Graduadas de 10 mL 2 Peras	15 Tubos de ensaios 4 Pipetas graduadas de 5mL 3 Provetas de 100 mL (Capela) 3 Peras (Capela) 50 mL de Solução de HCl 5% 50 mL de Solução de NaOH 5% 50 mL de Solução de NaHCO ₃ 5% 300 mL de Éter Etilico (Capela) Ácido Sulfúrico 98% (Conc.) (Capela) p-metil anilina (ou p-toluidina) ácido benzóico Antraceno etanodiol (etilenoglicol)

1 – Solubilidade de Compostos Orgânicos

1.1 – Objetivo:

Determinar a solubilidade de algumas amostras líquidas e sólidas (A, B, C, D e E) para identificar o tipo de grupo funcional que as amostras devem conter e conseqüentemente propor qual será o composto orgânico em cada caso.



2 – Fundamentações Teóricas

A solubilidade de compostos orgânicos é um importante parâmetro para a caracterização química. Testes de solubilidade permitem prever a presença ou ausência de grupos funcionais e reatividade em alguns casos. De forma genérica, os testes de solubilidade permitem em uma primeira análise classificar o composto em substância ácida, básica ou neutra. Assim os testes são realizados em água, solução de

hidróxido de sódio, solução de bicarbonato de sódio, ácido clorídrico diluído, éter e ácido sulfúrico concentrado.

A solubilidade dos compostos orgânicos pode ser dividida em duas categorias principais: a solubilidade decorrente da simples miscibilidade e a solubilidade resultante de uma reação química, por exemplo, uma reação ácido-base. As duas estão inter-relacionadas. A primeira é para determinar os solventes apropriados para: recristalização, análises espectrais e reações químicas. A segunda é usada para identificar os grupos funcionais.

Em geral, compostos com grupos polares e de baixa massa molecular terão solubilidade em água.

A presença de grupos ácidos (um grupo carboxila, por exemplo) resultará em solubilização em meio básico devido à reação de formação de um sal (carboxilato de sódio). Por outro lado, compostos com grupos básicos (aminas, por exemplo) terão reação em meio ácido gerando um sal de amônio. Os testes de solubilidade estão descritos pelo Esquema 1 e a classificação é apresentado na Tabela 1.



2.1 Educação e responsabilidade ambiental

Os solventes são necessários em muitas situações, como por exemplo: transportar massa e energia, estabilizar espécies químicas, funcionar como veículo ou como agente solubilizante. Na escolha dos solventes deve-se levar em consideração suas propriedades físico-químicas tais como: faixa de temperatura em que o solvente é líquido, propriedades de vaporização, capacidade calorífica, tamanho molecular, viscosidade, propriedades óticas e elétricas, polaridade e interações. Um dos problemas do uso de solventes em síntese de novos compostos, é a produção de subprodutos que as vezes são indesejáveis para o meio ambiente. Nos últimos anos, os avanços em síntese orgânica vêm possibilitando a preparação, por síntese total, de muitos compostos.

Os tipos tradicionais de solventes empregados em sínteses são: hidrocarbonetos (alifáticos e aromáticos), oxigenados (alcoóis, ésteres, éteres, cetonas), halogenados, nitrogenados e sulfurados. Problemas causados pelo uso dos solventes tradicionais entre eles se destacam o aumento do ozônio troposférico, efeito estufa, toxicidade do meio, smog fotoquímico e o processo de eutrofização. Desta maneira, os solventes tradicionais contribuem significativamente para a contaminação do meio ambiente.

3 - Segurança: O ácido clorídrico e o hidróxido de sódio são corrosivos. O ácido sulfúrico e o ácido fosfórico concentrado provocam queimaduras quando em contato com a pele.



4 - Procedimento Experimental

4.1. Testar a solubilidade das amostras A, B, C, D e E seguindo o roteiro apresentado no Esquema 1, ou seja, realizar o primeiro teste com água, caso a substância seja solúvel em água, testar com éter etílico, caso seja insolúvel em água, testar com hidróxido de sódio 5% e assim por diante. Realizar os mesmos testes com as amostras B, C, D e E, separadamente.

- 4.2. Inicialmente adicionar 2,0 mL do solvente em um tubo de ensaio. No caso dos ácidos adicionar apenas 1 mL (redução de resíduos).
- 4.3. Adicionar algumas gotas do líquido (ou alguns cristais do sólido) desconhecido, diretamente no solvente. (Atenção não adicionar grande quantidade de amostra porque a análise visual poderá ser comprometida).
- 4.4. Agitar cuidadosamente durante alguns minutos, acompanhando visualmente o comportamento do sistema.
- 4.5. Se houver dissolução completa da amostra, o composto será considerado solúvel no solvente de teste.
- 4.6. Se a amostra dissolver em água, o pH deverá ser medido com papel indicador.

Esquema 1: Classificação dos compostos orgânicos pela Solubilidade.

6 – Observações

- 6.1. Quando um composto colorido se dissolve a solução assume esta cor.
- 6.2. O ácido sulfúrico concentrado pode provocar uma mudança de coloração, indicando um teste positivo de solubilidade.
- 6.3. Sólidos desconhecidos que não dissolvem nos solventes citados acima podem ser substâncias inorgânicas.
- 6.4. Quando forem fazer o relatório, indiquem quais compostos abaixo correspondem às amostras A, B, C, D e E com base na Tabela 1 e nos resultados de solubilidade obtidos experimentalmente. JUSTIFIQUE SUAS RESPOSTAS.
almojarifado.

7. Questões:

1. Defina solubilidade e miscibilidade.
2. Por que determinados compostos orgânicos são solúveis em soluções ácidas e outros são solúveis em soluções básicas? Esta dissolução é devido à solubilidade ou miscibilidade?
3. Por que determinados compostos orgânicos são solúveis em água e éter etílico? Esta dissolução é devido à solubilidade ou miscibilidade?
4. Indique a reação que está ocorrendo, quando for o caso.

Tabela 1: Compostos orgânicos relacionados às classes de solubilidade.

S2	Sais de ácidos orgânicos, hidrocloreto de amina, aminoácidos, compostos polifuncionais (carboidratos, poliálcoois, ácidos, etc.).
SA	Ácidos monocarboxílicos, com cinco átomos de Carbono ou menos, ácidos arenossulfônicos
SB	Aminas monofuncionais com seis átomos de carbono ou menos.
S1	Álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, nitrilas e amidas monofuncionais com cinco átomos de carbono ou menos.
A1	Ácidos orgânicos fortes: ácidos carboxílicos, fenóis com grupos eletrofílicos em posições <i>orto</i> e <i>para</i> , b-dicetonas.
A2	Ácidos orgânicos fracos: fenóis, enóis, oximas, imidas, sulfonamidas, tiofenóis com mais de cinco átomos de carbono, b-dicetonas, compostos nitro com hidrogênio em a,

	sulfonamidas.
B	Aminas aromáticas com oito ou mais carbonos, anilinas e alguns oxieéteres
MN	Diversos compostos neutros de nitrogênio ou enxofre Contendo mais de cinco átomos de carbono.
N1	Álcoois, aldeídos, metil cetonas, cetonas cíclicas e ésteres contendo somente um grupo funcional;éteres com menos de oito átomos de carbono; epóxidos.
N2	Alcenos, alcinos, éteres, alguns compostos aromáticos (com grupos ativantes) e cetonas (além das citadas em N1).
I	Hidrocarbonetos saturados, alcanos halogenados, haletos de arila, éteres diarílicos, compostos aromáticos desativados.

Obs.: Os haletos e anidridos de ácido não foram incluídos devido à alta reatividade.

8. Bibliografia:

1. VOGEL, A. I. *Química orgânica: análise orgânica qualitativa*. 3 ed. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, S.A. 1981, v. 3.
2. Solomons, T.W., Fryhle, C. B. *Organic Chemistry*, 8 ed. (2004).
3. Vogel, A., *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry*, 4a Edição, Editora Longman Scientific & Technical, New York, 1987.

Apêndice F - Formulário de Registro

PPGCTA	LEVANTAMENTO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIO			
DATA				
AULA				
DISCIPLINA				
LABORATÓRIO				
PROFESSOR				
NÚMERO DE ALUNOS		NÚMERO DE EXPERIMENTOS		
RESÍDUOS GERADOS			Massa G	Volume mL
Solução residual				
TOTAL				

OBSERVAÇÕES:

INTERVENÇÕES POSSÍVEIS

CÁLCULO ESTEQUIOMÉTRICO

Apêndice G - Inventário da geração de resíduos do laboratório de química inorgânica

Apêndice H - Inventário da geração de resíduos do laboratório de química orgânica

10 ANEXOS

A - Roteiro tradicional - Metais alcalinos e alcalino terrosos

B - Roteiro tradicional - Os elementos boro, alumínio e seus compostos

C - Roteiro tradicional - Os elementos carbono, silício, estanho, chumbo e seus compostos

D - Roteiro tradicional - Extração líquido-líquido

E - Roteiro tradicional - Solubilidade dos compostos orgânicos

Anexo A - Roteiro tradicional - Metais alcalinos e alcalino terrosos

Anexo B - Roteiro tradicional - Os elementos boro, alumínio e seus compostos

Anexo C - Roteiro tradicional - Os elementos carbono, silício, estanho, chumbo e seus compostos

Anexo D - Roteiro tradicional - Extração líquido-líquido

Anexo E - Roteiro tradicional - Solubilidade dos compostos orgânicos

