



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

TAMARA MAYER LEITE

TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS DE QUÍMICA ANALÍTICA

CERRO LARGO
2017

TAMARA MAYER LEITE

TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS DE QUÍMICA ANALÍTICA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciada em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Marlei Veiga dos Santos

**CERRO LARGO
2017**

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Leite, Tamara Mayer

Tratamento de Resíduos Gerados nas Aulas de Química Analítica/ Tamara Mayer Leite. -- 2017.

68 f.:il.

Orientador: Marlei Veiga dos Santos.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Química Licenciatura , Cerro Largo, RS, 2017.

1. Aulas experimentais. 2. Resíduos. 3. Tratamento de Resíduos. I. Santos, Marlei Veiga dos, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

TAMARA MAYER LEITE

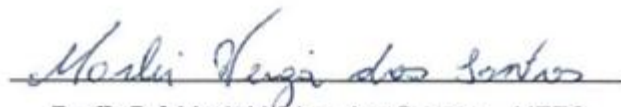
TRATAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS DE QUÍMICA ANALÍTICA


Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado para obtenção de grau de Licenciada em Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlei Veiga dos Santos

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em 12/12/2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof^a. Dr^a Marlei Veiga dos Santos – UFFS


Prof^a. Dr^a. Mariana Boneberger Behm – UFFS


Me. Jonas Simon Dugatto – UFFS

RESUMO

Nos últimos anos, as Instituições Federais de Ensino do Brasil têm voltado sua atenção para os resíduos químicos gerados nas suas atividades de ensino e pesquisa. Nos cursos de química, estes resíduos são caracterizados por sua grande diversidade na composição e da quantidade, o que dificulta o processo de tratamento ou de reúso. Este trabalho teve como objetivo propor técnicas de tratamentos e gerenciamento para os resíduos gerados nas aulas de química analítica do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo. Realizou-se um inventário dos reagentes utilizados durante as aulas experimentais das disciplinas de Química Qualitativa e de Química Quantitativa visando ter uma maior compreensão dos resíduos gerados por ambas. Verificou-se que resíduos de cromo são gerados nas duas e, portanto, este foi o resíduo escolhido para tratamento. O tratamento proposto fez uso de ácido sulfúrico, iodeto de potássio e hidróxido de sódio. Utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção atômica para a determinação do teor de cromo, nos resíduos pré e pós-tratamento. Dos resultados concluiu-se que o tratamento foi eficiente, pois houve a redução significativa de cromo nos resíduos. Também investigou-se, por meio de questionário aplicado aos docentes, se a maneira atual de segregação de resíduos atende a rotina das aulas experimentais que ministram, neste contexto, observou-se que não houve consenso entre os mesmos, mas a maioria ressaltou necessidades de melhorias.

Palavras-chave: Aulas experimentais. Resíduos. Tratamento de resíduos.

ABSTRACT

In the last years, Brazilian federal institutions of education have paid attention to chemical residues generated in their activities of teaching and research. In chemical classes, these residues can be characterized by a huge diversity in composition or even quantity, what makes hard the process of treatment or reuse. The present work has as objective propose techniques of treatment and management of the residues generated in analytical chemical classes in chemistry degree of the Universidade Federal da Fronteira Sul at Cerro Largo. To this, realized an inventory to list the chemical products used during experimental classes of qualitative and quantitative chemistry classes, aiming to gain a better comprehension about the residues generated. It was verified that the residues of chrome are generated in both classes, and, therefore, this was the residue chosen to treatment. The proposed treatment have used sulfuric acid, potassium iodide and sodium hydroxide. To determine the chrome content, it was used the atomic absorption spectrometry technique, in pre and post treatment. Analysing the results it is possible to conclude that the treatment is efficient, due the significant reduction of chrome in the residues. Also, it was investigated, by a survey applied to the professors, if the actual way of treatment of residues attends the routine of experimental classes, where in this context, it was possible to conclude that it did not have an agreement, but the major part reported the necessity of improvement.

Keywords: Experimental classes. Waste. Waste treatment.

LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
PEAD	Polietileno de alta densidade
CRBQ	Comissão de resíduos químicos e biológicos
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FAAS	Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (do inglês <i>Flame Atomic Absorption Spectrometry</i>)
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UNIFAL	Universidade Federal de Alfenas
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
PE	Pregão eletrônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RSD	Desvio Padrão Relativo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de um espectrômetro de absorção atômica com chama.	22
Figura 2 - Espectrômetro de absorção atômica com chama.	27
Figura 3 - Frascos de resíduos de cromo identificados de R-01 a R-05.	29
Figura 4 - (a) Disposição de resíduos na sala 106 do bloco 3, da UFFS. (b) Disposição de resíduos no abrigo de resíduos.....	30
Figura 5 - Rótulo que está sendo utilizado para identificação dos resíduos químicos.	31
Figura 6 - (a) Disposição dos resíduos químicos atualmente no laboratório. (b) Proposta de disposição dos resíduos químicos.	35
Figura 7- (a) Resíduo de cromo III, quando atingiu a cor vermelha devido a mudança no estado de oxidação.(b) Resíduo, depois de adicionado NaOH.	36
Figura 8 - Etapas do tratamento do resíduo contendo cromo VI.	37
Figura 9 - Curva de calibração para o cromo, faixa de trabalho de 3,00 – 50,00 mg/L	38
Figura 10 - Comparação das concentrações de Cr antes e após o tratamento.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reagentes utilizados no componente curricular de Química Qualitativa no 2º semestre de 2016.	23
Tabela 2 - Reagentes utilizados na disciplina de química quantitativa no 1º semestre de 2017.	24
Tabela 3 - Valores utilizados no preparo das soluções padrão de cromo.	28
Tabela 4 - Concentração de Cr (VI) antes (RF) e após (RT) o tratamento de precipitação e neutralização.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 GERAL	10
2.2. ESPECÍFICOS	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1 RESÍDUOS DE LABORATÓRIO	11
3.2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM UNIVERSIDADES	11
3.3 REGRAS GERAIS PARA O ACONDICIONAMENTO, COLETA, ROTULAGEM E ARMAZENAGEM	14
3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS	16
3.5 PROPONDO TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS	17
3.5.1 Ácidos e bases	17
3.5.2 Ânions	18
3.5.3 Cátions	18
3.6 A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CROMO	20
3.7 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA QUALITATIVA E QUÍMICA QUANTITATIVA.	23
4.2 CONSULTA INFORMAL COM OS DOCENTES DO CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA UFFS <i>CAMPUS</i> CERRO LARGO – RS	25
4.3 PROCEDIMENTO PARA TRATAMENTO DE CROMO	25
4.4 MATERIAIS	26
4.5 REAGENTES	26
4.6 EQUIPAMENTOS	26
4.7 DETERMINAÇÃO DE CROMO POR ESPECTROMETRIA ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA.....	27
4.7.1 Preparo de padrões	27
4.7.2 Preparo das amostras	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS PELOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA.....	30

5.2 FORMA DE RECOLHIMENTO DOS RESÍDUOS	31
5.3 CONSULTA INFORMAL COM OS DOCENTES DO CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA UFFS <i>CAMPUS</i> CERRO LARGO-RS.....	32
5.4 INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA QUALITATIVA E QUÍMICA QUANTITATIVA	33
5.5 PROPOSTA DE SEGREGAÇÃO PARA AULAS DE QUÍMICA COM ENFOQUE NA ANALÍTICA.....	34
5.6 TRATAMENTOS DOS RESÍDUOS DE CROMO	35
5.7 DETERMINAÇÃO DE CROMO POR FAAS.....	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO I.....	47
ANEXO II.....	49
ANEXO III.....	51
ANEXO IV	62

1 INTRODUÇÃO

Os laboratórios de Química das Instituições de Ensino Superior são responsáveis pela geração de uma grande variedade de resíduos, provenientes das atividades de ensino e pesquisa. Porém, percebe-se que a maioria dos usuários destes laboratórios, tanto professores e técnicos quanto estudantes, não tem informação suficiente sobre o assunto e acabam muitas vezes, descartando os resíduos de forma errada. Houve um tempo em que os resíduos eram jogados diretamente na pia dos laboratórios. Com o passar do tempo, diversas universidades brasileiras passaram a implementar o gerenciamento e o tratamento dos resíduos como forma de diminuir o impacto ambiental e formar profissionais conscientes da importância do descarte correto dos resíduos gerados nas aulas experimentais [AMARAL *et al.*, 2001; AFONSO *et al.*, 2002].

Contudo muitos desses resíduos possuem metais pesados. Estes são tóxicos podendo contaminar o solo, o ar, os recursos hídricos e prejudicar a saúde. Sendo assim, após uma atividade experimental deve-se tomar cuidado com o descarte dos mesmos. Deve-se procurar segregá-los de forma que possam ser reutilizados como matéria prima em outro experimento, ou buscar tratamento adequado para diminuir a toxicidade, como mudança no estado de oxidação, por exemplo [AMARAL, *et al.*, 2001; AGUIAR, NOVAES, 2002].

A Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul, preocupada com essa problemática propôs junto a Coordenação Adjunta dos Laboratórios o Plano de Gerenciamento de Resíduos. Este segue a Resolução 306 da ANVISA de 2004, a qual é constituída de um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais com o objetivo de minimizar os resíduos e destiná-los de forma correta com segurança para não prejudicar a saúde pública, os recursos naturais e o meio ambiente [Resolução 306/04].

Tendo em vista, a geração de resíduos químicos e do custo atribuídos por quilo de resíduo coletado pela empresa terceirizada, neste trabalho buscará se fazer o levantamento dos resíduos gerados nas aulas experimentais de Química Qualitativa e Quantitativa e buscarão procedimentos para o tratamento dos mesmos, na tentativa de diminuir o montante entregue a empresa de coleta. O foco central do tratamento serão os resíduos de cromo (VI).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Propor técnicas de tratamento e gerenciamento para os resíduos gerados nas aulas de química analítica do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo.

2.2. ESPECÍFICOS

- Buscar melhorias na separação dos resíduos produzidos nas aulas experimentais de química;
- Realizar uma descrição, caracterizando os resíduos gerados nos componentes curriculares de química qualitativa e química quantitativa;
- Verificar a possibilidade de tratamento dos resíduos de cromo produzidos nas aulas de química analítica;
- Realizar o tratamento dos resíduos de cromo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RESÍDUOS DE LABORATÓRIO

Os resíduos gerados nas aulas experimentais de química, geralmente apresentam algumas características como: mau cheiro; presença de misturas de fases líquidas e sólidas; coloração devido à mistura das substâncias coloridas ou de reações lentas com o ar (oxidação, por exemplo) sob a ação da luz ou mesmo entre componentes do resíduo; presença de borras, lacas e gomas de aspecto visual desagradável [SILVA, SOARES, AFONSO, 2010].

Os resíduos laboratoriais são classificados como ativo e passivo. O ativo compreende resíduos gerados na rotina de um laboratório e de certa forma conhecidos, enquanto o passivo compreende os resíduos não caracterizados, armazenados sem identificação e aguardando uma destinação correta [TOLEDO *et al.*, 2008; ABNT NBR 10004, 2004]. O passivo inclui desde restos reacionais, passando por resíduos sólidos, até frascos de reagentes ainda lacrados, mas sem rótulos, a caracterização deles é muito importante e quando possível faz-se teste de identificação [JARDIM, 1997; AFONSO *et al.*, 2003]. O ativo é aquele resíduo gerado rotineiramente nas atividades de ensino e de pesquisa, ou seja, o principal alvo de qualquer programa de gerenciamento. Neste caso, para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos é viável iniciar enfocando, primeiramente, os resíduos gerados nas atividades de ensino (aulas de laboratório), pois estes podem ser facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados [JARDIM, 1998; ABREU & IAMAMOTO, 2003].

3.2 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS DE QUÍMICA EM UNIVERSIDADES

O gerenciamento de resíduos químicos vem sendo discutido por Instituições de Ensino Superior no Brasil desde 1990. Diversas universidades vêm buscando alternativas para garantir a continuidade de suas atividades com foco na não degradação do meio ambiente [AMOUR, 1996; KAUFMAN, 1990; LUNN & SANZONE, 1994; NOLASCO *et al.*, 2006]. Considera-se o papel da universidade de grande importância, tanto pela sua função de formação de profissionais, quanto pela

tarefa de disseminar a mentalidade de desenvolvimento sustentável nos meios acadêmico e profissional [AFONSO *et al.*, 2003; ALBERGUINI *et al.*, 2003].

Um dos objetivos de cursos de química é instruir os estudantes para trabalharem com reagentes de maneira correta e responsável. No entanto, enquanto praticam-se sínteses, separações, purificações e análises, uma grande quantidade de resíduos é gerada. Desta forma as universidades, assim como muitas indústrias, têm problemas para lidarem com os seus resíduos. Porém, diferente das indústrias, nas universidades as quantidades de resíduos gerados são pequenas e constituídas de grande diversidade de substâncias, tóxicas ou não, incluindo novos compostos de toxicidade desconhecida. Além disso, sua composição muda com cada novo experimento ou projeto de pesquisa. Esta grande variedade de substâncias, geralmente, torna o gerenciamento de resíduos nas universidades mais complexo que nas indústrias, uma vez que indústrias geram grandes quantidades, mas de composição conhecida e sem tanta variação [MIRACONI, *et al.* 2002].

A atividade de gerenciar os resíduos químicos nas aulas de laboratório de química é uma ação que reflete cuidado com o meio ambiente, reduzindo a poluição. Trata-se de uma excelente oportunidade de aprendizagem, treinamento e sensibilização para estudantes, professores e técnicos [AFONSO *et al.*, 2003; TOLEDO *et al.*, 2008; SILVA, SOARES, AFONSO 2009].

Ao ser implementado, um programa de gerenciamento de resíduos deve-se contemplar os dois tipos de resíduos: o ativo e o passivo. A caracterização do passivo nem sempre é possível, e o tempo e os esforços gastos com esta atividade inicial devem ser bem equacionados para que não haja desestímulo no início do programa. No caso do resíduo ativo, a experiência tem mostrado que o mais produtivo é se dividir a implementação do programa em duas partes: começar enfocando primeiramente os resíduos gerados nas atividades de ensino, pois estes podem ser mais facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados. Tendo adquirido certa prática na gestão deste tipo de resíduo, a segunda etapa de implementação se expande para os laboratórios de pesquisa, onde a natureza e a quantidade de resíduos variam muito. Um programa de gerenciamento deve sempre adotar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo é responsável pelo mesmo [JARDIM, 1998].

Segundo Afonso e colaboradores (2003), deve-se tomar algumas considerações para facilitar e ajudar no gerenciamento dos resíduos como: (a)

diminuir a geração dos mesmos, substituir por outros experimentos menos impactantes; (b) minimizar a proporção de resíduos perigosos, utilizando pequenos volumes; (c) segregar e concentrar resíduos, sendo que a segregação facilita muito no trabalho, independentemente se o destino final é a incineração, o reúso ou a reciclagem; (d) reciclar o componente material ou energético do resíduo, exemplo reutilizar solventes orgânicos após o tratamento e destilação dos mesmos; (e) tratar resíduos da forma mais adequada possível, estocando pelo menor tempo possível; (f) dispor o resíduo de maneira segura.

Os fatores fundamentais para constituir em um programa dessa natureza foram elencados por Jardim (1997), eles são:

1. Apoio institucional irrestrito ao programa de gerenciamento de resíduos;
2. Priorização do chamado fator humano frente ao tecnológico;
3. Divulgação das metas estipuladas dentro das várias fases do programa;
4. Reavaliação continuada dos resultados alcançados e das metas subsequentes.

Visto que é importante que a instituição esteja realmente disposta a implementar um programa de gerenciamento de resíduos, sendo que uma primeira tentativa frustrada, via de regra, desacredita tentativas posteriores. Outro fator importante é o humano, pois o sucesso de um programa está ligado às atitudes dos professores, funcionários e alunos que geram resíduos [FARIAS, 2003].

Desta maneira percebe-se que a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos passa por uma tomada de consciência sobre a necessidade de adotar novos hábitos no sentido de não somente atender a legislação, mas principalmente a uma nova mentalidade que se preocupe não apenas com os experimentos realizados nas aulas e na pesquisa, mas também com a geração e o destino dos resíduos. Para garantir um mundo mais sustentável e a formação de profissionais com responsabilidade ambiental é necessário iniciar esta conscientização durante a sua formação universitária, buscando introduzir nas aulas experimentais noções de minimização e tratamento do resíduo gerado.

Uma das alternativas que contribui para planejar a gestão dos resíduos é o princípio dos 5R's: repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar [JUSTI *et al.*, 2015]. Primeiro deve-se repensar, ou seja, ver a necessidade do uso do reagente e a forma

de descarte do resíduo gerado, segundo recusar, não utilizando produtos que geram impactos ambientais, terceiro, reduzir evitando o desperdício, quarto, reutilizar sempre que possível e quinto reciclar, ou seja, transformar os materiais e utilizar como matéria-prima para outras técnicas no laboratório. Essa visão passa pela identificação, tratamento e encaminhamento dos resíduos, de forma a diminuir os possíveis impactos ao meio ambiente.

3.3 REGRAS GERAIS PARA O ACONDICIONAMENTO, COLETA, ROTULAGEM E ARMAZENAGEM

Para evitar acidentes no transporte deve-se acondicionar os resíduos de forma adequada, respeitando o limite de 80% do seu volume total de preenchimento do frasco de estocagem, para que não aconteçam vazamentos. Além disso, os resíduos devem ser armazenados em recipientes compatíveis [OLIVEIRA JÚNIOR, 2012].

Ao acondicionar resíduos químicos, deve-se tomar alguns cuidados, pois estes podem ser incompatíveis com outras substâncias ou até mesmo com o recipiente em que será armazenado. Por exemplo, substâncias com caráter básico, dependendo da sua concentração podem corroer frascos de vidros, portanto, deve-se evitar este tipo de frasco para essas substâncias. Os frascos para estocagem de resíduos líquidos são geralmente provenientes de reutilização de frascos de produtos de limpeza, de água ou até mesmo de reagentes [OLIVEIRA JÚNIOR, 2012, FORTI; ALCAIDE, 2011].

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA, RDC nº 306/2004 os resíduos químicos devem ser acondicionados em sacos ou recipientes resistentes que evitem vazamentos e resistam a rupturas, além disso, os recipientes devem ser quimicamente compatíveis com os resíduos. Em caso de embalagens de plástico o polietileno de alta densidade (PEAD) são preferíveis, exceto quando houver incompatibilidade com o resíduo com este tipo de material, na falta dos mesmos, frascos vazios de reagentes ou solventes, podem ser utilizados após lavagem em triplicata com água ou algum solvente apropriado [FORTI; ALCAIDE, 2011; SILVA; SANTIAGO; SANTOS, 2013].

No caso de resíduos de solventes orgânicos, como ácidos e bases diluídas, aldeídos, álcoois, cetonas e hidrocarbonetos, são acondicionados no seu laboratório

de origem em galões plásticos, geralmente de 5 litros, enquanto, resíduos de ácidos concentrados, solventes halogenados, éter, ciclohexano e tolueno devem ser acondicionados dentro de recipientes de vidro [SILVA; SANTIAGO; SANTOS, 2013; FERREIRA, 2012].

Segundo a Comissão de Resíduos Químicos e Biológicos (CRQB), da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), os resíduos inorgânicos não perigosos, os quais incluem soluções aquosas de sais inorgânicos de metais alcalinos e alcalinos terrosos, como cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl_2), cloreto de magnésio (MgCl_2) entre outros, não contaminados com outros produtos, podem ser descartados diretamente na rede de esgoto, sempre respeitando os limites estabelecidos nos descartes estaduais. Já para resíduos químicos perigosos, devem ser acondicionados em frascos ou bombonas resistentes com tampa de rosca e vedante. As soluções ácidas e básicas devem ser diluídas e neutralizadas podendo ser desprezadas na rede de esgoto, sais de metais de transição podem ser misturados em recipientes identificados respeitando suas incompatibilidades [UNIFESP, 2010].

Todos os frascos contendo resíduos deverão necessariamente apresentar um rótulo com o nome da substância e símbolos de riscos, conforme a Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas 7500 (ABNT), além disso, deve-se incluir a data em que o resíduo foi envasado, local que o resíduo foi gerado e nome do docente/pesquisador responsável pelo laboratório gerador. Assim, todos os frascos acondicionados devem ser identificados, mesmo os que ficarão aguardando tratamento [UNESP, 2017; ABNT NBR 7500, 2004].

Após identificação e acondicionamento os resíduos devem ser armazenados em locais onde não haja incidência de luz, calor e umidade, caso houver frascos com capacidade de 1 litro, ou menores como os de vidros, os mesmos devem ser organizados em caixas de papelão, sempre tomando cuidado com a incompatibilidade e resistência das caixas. A coleta dos resíduos deve ser programada, para organização dos mesmos na área externa do setor e devem ficar protegidos de sol, chuva e dispostos de forma agrupada, para que os responsáveis pela coleta possam executar com facilidade [UNESP, 2017].

3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS

Os resíduos químicos gerados a cada aula experimental nos laboratórios de universidades gera preocupação, uma vez que os mesmos não podem ser descartados no esgoto comum. O professor, sendo um químico experiente, sabe que os resíduos de um experimento em particular são de baixa toxicidade, mas os estudantes normalmente não têm conhecimentos para fazer tal julgamento, portanto, simplesmente jogar os resíduos na pia ou sempre colocá-los em frascos específicos sem nenhuma discussão pode transmitir aos alunos a mensagem de que qualquer resíduo químico pode ser disposto dessa maneira. Permitindo que os resíduos de laboratório sejam tratados de maneira casual, cria-se a crença de que o meio ambiente não será atingido porque “as quantidades são pequenas”, “haverá diluição no esgoto ou no rio” ou “o resíduo não é muito tóxico” [ALLEN, 1983]. Desta maneira professores, técnicos de laboratório e alunos precisam dispor corretamente os resíduos gerados na realização dos experimentos. Geralmente os resíduos são estocados no próprio laboratório, onde ficam aguardando a disposição final [BENTO *et al.*, 2015].

Algumas instituições federais e estaduais já estão desenvolvendo gerenciamento e tratamento de resíduos químicos, por exemplo: Universidade Federal do Ceará (UFC) [GOMES *et al.*, 2013]; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) [AMARAL *et al.*, 2001]; Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) [BENTO *et al.*, 2015]; Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) [AFONSO *et al.*, 2003]; Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Realeza (UFFS), [MAGRIN, THEISEN, LIMA, 2017]; Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo (UFFS) [JUSTI *et al.*, 2015].

No Instituto de Química da UFRGS são desenvolvidas atividades que objetivam diminuir a quantidade de resíduos produzidos nos laboratórios de ensino. A UFPE busca em seu programa de gerenciamento de resíduos químicos o reaproveitamento de resíduos de enxofre sólido e de prata através da recuperação, e também faz o tratamento do cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio por meio de precipitação. A UFC implantou um programa de gerenciamento de resíduos para integrar um sistema de coleta e disposição final dos mesmos. Na UFRJ, foi organizada uma proposta de coleta de resíduos com a finalidade de reutilizar, recuperar os resíduos para dispor no esgoto comum. Já a UFFS *Campus*

Realeza realizou o tratamento de resíduos gerados nas aulas de química analítica quantitativa [AMARAL *et al.*,2001; BENTO *et al.*,2015; MAGRIN *et al.*, 2017].

A UFFS não tem seu próprio sistema para tratar os resíduos gerados, os mesmos são recolhidos por uma empresa externa, mediante contrato de prestação de serviços especializados em tratamento e destinação final de resíduos. Esta empresa externa recolhe os resíduos divididos em categorias, tais como: A, B e E, sendo os resíduos químicos pertencentes à classe B e os resíduos biológicos às classes A e E (segundo as normas da ANVISA). Alguns destes resíduos são incinerados, outros autoclavados, a depender de suas características e conforme o sistema de tratamento disponível na sede da empresa contratada. Para cada lote de resíduos coletado e tratado pela empresa prestadora de serviços, é emitido um laudo de tratamento e destinação correta destes resíduos, comprovando que os mesmos foram tratados adequadamente, ou seja, o tratamento dos resíduos gerados nos laboratórios acarreta um custo elevado à universidade [PAGNO *et al.*, 2017; JUSTI *et al.*, 2015].

O tratamento dos resíduos químicos realizado de maneira adequada apresenta como vantagens: (1) diminuição dos custos na compra de reagentes, uma vez que resíduos recuperados pode servir também como matéria prima para outros experimentos; (2) diminuição da toxicidade permitindo que sejam descartados na pia sem risco de contaminação ambiental; (3) diminuição do volume acarretando diminuição de custos, muitas instituições contratam empresas terceirizadas para a coleta, tratamento e disposição final dos resíduos gerados, tais empresas cobram por quilo de resíduo [BENTO *et al.*, 2015; AMARAL *et al.*, 2001].

3.5 PROPONDO TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

3.5.1 Ácidos e bases

Os resíduos de ácidos (exemplo: sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3), ácido acético (CH_3COOH , entre outros) e de bases (exemplo: hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), hidróxido de amônio (NH_4OH), entre outros), desde que não contenham metais pesados, podem ser utilizados para neutralização mútua, ou seja, misturá-los e ajustar o pH até atingir o

valor 7,2 e, então, descartá-los na pia do laboratório [LASSALI, 2002 MEDINA *et al.*, 2010].

3.5.2 Ânions

Produtos de neutralização contendo ânions como acetatos ($C_2H_3O_2^-$), bicarbonatos (HCO_3^-), boratos (BO_3^{2-}), cloretos (Cl^-), fosfatos (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), tetraboratos ($B_4O_7^{2-}$), tiocianatos (SCN^-) podem ser descartados na pia [FERREIRA *et al.*, 2015 apud SILVA *et al.*, 2014].

Segundo Cruz e colaboradores, (2013), para realizar o tratamento de resíduos de cianetos (CN^-) solúveis e insolúveis, o qual não é recomendado para complexos com alta estabilidade, deve-se adicionar ao resíduo uma base forte, até atingir o pH entre 10 e 11, não concentrar muito a solução. Sob agitação ir adicionando hipoclorito de sódio ($NaClO$) ou hipoclorito de cálcio ($Ca(ClO)_2$), sendo 50% em excesso em relação ao cianeto em mol/L. Na capela manter sob agitação por cerca de 12 horas, abaixar o pH com ácido clorídrico (HCl) até cerca de 8. Depois de tratado descartar na pia da capela, com água corrente.

Além disso, para tratar sulfetos inorgânicos, precipitar na forma de sulfeto de ferro (III) ($Fe_2(SO_4)_3$), o precipitado deve ser decantado nos resíduos de metais, o sobrenadante pode ser descartado na pia após diluição, se não contiver metais pesados [CRUZ *et al.*, 2013].

3.5.3 Cátions

As diferentes maneiras em que os metais estão presentes em uma solução definem o melhor tipo de processo aplicado para realizar o tratamento do resíduo. Diversos procedimentos para tratar resíduos de metais estão disponíveis na literatura [SOARES *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014].

Os metais geralmente são tratados com hidróxido de sódio ($NaOH$) e carbonato de sódio (Na_2CO_3) em excesso. o precipitado gerado é filtrado e o papel de filtro deve ser seco em capela e posteriormente enviado a aterro industrial caso não possa ser reaproveitado. O líquido sobrenadante após a neutralização pode ser descartado na pia [CALIJURI; CUNHA, 2013].

Resíduos de cobre (Cu^{2+}) podem ser tratados com hidróxido de sódio e carbonato de cálcio controlando o pH até 7, o qual formará um precipitado de hidróxido e uma solução azul intenso, o precipitado decantado no fundo do recipiente e o líquido que restar deve ser neutralizado e descartado na pia. Além disso, a literatura já aborda procedimentos alternativos onde é feito adsorção de Cu^{2+} pelo pó da casca da macaúba e após o processo de dessorção pode ser reutilizado [GOMES *et al.*, 2013; BORGES *et al.*, 2005].

No tratamento da prata faz-se a redução do íon Ag^+ em prata metálica (Ag^0), utilizando-se como agente redutor o alumínio (Al). Para o resíduo de ouro (Au), é realizado ajuste do pH em torno de 2-3 e adicionado zinco metálico (Zn^0) sob aquecimento em torno de 100 °C e agitação até cessar a precipitação do ouro posteriormente é realizada solubilização com água-régia e a solução é conduzida a secagem visando o reaproveitamento. O resíduo líquido de zinco (Zn^{2+}) também pode ser tratado com uma base forte até a solução precipitar, filtrar e ajustar o pH do sobrenadante pela adição de ácido mantendo o pH em torno de 7 [MARINHO, *et al.*, 2011]. Já os resíduos contendo bário (Ba) e estrôncio (Sr), podem ser tratados com uma base forte para ajustar o pH em torno de 7, e adicionar sulfato de sódio (Na_2SO_4) até cessar a precipitação [AFONSO *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2014 apud FERREIRA *et al.*, 2015].

Resíduos de metais pesados geralmente são nocivos, uma alternativa é convertê-los em formas menos reativas e tóxicas. Resíduos contendo mercúrio e chumbo (Hg^{2+} e Pb^{2+}) geralmente são tratados através da precipitação na forma de seus respectivos sulfetos. Assim os resíduos líquidos contendo íons chumbo (Pb^{2+}) são tratados com ácido acético (CH_3COOH) e tiocetamida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$). Outro método é utilizar os resíduos de nitrato de alumínio ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) e hidróxido de sódio para imobilização do chumbo, sempre controlando o pH, pois no caso desse procedimento o alumínio insolúvel pode tornar-se solúvel com excesso de hidróxido de sódio através da substância aluminato de sódio (NaAlO_2) [SILVA *et al.*, 2013; MEDINA *et al.*, 2010].

Resíduos contendo cromo (Cr) podem ser tratado com excesso de hidrogenosulfito de sódio (NaHSO_3) para reduzir o Cr (VI) em Cr (III), levar a solução até pH superior a 7 com uma solução de hidróxido de sódio para precipitar o Cr (III) como hidróxido de cromo III ($\text{Cr}(\text{OH})_3$). Outro método para reduzir o cromo (VI) em cromo (III) é adicionar ao resíduo ácido sulfúrico (H_2SO_4) e em seguida algumas

gotas de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), deixar a solução repousar por alguns minutos e filtrar. Para precipitar o cromo (III) adiciona-se uma base forte e deixa-se decantar por um dia, depois a mistura é filtrada e o sólido que fica no papel filtro é guardado para reutilização [SILVA *et al.*, 2013; SOARES, *et al.*, 2013; DI VITTA, 2011].

Outro método para tratar resíduos de cromo é adicionar ácido sulfúrico e iodeto de potássio (KI) para reduzir o cromo (VI) em (III), a solução adquire coloração âmbar esverdeado ou vermelho, em seguida é adicionado hidróxido de sódio até formar precipitado, então, deixa-se a solução repousar. Posteriormente filtra-se, o filtrado é neutralizado e pode ser descartado na pia, já o sólido é seco em estufa e destinado aos resíduos sólidos [SOUZA *et al.*, 2014].

Com isso, percebe-se que o método mais utilizado para tratar metais é a precipitação, no qual várias universidades como: UFRGS, UTFPR, UFU, UNIFAL, UFLA e UNIFEI, vem utilizando desse método para tratamento de metais em solução [REIS, 2014].

3.6 A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE CROMO

Os metais pesados podem ser definidos de duas formas, do ponto de vista químico e do biológico. Do ponto de vista químico trata-se de conceitos sobre a forma como estão dispostos na tabela periódica, uma vez que esta denominação “pesado”, é atribuída a propriedades como densidade absoluta, ponto de fusão, volume e raio atômico. Enquanto do ponto de vista biológico, o termo “pesado” faz referência a aspectos relacionados à toxicidade ao meio ambiente e à saúde humana. Sua espécie trivalente (III) em baixa quantidade é considerada um nutriente essencial e atua potencializando a ação da insulina, por outro lado a forma hexavalente (VI) é altamente tóxica, podendo causar ulcerações nasal, dermatites entre outras complicações [GROMBONI *et al.*, 2006, TOLEDO; LEO, 2008]. Portanto, o cromo é considerado um metal pesado devido a sua toxicidade, na forma hexavalente, sendo conhecido como carcinogênico humano e poluente do meio ambiente [VITOR, *et al.*, 2008; TOLEDO; LEO, 2008].

A resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que os resíduos só possam ser descartados em recursos hídricos se os mesmos estiverem na faixa de pH entre 5 a 9, além disso o limite permitido para o

descarte do cromo no meio ambiente é de 0,1 mg/L de cromo hexavalente e de 1,0 mg/L do cromo trivalente [BRASIL, 2011]. Desta maneira os resíduos devem, preferencialmente, serem tratados pelo laboratório que os gerou, sendo eles considerados perigosos ou não perigosos, seja no estado de oxidação do cromo III ou VI. Realizar o tratamento de forma apropriada e ao término descartar o mesmo, certificando-se que o resíduo enviado ao descarte atenda aos limites estabelecidos pela legislação e não sejam tóxicos ao meio ambiente [SILVA *et al.*, 2013].

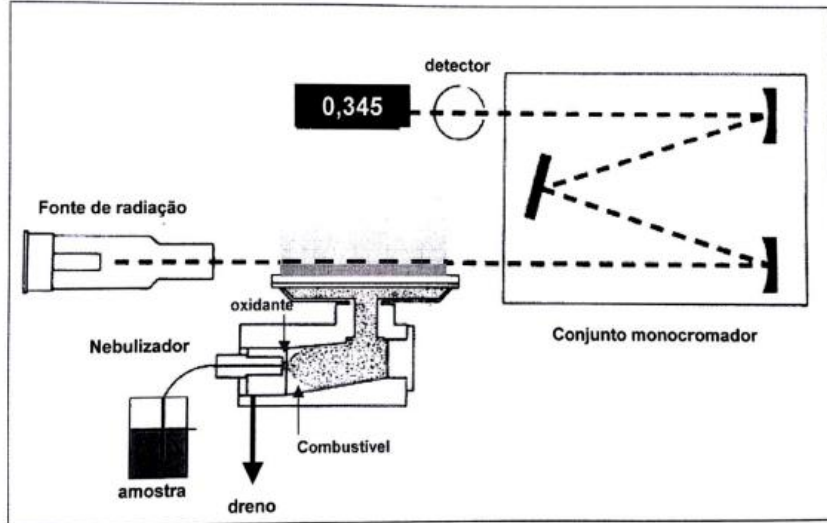
Assim, percebe-se a importância de tratar resíduos de cromo objetivando uma diminuição de sua concentração bem como de sua toxicidade. Uma das técnicas de tratamento deste tipo de resíduo envolve a redução do cromo (VI) a cromo (III) e precipitação como hidróxido [SOUZA *et al.*, 2014].

3.7 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA

A espectrometria de absorção atômica é uma dentre as técnicas espectroscópicas, seu princípio fundamental envolve a medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária, por átomos gasosos no estado fundamental (KRUG *et al.*, 2004; SKOOG *et al.*, 2005). A espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) é uma técnica bastante utilizada para análises elementares em mg/L (KRUG *et al.*, 2004).

Em um espectrômetro de absorção atômica de chama a solução da amostra é aspirada e nebulizada na forma de aerossol em uma câmara de nebulização. Esse aerossol é formado por pequenas gotículas dispersas em gás que entram na câmara de nebulização e chegam ao queimador arrastado pelos gases combustível e oxidante. Sob a elevada temperatura do ambiente da chama as partículas são volatilizadas e, em seguida, atomizadas (conversão da espécie volatilizada em átomos livres). Assim, a finalidade da chama é transformar íons e moléculas em átomos no estado fundamental. O tipo de chama mais utilizado em FAAS é a mistura ar-acetileno, numa proporção relativamente alta de oxidante em relação ao combustível (chama azul), porém também se utiliza chama de óxido nitroso-acetileno (KRUG *et al.*, 2004). Um esquema do espectrômetro de absorção atômica por chama e seus principais componentes são demonstrados pela Figura 1

Figura 1- Esquema de um espectrômetro de absorção atômica com chama.



Fonte: KRUG et al., 2004.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA QUALITATIVA E QUÍMICA QUANTITATIVA.

O inventário consistiu em identificar os resíduos produzidos durante as aulas experimentais nas disciplinas Química Qualitativa (GEX 271) e Química Quantitativa (GEX 282), do curso de graduação em Química Licenciatura da UFFS, no 2º semestre de 2016 e 1º semestre de 2017. Para este pesquisou-se nos formulários de solicitação de reserva de espaços/equipamentos/materiais de consumo dos laboratórios didáticos (anexo I). A partir de dados coletados nestes formulários criou-se tabelas para demonstrar a geração de resíduos químicos por componente curricular e por semestre.

Tabela 1 - Reagentes utilizados no componente curricular de Química Qualitativa no 2º semestre de 2016.

Reagentes	Fórmula	Concentração (mol/L)	Volume (mL)
Acetato de sódio trihidratado	CH ₃ COONa. 3H ₂ O	2,00	450
Ácido acético	CH ₃ COOH	6,00	900
Ácido clorídrico	HCl	2,00	1000
Ácido nítrico	HNO ₃	0,10	1500
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	6,00	400
Álcool isoamílico	C ₅ H ₁₂ O	PA	300
Brometo de potássio	KBr	0,10	50
Carbonato de amônio	(NH ₄) ₂ CO ₃	1,00	400
Carbonato de sódio	Na ₂ CO ₃	1,50	1050
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	20 %	600
Cloreto de bário	BaCl ₂	5 %	300
Cloreto de cálcio dihidratado	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,30	400
Cloreto de níquel (II)	NiCl ₂	0,50	1200
Cloreto de sódio	NaCl	2,00	50
Cloreto de zinco	ZnCl ₂	0,30	400
Cloreto de alumínio	AlCl ₃	0,50	500
Cloreto de cromo (III)	CrCl ₃	0,50	500
Cloreto de magnésio	MgCl ₂	1,00	500
Cloreto de manganês	MnCl ₂	1,00	500
Cromato de potássio	K ₂ CrO ₄	0,50	1100
Ferrocianeto de potássio	C ₆ N ₆ FeK ₄	0,25	100
Fluoreto de sódio	NaF	0,10	50

Fosfato de sódio	NaH ₂ PO ₄	1,50	1000
Hidróxido de amônio	NH ₄ OH	2,00	1400
Iodeto de potássio	KI	0,60	450
Nitrato de bário	Ba(NO ₃) ₂	0,20	800
Nitrato de chumbo	Pb(NO ₃) ₂	0,50	1300
Nitrato de cobre (II)	Cu(NO ₃) ₂	1,00	400
Nitrato de ferro (III)	Fe(NO ₃) ₃	0,50	900
Nitrato de ferro (II)	Fe(NO ₃) ₂	0,50	400
Nitrato de prata	AgNO ₃	1,20	1600
Nitrato de sódio	NaNO ₃	0,10	50
Nitrito de sódio	NaNO ₂	0,10	850
Nitrato de arsênio	AsNO ₃	0,20	100
Nitrato de cádmio	Cd(NO ₃) ₂	0,20	100
Nitrato de estanho (II)	SnNO ₃	0,50	300
Oxalato de amônio	C ₂ H ₈ N ₂ O ₄	2,00	300
Permanganato de potássio	KMnO ₄	0,50	400
Peróxido de hidrogênio	H ₂ O ₂	20%	300
Solução de iodo	I ₂	0,10	300
Sulfato de manganês	MnSO ₄	0,30	400
Sulfato de sódio dihidratado	Na ₂ SO ₄ . 2H ₂ O	0,10	50
Tioacetamida	C ₂ H ₅ NS	1,00	100
Tiocianato de amônio	NH ₄ SCN	0,50	600
Tiocianato de potássio	KSCN	1,00	300
Tiosulfato de sódio	Na ₂ S ₂ O ₃	0,50	800
Volume total			25,450 (25,45 L)

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 2 - Reagentes utilizados na disciplina de química quantitativa no 1º semestre de 2017.

Reagentes	Fórmula	Concentração (mol/L)	Volume (mL)
Ácido clorídrico	HCl	0,10	2000
Ácido nítrico	HNO ₃	6,00	250
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	PA	200
Hidróxido de sódio	NaOH	0,10	3000
Carbonato de sódio	Na ₂ CO ₃	0,025	1500
Nitrato de prata	AgNO ₃	0,050	4000
Ácido etilenodiaminotetracético	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	0,010	3000
Cromato de potássio	K ₂ CrO ₄	5 %	50
Permanganato de potássio	KMnO ₄	0,002	1000
Cloreto de Ferro (II)	FeCl ₂	0,010	1000
Cloreto de sódio	NaCl	0,050	4000
Tiocianato de potássio	KSCN	0,050	1000
Hidroxilamina	NH ₂ OH	10 %	100

Volume total	21,100 (21,10L)
---------------------	----------------------------

Fonte: elaborada pelo autor.

4.2 CONSULTA INFORMAL COM OS DOCENTES DO CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA UFFS *CAMPUS* CERRO LARGO – RS

A pesquisa constitui no envio de um questionário (anexo II) por e-mail para os professores que atuam no domínio específico do curso de química. A finalidade de tal questionário é a de verificar se os professores do curso consideram satisfatória a forma de segregação e disposição final dos resíduos gerados, se conhecem e usam a lista de compatibilidade e as fichas de descarte e também se os mesmos possuem alguma sugestão de melhoria.

4.3 PROCEDIMENTO PARA TRATAMENTO DE CROMO

O procedimento realizado neste trabalho objetiva a conversão de resíduos de cromo para seu estado de oxidação de menor toxicidade Cr (III) e posterior precipitação na forma de hidróxido. Sendo assim deve-se, primeiramente, despejar o resíduo para dentro de um balde e acidificar o meio com ácido sulfúrico, após adicionar iodeto de potássio até ver a mudança de cor para vermelho e então adicionar hidróxido de sódio sob agitação constante e aguardar a completa precipitação/decantação. Fazer a filtragem do resíduo, usado funil e papel de filtro [SOUZA *et al.*, 2014].

Os papéis de filtro, com os precipitados, devem ser dispostos nas capelas para secagem e posteriormente serão embalados em sacos plástico e levados ao abrigo de resíduos para acondicionamento até a coleta por parte da empresa contratada pela UFFS. Já as soluções devem passar por novo teste de precipitação com NaOH e caso ocorra nova precipitação repete-se o procedimento anterior, do contrário alíquotas são separadas para serem analisadas pela técnica de espectrometria absorção atômica com chama (FAAS). Verificada a eficiência do procedimento realiza-se a correção do valor de pH (até 7) com HCl comercial (ácido muriático) e então a solução pode ser descartada na pia.

4.4 MATERIAIS

- Balões volumétricos de vidro 50 mL;
- Tubos cônicos de 50 mL (Falcon);
- Béqueres;
- Bastão de vidro;
- Suporte universal;
- Garras;
- Funil de vidro;
- Papel de filtro;
- Papel indicador;
- Baldes;
- Luvas;
- Óculos de proteção.

4.5 REAGENTES

- Ácido clorídrico comercial (Limpa pedra – ácido muriático);
- Ácido sulfúrico (Alphatec);
- Hidróxido de sódio (Sodabel 99°);
- Iodeto de potássio (Merck);
- Resíduos de cromo;
- Água ultrapura produzida no sistema Millipore, condutividade 18,20 $\mu\Omega/\text{cm}$;
- Solução padrão de Cr para AAS1000,00 mg/L (Sigma- Aldrich).

4.6 EQUIPAMENTOS

- Espectrômetro de absorção atômica com chama, SavantAA (GBC);
- Lâmpada de cátodo oco de cobre (PerkinElmer);
- Micropipeta de volume regulável 100-1000 μL (Gilson);
- Micropipeta de volume regulável 20- 200 μL (Gilson).

4.7 DETERMINAÇÃO DE CROMO POR ESPECTROMETRIA ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA

Utilizou-se um espectrômetro de absorção atômica com chama (Figura 2). Para análise do Cr selecionou-se o comprimento de onda 357,90 nm, a largura da fenda de 0,20 nm, a altura do queimador foi de 15,00 mm e chama formada pela mistura de ar/acetileno nas vazões 10,00 L/min e 2,00 L/min respectivamente.

Figura 2 - Espectrômetro de absorção atômica com chama.



Fonte: elaborada pelo autor.

4.7.1 Preparo de padrões

O padrão estoque (Sigma-Aldrich) de Cr com concentração de 1000 mg/L foi utilizado para a construção da curva de calibração. Para as determinações por FAAS foram preparados cinco padrões em balões volumétricos de 50 mL com concentrações na faixa de 3 a 50 mg/L. Os volumes de solução estoque foram calculados com a expressão matemática representada na equação 1, sendo pipetados com micropipetas.

$$\text{Equação 1} \quad C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2,$$

Onde, C_1 , V_1 é referente a e volume inicial da solução, respectivamente, e C_2 , V_2 a concentração e volume final da solução, respectivamente. Após, as soluções foram aferidas com água ultrapura e homogeneizados por agitação de inversão quinze vezes.

A Tabela 3 abaixo apresenta os volumes utilizados para os respectivos padrões.

Tabela 3 - Valores utilizados no preparo das soluções padrão de cromo.

Padrões	Concentração (mg/L)	Volume Solução Estoque (μ L)	Volume do Balão (mL)
1	3	150	50
2	6	300	50
3	12	600	50
4	25	1250	50
5	50	2500	50

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7.2 Preparo das amostras

Os frascos contendo os resíduos foram identificados da seguinte forma: R-01 a R-05 (Figura 3). Todos estavam no abrigo de resíduos aguardando a coleta por parte da empresa contratada pela UFFS. Os mesmos totalizavam aproximadamente 30 litros de resíduos foram levados ao laboratório 106 do bloco 3, da UFFS. Na capela do laboratório cada frasco foi transferido para dentro de baldes e agitados para a completa homogeneização. Como havia bastante material particulado (precipitado) alíquotas de 100 mL de cada um dos resíduos foram filtradas e transferidas para frascos cônicos (tipo falcon) para posterior análise em FAAS, com o objetivo de verificar a concentração de cromo antes do tratamento. Estas alíquotas foram denominadas RF-01 a RF-05, representando os resíduos antes do tratamento.

Após procedeu-se o tratamento dos resíduos, como descrito no item 4.3, ao finalizar o tratamento novas alíquotas foram coletadas, sendo denominadas RT-01 a RT-05, representando os resíduos após tratamento.

Figura 3 - Frascos de resíduos de cromo identificados de R-01 a R-05.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS PELOS LABORATÓRIOS DE QUÍMICA

Atualmente os resíduos estão sendo segregados dentro de frascos dispostos no laboratório e quando atingem o volume máximo $\frac{3}{4}$ são encaminhados ao abrigo de resíduos, onde aguardam a coleta por parte da empresa contratada. Estes frascos incluem recipientes plásticos e de vidro de diferentes formatos e volumes, como pode ser visto na Figura 4a (disposição de resíduos na sala 106 do bloco 3, da UFFS) e na Figura 4b (disposição de resíduos no abrigo de resíduos).

A presença de um estoque de resíduos dentro do laboratório prevê o descarte imediato ao final da realização dos experimentos das aulas práticas e também em atividades de pesquisa. Para tanto é necessário à presença de diversos frascos de coleta devidamente identificados e que atendam a necessidade da aula proposta.

Figura 4 - (a) Disposição de resíduos na sala 106 do bloco 3, da UFFS. (b) Disposição de resíduos no abrigo de resíduos.

(a)



(b)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verificou-se a disposição e a rotulagem dos recipientes de resíduos no laboratório 3 nas salas 106 e 113 utilizadas para as aulas de Química Geral, Analítica, Físico-Química e Inorgânica. Observou-se que alguns frascos não possuíam rótulos, mas estavam identificados com escritas a caneta permanente. Nos frascos rotulados, observou-se que a rotulagem segue um modelo padronizado proposto pelo plano de gerenciamento da UFFS – *Campus Cerro Largo*, o qual pode

ser observado na Figura 5, porém destaca-se que esta rotulagem é usada, somente, quando o recipiente é encaminhado ao abrigo de resíduos. Dentro dos laboratórios os frascos são rotulados como: resíduos orgânicos não-halogenados, resíduos halogenados, resíduos inorgânicos, resíduos básicos, resíduos ácidos, resíduos sólidos e outros resíduos inorgânicos perigosos. Juntamente aos recipientes encontra-se uma ficha (anexo III) para os professores, estudantes e/ou técnicos descreverem o resíduo que está descartando e também uma lista de compatibilidade (anexo IV). O objetivo desta lista é um direcionamento para o descarte evitando a mistura e armazenamento de substâncias incompatíveis entre si, o que ocasionaria reações indesejadas com risco de liberação de gases com expansão de volume e derramamento.

Figura 5 - Rótulo que está sendo utilizado para identificação dos resíduos químicos.

Classe de Risco/descrição: 3 INFLAMÁVEL	 UFFS Universidade Federal Fronteira Sul Coordenação De Laboratórios Cerro Largo/RS	 RISCO QUÍMICO
Resíduo: ETANOL	Quantidade: 200 g	
Nº ONU: 1170	Data: 16/05/2015	
Laboratório: LABORATÓRIO DE BIOTECNOLOGIA Responsável: XXXXXX E-mail/Telefone: 33221010		

Fonte: JUSTI *et al*, 2015

5.2 FORMA DE RECOLHIMENTO DOS RESÍDUOS

A UFFS terceiriza mediante contrato de prestação de serviços a coleta e tratamento e destinação final de resíduos, isso gera custos para universidade. No ano de 2016 a empresa Servioest Soluções Ambientais Ltda foi contratada através do PE 33/2016, esta cobra três reais e sessenta centavos por quilo de resíduo.

No segundo semestre de 2016 foi gerado 226 Kg de resíduos químicos totalizando um valor gasto em torno de 810,00 reais, já no primeiro semestre de 2017 foi gerado em torno de 200 Kg de resíduos químicos, somente pelos laboratórios de química, totalizando assim um gasto de 720,00 reais.

5.3 CONSULTA INFORMAL COM OS DOCENTES DO CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA UFFS *CAMPUS* CERRO LARGO-RS

A consulta informal feita com os docentes foi realizada mediante um questionário que foi enviado por e-mail, o mesmo continha as seguintes questões:

1. Em sua opinião a maneira como os resíduos estão dispostos no laboratório está adequada?
2. Ao verificarmos os resíduos nos laboratórios 105, 106 e 113, percebemos que os mesmos estão acompanhados de uma tabela de compatibilidade e um formulário para preenchimento por parte dos professores. Você conhece estes documentos? Os utiliza? Acha necessário?
3. Para fazermos o tratamento dos resíduos precisamos classificá-los. Na proposta do TCC, por se tratar dos resíduos das aulas de analítica, a melhor classificação seria: Resíduos de ácidos; Resíduos de bases, Resíduos de metais, Resíduos de metais pesados, Resíduos de complexometria, Resíduos de nitrato de prata, Resíduos de permanganato, Resíduos de sulfetos. Esta classificação atenderia a sua necessidade? Em caso negativo, sugira a classificação necessária.
4. Da questão anterior percebe-se que o número de frascos com resíduos dentro do laboratório seria grande, sendo assim, pensamos em deixar os frascos no almoxarifado e adicionar um item no formulário de reserva (utilizado para as aulas) onde se solicite também o frasco adequado de resíduo. Você julga isso adequado?
5. O laboratório 105 é de química orgânica, solicitamos aos professores usuários deste laboratório ou mesmo de outro laboratório (quando em aula de química orgânica) que sugiram a melhor classificação de resíduos?
6. Tendo em vista essa proposta de TCC, deixe a sua sugestão.

Da análise das respostas presentes no questionário observou-se: na questão 1 que a maioria dos professores não estão satisfeitos com a maneira com que os resíduos estão dispostos, e que deve ser realizadas melhorias na segregação a fim de facilitar um futuro tratamento dos resíduos. Na questão 2, percebe-se que alguns professores têm conhecimento e fazem uso dos formulários e da tabela de compatibilidade, os mesmos acham esses documentos importantes, pois consideram estes necessários para quem não tem conhecimento do correto descarte dos resíduos, outros desconhecem esses formulários e, portanto, não fazem uso. Na questão 3, a classificação dos resíduos para descarte, atenderia

parcialmente, pois alguns resíduos precisam ser melhor segregados. Na questão 4, alguns professores concordam com a proposta e já solicitam frascos extras, no caso da aula gerar algum resíduo diferente, e outros discordam e dizem que causará mais burocracia para utilizar os laboratórios. Na questão 5, referente ao laboratório de orgânica, foi proposto deixar um frasco de cada tipo de resíduo e caso gerar uma grande quantidade, solicitar um frasco maior, além de disponibilizar frascos de resíduos orgânicos nos outros laboratórios.

A questão 6, os professores deixaram suas sugestões a fim de qualificar o trabalho, frisando que o tema é de grande importância, sendo que a maioria das instituições já possuem um programa de gerenciamento, além disso, propuseram a criação de uma apostila com procedimentos para tratamento dos resíduos. E destacaram a necessidade de minimizar, reutilizar e reaproveitar os resíduos sempre que possível.

Portanto, percebe-se através dos questionários que a maneira na qual os resíduos estão sendo dispostos atualmente nos laboratórios não está totalmente adequada à rotina dos mesmos, além disso, percebe-se que os professores ainda não estão habituados com documentos dispostos no laboratório sendo que alguns nem fazem uso do mesmo. Com isso, compreende-se a necessidade de melhorias tanto no esclarecimento dos usuários dos laboratórios (docentes, discentes, técnicos) sobre os formulários e registros existentes, quanto na disponibilidade de maior número de frascos para melhor segregação dos resíduos facilitando o futuro tratamento.

5.4 INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA QUALITATIVA E QUÍMICA QUANTITATIVA

Como forma de quantificar os resíduos gerados nas aulas experimentais de Química Qualitativa e Química Quantitativa, sendo que estes componentes curriculares (CCR) costumam gerar maior volume de resíduos [FARIAS, 2013], utilizou-se a identificação dos reagentes através dos formulários de reserva de laboratório (modelo no anexo I), no período do segundo semestre de 2016 e primeiro semestre de 2017.

Foram analisados todos os formulários que continham os reagentes que foram utilizados em cada aula experimental, e assim se estimou-se o volume gasto

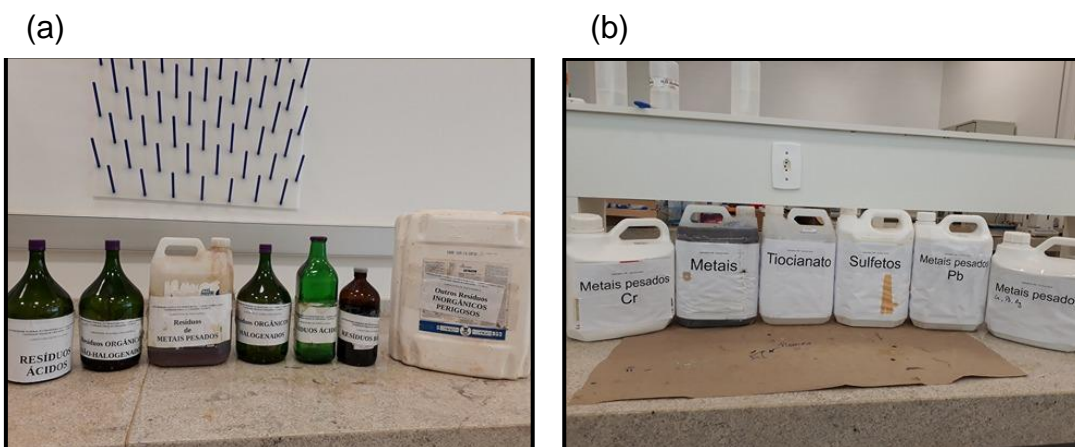
dos mesmos. Percebeu-se que nas aulas de Química Qualitativa (Tabela 1) utiliza-se maior número de reagentes e que as soluções preparadas apresentam concentração maior e volume menor se comparado com o CCR de Química Quantitativa, totalizando uma quantia em torno de 25,45 L, de reagentes utilizados. Ainda considerando o CCR de Química Qualitativa, os resíduos gerados apresentaram volumes maiores que os reagentes solicitados, pois há a necessidade de um maior número de lavagens das vidrarias utilizadas em virtude da maior concentração das soluções. Já na disciplina de Química Quantitativa (Tabela 2) utilizou-se um menor número de reagentes e soluções de menores concentrações preparadas em maior volume, totalizando um volume de 21,1 L, logo este componente curricular gera grandes volumes de resíduos de concentração mais diluídas quando comparado ao de Química Qualitativa.

5.5 PROPOSTA DE SEGREGAÇÃO PARA AULAS DE QUÍMICA COM ENFOQUE NA ANALÍTICA

Após verificar a situação dos recipientes de coleta de resíduos dos laboratórios, percebeu-se que precisavam ser realizadas algumas melhorias na segregação dos resíduos, gerados nas aulas de Química Qualitativa e Quantitativa, visando tornar mais fácil o tratamento dos mesmos. Assim, procedeu-se a padronização do número de frascos e a escrita de rótulos em grafia maior, bem como a disponibilidade de papéis de filtro e funis ao lado de cada frasco onde se fazia necessário.

Realizadas estas melhorias, observou-se que o maior número de frascos, contribuiu para evitar misturas que inviabilizam o tratamento, que a rotulagem em grafia maior evita misturas por engano ou distração e também que em experimentos que envolvem reações de precipitação a utilização de funil com papel de filtro no gargalo do frasco de resíduos minimiza o tempo de tratamento futuro. Constatadas estas possibilidades de melhoria, buscou-se organizar a segregação desta maneira para a turma de Química Qualitativa que está atualmente cursando este componente curricular, como podem ser observadas nas Figuras 6 (a) e 6 (b). Segundo relatos da professora, que ministra o CCR, o maior número de frascos disponíveis no laboratório e o esclarecimento dos alunos sobre a disposição dos resíduos vêm facilitando o processo de segregação e evitando as misturas indesejadas.

Figura 6 - (a) Disposição dos resíduos químicos atualmente no laboratório. (b) Proposta de disposição dos resíduos químicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém observou-se nos CCRs de Química Qualitativa (Tabela 1) e de Química Quantitativa (Tabela 2) o uso de metais pesados, principalmente o cromo. Estes requerem cuidados especiais devido ao seu potencial tóxico. O Cr, por exemplo, precisa ter seu estado de oxidação reduzido de IV à III antes de qualquer processo de tratamento, visto que neste estado sua toxicidade é menor.

5.6 TRATAMENTOS DOS RESÍDUOS DE CROMO

No abrigo de resíduos da UFFS havia cinco frascos de resíduos de cromo, as soluções apresentavam precipitados e cores preto, vermelho, cinza e branco. Estes foram levados ao laboratório e despejados em baldes que estavam dispostos nas capelas, uma alíquota foi coletada de cada balde para a determinação de Cr por FAAS, estas alíquotas precisaram ser filtradas antes da análise para evitar entupimento no capilar de aspiração de amostra do instrumento.

Posteriormente iniciou-se o tratamento, ao resíduo contendo a mistura de cromo III e VI foi adicionado H_2SO_4 até atingir um pH ácido, determinado com papel indicador. Após foi adicionado KI para reduzir o Cr (VI) a Cr (III), reação que se dá com mudança de coloração, até atingir a cor âmbar esverdeado ou vermelho (Figura 7 a). Para precipitar o cromo III, adicionou-se NaOH, sempre mexendo com um bastão de vidro (Figura 7 b). O pH da solução final foi elevado a 9,0, por ser o ponto “ideal” de precipitação do Cr (III) na forma de $Cr(OH)_3$ ($K_{ps}=6,3 \times 10^{-31}$).

Posteriormente, a solução ficou em repouso para a decantação dos sólidos. Então, os resíduos precipitados foram filtrados. Em uma alíquota retirada deste realizou-se o teste com NaOH para verificar se a precipitação cessou e, então, coletou-se alíquotas para a determinação de Cr por FAAS. Após os sobrenadantes foram neutralizados, com HCl comercial (ácido muriático), e descartados na pia. Os precipitados retidos no papel de filtro foram secos em estufa e descartados no “Resíduo Químico” para a coleta por parte da empresa contratada.

Logo abaixo a sequência de reações, representadas pelas equações 2 e 3, envolvidas no tratamento do resíduo de cromo [VOGEL, 1992].

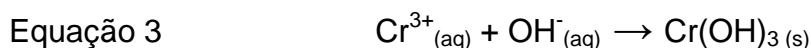
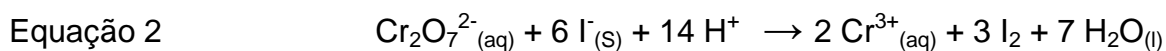


Figura 7- (a) Resíduo de cromo III, quando atingiu a cor vermelha devido a mudança no estado de oxidação.(b) Resíduo, depois de adicionado NaOH.

(a)



(b)



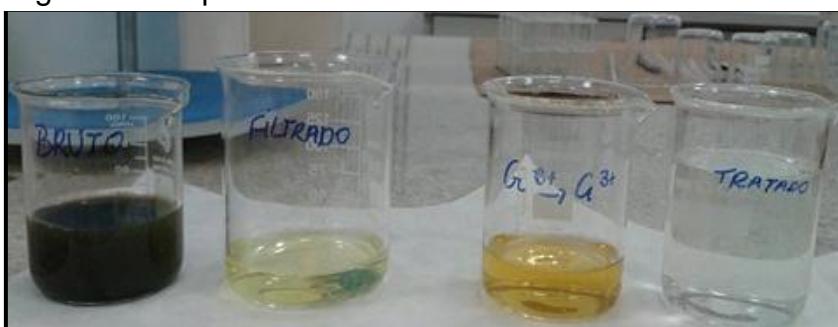
Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, percebe-se que o tratamento utilizado para o resíduo de cromo é uma alternativa de fácil realização, pois os reagentes são de fácil acesso, como a soda cáustica comercial (NaOH) e o ácido muriático (HCl) facilmente encontrados em mercado ou lojas de produtos para limpeza de pedras de piscina. Contudo houve algumas dificuldades no processo de tratamento, uma delas foi ajustar o pH para neutralizar a solução que seria descartada no esgoto comum. Além disso, alguns

resíduos precisaram ser filtrados antes do tratamento o que é um processo demorado, por se tratar de uma grande quantidade de resíduo.

Na Figura 8 podem ser observadas todas as etapas que foram realizadas para o tratamento do resíduo de cromo VI. No béquer (a) observa-se o resíduo contendo cromo VI e III, no (b) o filtrado do resíduo bruto, no (c) a solução em que foi realizada a redução do cromo VI ao cromo III e o (d) o resíduo tratado, pronto para ser neutralizado.

Figura 8 - Etapas do tratamento do resíduo contendo cromo VI.

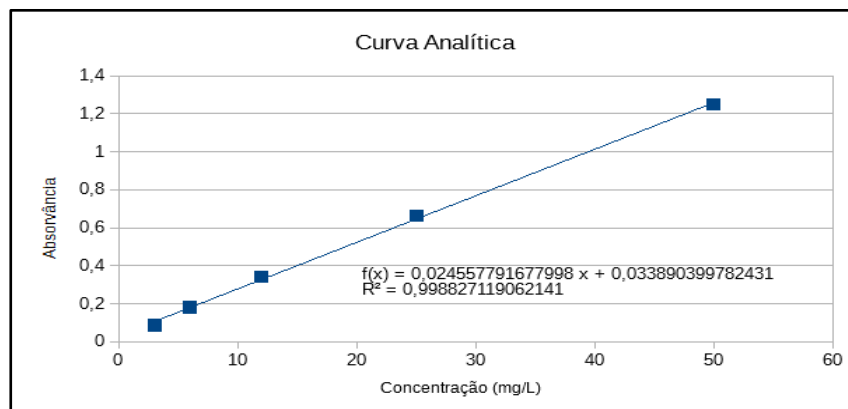


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.7 DETERMINAÇÃO DE CROMO POR FAAS

Escolhido o comprimento de onda e ajustados os parâmetros da chama, para a determinação de Cr, foram realizadas a determinação dos padrões para a construção da curva de calibração. A calibração realizada foi por padrão externo, nesta os padrões são preparados separadamente da amostra, devendo ter composição e propriedades físicas que se aproximam das amostras em análise. Padrões externos são utilizados para calibrar instrumentos e procedimentos quando não há efeitos de interferência de componentes da matriz na solução do analito (SKOOG *et al.*, 2005). Sendo assim, foram preparadas soluções padrões em concentrações de 3,00; 6,00; 12,00; 25,00 e 50,00 mg/L. Através da avaliação visual da Figura 9, e do coeficiente de determinação (R^2) é 0,9988, ou seja, próximo a 1, o que é considerado adequado para a curva de calibração na faixa de trabalho selecionada.

Figura 9 - Curva de calibração para o cromo, faixa de trabalho de 3,00 – 50,00 mg/L



Fonte: Elaborado pelo autor.

Alíquotas do resíduo foram analisadas pré e pós-tratamento de resíduos. As alíquotas antes do processo de tratamento necessitaram de filtragem, pois havia risco de entupimento do capilar do equipamento de absorção atômica. As amostras de resíduo filtradas foram denominadas RF e as de resíduo tratado de RT. Na tabela 4 podem ser observados os resultados das análises.

Tabela 4 - Concentração de Cr (VI) antes (RF) e após (RT) o tratamento de precipitação e neutralização.

Amostras	Concentração (mg/L)	RSD (%)
RF-01	1,071	6,44
TR-01	ND*	
RF-02	64,034	1,602
TR-02	2,905	3,24
RF-03	0,885	4,05
TR-03	ND*	
RF-04	65,332	1,6
TR-04	1,518	0,023
RF-05	18,195	2,14
TR-05	4,392	0,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

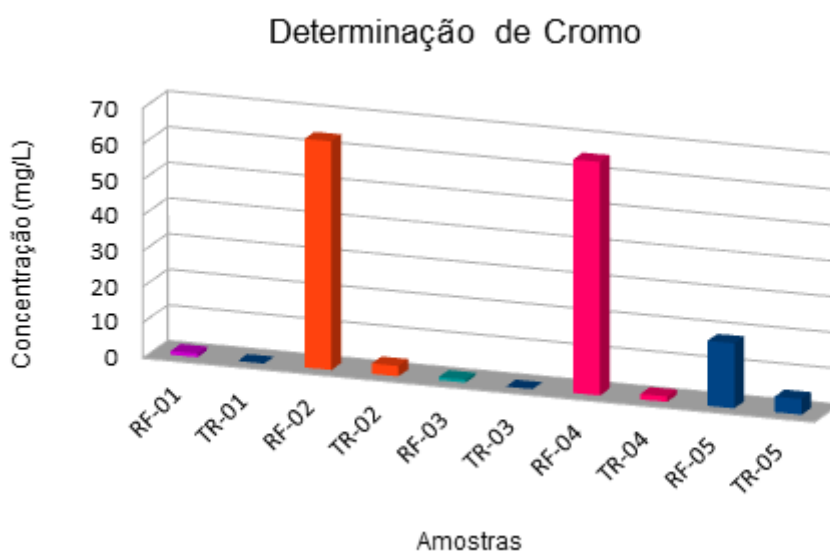
*ND= não determinado.

Na tabela 4, observa-se os valores das concentrações dos resíduos que foram filtrados (pré-tratamento) e tratados (pós-tratamento). A análise destes foi realizada por FAAS para verificar a eficiência do tratamento realizado no presente trabalho.

Verificou-se que houve eliminação total do cromo em apenas duas amostras (R-01 e R-03), ou seja, uma redução de 100 % da concentração de cromo no resíduo.

O resíduo de código R-02 passou da concentração 64,034 mg/L para 2,905 mg/L depois de tratado, assim percebe-se uma redução na concentração de cromo no resíduo de 95,46 %. Já o de código R-04 passou de 65,332 mg/L para 1,516 mg/L, ou seja, também teve se uma redução significativa na concentração, de 97,68 %. No R-05 a concentração também diminuiu, o resíduo apresentava inicialmente 18,195 mg/L e após o tratamento passou a ter 4,392 mg/L, ou seja, redução de 75,86 %. A Figura 10 faz a comparação dos resultados obtidos para o cromo pré e pós tratamento.

Figura 10 - Comparação das concentrações de Cr antes e após o tratamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os dados desta figura, percebe-se que a concentração de Cr dos resíduos diminuiu consideravelmente após o tratamento. Isso indica que o tratamento foi eficiente. Porém, os resíduos de códigos R- 02, R-04 e R- 05, apesar de terem redução significativa, ficaram com concentrações acima do permitido pelo CONAMA [2011] que estabelece como teor máximo 1,0 mg/L de Cr (III) para lançamento de efluentes.

Segundo Bento e Paim (2014), resíduos de chumbo e cromo podem ser descartados na pia, mesmo que ultrapassem um pouco os teores de concentração

estabelecidos pelo CONAMA [2011], porém precisarão passar por diluição prévia ao descarte. Já os resíduos de códigos (R-01 e R-03) por terem remoção de 100% podem ser lançados após serem neutralizados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se com este trabalho, que a maneira com que os resíduos vêm sendo segregados e dispostos nos laboratórios necessitam de melhorias. Percebe-se, também, que até mesmo entre os professores não há total esclarecimento sobre a disposição dos mesmos e sobre o preenchimento de formulários e verificação de tabelas que tratam de compatibilidades e que acompanham os frascos de acondicionamento presentes no laboratório. Ainda não há consenso sobre a melhor maneira de realizar esta melhoria sem burocratizar mais o processo.

Verificou-se que em muitos frascos de acondicionamento houve misturas que dificultam ou até mesmo inviabilizam o tratamento.

Por ser um trabalho que partiu dos componentes curriculares de Química analítica, buscou-se catalogar os reagentes utilizados na Química Qualitativa e na Química Quantitativa como uma forma de prever a quantidade e os tipos de resíduos gerados e, assim, propor uma nova forma de segregação. Esta vem sendo aplicada neste semestre 2017/2 com a turma de qualitativa. Segundo relatos da professora, que ministra esta disciplina, a nova forma de organização e o esclarecimento prévio dos alunos vêm facilitando o processo de descarte e acondicionamento correto dos resíduos e minimizando as misturas indesejadas.

O trabalho também buscou empregar um procedimento de tratamento de resíduos para o cromo. De acordo com os resultados obtidos, nas determinações realizadas por FAAS, verificou-se que foi possível reduzir consideravelmente a concentração deste metal nos resíduos tratados.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: 2004 .

ABNT .**NBR 7500**: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro : 2003.

ABREU, D.G. ; IAMAMOTO, Y. **Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química: formação profissional com responsabilidade ambiental**. Química Nova, Vol. 26, No.4, p. 582-584, 2003

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais : recuperação de elementos e preparo para descarte final**. Química Nova, Vol. 26, No. 4, 602-611, 2003.

Allen, R. O. **“Waste disposal in the Laboratory: Teaching Responsibility and Safety”**, J. Chem. Educ. 1983.

ANVISA. **Agência nacional de vigilância sanitária**. Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6>. Acessado em 03/11/2017

AGUIAR, M. R. M. P. ; NOVAES, A. C. . **Remoção de metais pesados de efluentes por aluminossilicatos**. Química Nova, Vol. 25, Nº 6B, 1145-1154, 2002.

BORGES, M.S.; NASCIMENTO, R.F.S.; AINDA,A.;KRAFT, P.B. .**Tratamento de resíduos galvânicos de laboratório da Universidade Federal do Paraná**. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2 a 5 de outubro de 2005, Salvador.

BENTO, W. A. S.;PAIM, A. P. S. **Tratamento dos resíduos de cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio gerados em laboratório de ensino de Química da UFPE**. Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. II N.1 Jan/Abr. 2015.

CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. . **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro : Elsevier, 2013.

CRQB – Comissão de Resíduos Químicos e Biológico. UNIFESP – Diadema, 2010. Disponível em <<http://comissaounifespdiadema.webnode.com/>>. Acessado em 04/11/2017

CONAMA. 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, 17 de março de 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, p.89, 16 maio 2011.

Di VITTA, Patrícia Busko. **Resíduos de Laboratório – Como segregar, armazenar e destinar corretamente**. Setor técnico de tratamento de resíduos químicos e solventes instituto de química – USP, 2011.

FARIAS, E. P. de. **Gerenciamento dos resíduos gerados nas disciplinas de química analítica do curso de química da UFPR inventário, minimização, recuperação e redução**. Dissertação de mestrado - UFPR , 2013.

FERREIRA, E. F. **Plano de gerenciamento de resíduos (PGR) do Instituto de Química**. UNICAMP. Disponível em <<http://www.iqm.unicamp.br/sites/default/files/Plano%20de%20Gerenciamento%20de%20res%C3%ADduos.pdf>>. Acesso em 11/10/2017

FERREIRA, A. F. B.; ARAUJO, D. M. F.; DAMASCENO, L. F. **Gerenciamento de resíduos químicos nos laboratórios da EMBRAPA Amapá**. 14^o Encontro de Profissionais da Química da Amazônia, 2015.

GERBASE, A. E.; GREGÓRIO, J. R.; CALVETE, T. **Gerenciamento dos resíduos da disciplina química inorgânica II do curso de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Química Nova , Vol. 29, N^o. 2, 397-403, 2006.

GROMBONI, C. F.; MATOS, W. O.; DONATI, G. L.; NEVES, E. A.; NOGEIRA, A. R. A.; NÓBREGA, J.A. **Avaliação de alternativas para tratamento de resíduo contendo cromo hexavalente**. 29^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – SBQ , 2006.

GOMES, M.G. ; BORGES, S.Sá; JÚNIOR, A. E. C.; SILVA, R. S.; SILVA, F. J. ; OLIVEIRA, S.N. **Tratamento, recuperação e reaproveitamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino da UFC**. Revista Universo e Extensão, Vol. 1, No 1, 2013.

JARDIM, W.F., **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa**. Química Nova, 1998.

JUSTI, R.; DUGATTO, J.S.; MEA, A. R. D. ; ROSSINI, N. **Plano de Gerenciamento de Resíduos dos Laboratórios da UFFS Campus Cerro Largo**. 2015. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional – plano).

KRUG, F.J.; NOBRÉGA, J.A.; OLIVEIRA, P.V. **Espectrometria de absorção atômica. Parte 1: Fundamentos e atomização com chama**. 2004. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/AAS-geral-parte-1-revisada.pdf>. Acesso em: 19 out. 2017.

LASSALI, T. A. F. **Gerenciamento de resíduos químicos normas e procedimentos**. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.

MAGRIN, C. P., THEISEN, R. LIMA, F. O., **Gerenciamento de resíduos químicos das aulas experimentais de química analítica quantitativa**. XVI Encontro Paranaense de Educação Ambiental – EPEA, UFPR, 2017.

MACHADO, P. F.L.; MÓL, G. de S., **Resíduos e rejeitos de aulas experimentais: o que fazer?** Química nova na escola, Nº 29, agosto 2008.

MEDINA, A. F., SANTOS, D. F. dos, BRITO, N. N. de. . **Gerenciamento de resíduos em aulas práticas de química**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, Vol.7, Nº 3, p. 012-020, jul./set. 2010.

MICARONI, R. C.C. M.; BUENO M. I. M. S.; JARDIM, W. F. **Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da Unicamp**. Tese – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, 2002.

MISTURA, C. M.; VANIEL, A. P. H.; LINCK, M. R. . **Gerenciamento de resíduos dos laboratórios de ensino de química da Universidade de Passo Fundo, RS**. Revista CIATEC – UPF, VOL. 2 (1). P.P. 54-64, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. A. **Implementação do programa de gerenciamento de resíduos químicos: caso da Universidade Federal de Lavras**. Lavras – MG, 2012

PAGNO, V.; SALAPATA, A.; SCHMITZ, E.P.S; CABRERA, L.C. **Levantamento de resíduos de laboratórios, propostas de atividades experimentais e ações com foco em Química Verde** . ACTIO, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 80-96, jul./set. 2017

REIS, P. M. **Gerenciamento de resíduos químicos nas Universidades Federais Brasileira**. Universidade Federal de São João del-Rei – Coordenadoria do curso de Química. São João del-Rei, 2014.

SOARES, R. S. ; OLIVEIRA, A.C. C. de.; SANTOS, S. S.; SANTOS, W. M.; VASCONCELOS, N. S. L. S. **Gerenciamento e tratamento de resíduos de cromo (Cr)**. 53° Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro / RJ, de 14 a 18 de 2013.

SOUZA, T. M.; SACZK, A. A.; MAGRIOTIS, Z. M.; PEREIRA, R. A.; PINTO, F. M.; FERREIRA, A. F. F.; ANDRADE, T. C. **Recuperação e Aplicação do Dicromato de Potássio Proveniente do Resíduo de Sulfocrômica**. Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (2), 453-466.

SILVA, T. T. de L.; COSTA, E. C. S.; SANTOS, C. P. F. **Tratamento e recuperação de resíduos de chumbo e íons cromato gerados no laboratório de ensino de química analítica do centro de educação e saúde da universidade federal de campina grande**. 5° Congresso norte-nordeste de química e 3° encontro norte-nordeste de ensino de química. 08 a 13 de abril de 2013, em Natal (*Campus da UFRN*).

SILVA, A.F., SOARES, T. R. S., AFONSO, J. C., **Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio**. Química Nova na Escola, Vol. 32, Nº 1, fevereiro 2010.

SILVA, E. O., SANTIAGO, M.F., SANTOS, B. C., **Manejo de resíduos químicos UFG**. Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil, 2013. Disponível em <https://residuos.farmacia.ufg.br/up/705/o/Manejo_de_res%C3%ADduos_qu%C3%AADmicos.PDF>. Acesso em: 11/10/2017

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Thomson. 8. ed. São Paulo, 2005.

TOLEDO, A. C. T. de.; LEO, V. M. M., **Gerenciamento de resíduos químicos: uma experiência de aprendizagem em aulas de laboratório em ensino superior**. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) , UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Curitiba.

Universidade Estadual Paulista – Unesp. **Instruções para Armazenamento e rotulagem de resíduos químicos gerados da FCAV**. Julho de 2017, Jaboticabal – SP.

VIEIRA, L. H. e S., CANGANE, F. Y., BORGES, S. da S. S., CASTILHO, M. das G. G., **Tratamento e reutilização de resíduos laboratoriais gerados nas aulas experimentais de química analítica qualitativa.** 31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2008

VITOR, A.A., FREIRE, G.R., AMARAL, L. C. S. **Tratamento de resíduos contendo íons cromo (III) em solução.** 48º Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXO I

Formulários de solicitação de reserva de espaços/equipamentos/materiais de consumo dos laboratórios didáticos.



Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo
Coordenação Acadêmica / Setor de Laboratórios

**Solicitação de reserva de espaços/equipamentos/materiais de consumo
dos laboratórios didáticos**

Professor:

Disciplina:

Curso: Química Licenciatura

Aula Experimental:

Nº de alunos (máx. 25):

Nº de grupos (máx. 5):

Data¹:

Espaço e/ou material a ser reservado²:

Especifique o laboratório:

Considera necessária a presença do técnico para auxílio durante a execução da aula?

() Sim

() Não

A aula prática precisa ser previamente testada?

() Não (mínimo de 3 dias úteis de antecedência)

() Sim** e gostaria de acompanhar, preferencialmente no dia: às

() Sim** entretanto minha presença é dispensável

A aula prática possui protocolo/roteiro³:

() Sim – encaminhar junto ao formulário () Não

Haverá geração de resíduos durante a aula⁴?

() Sim () Não

Vidraria (por grupo)		Material de consumo (por grupo) (reagentes, soluções, lâminas, etc.)		Equipamento	
Quant.	Material	Quant.	Material	Quant.	Material

Professor

1 No caso de datas e horários múltiplos para a mesma aula/atividade (caso de mais de uma turma), favor acrescentar. O cancelamento/adiamento da aula/atividade deverá ser informado aos técnicos de laboratório.

2 Em caso de uso para pesquisa, a disponibilidade está vinculada ao fato de não existir agendamento prévio para uso em atividades de ensino.

3 Na ausência do protocolo/roteiro e deste formulário, o professor poderá agendar tão somente a utilização do espaço, não havendo garantia de preparo/montagem/disponibilização dos materiais.

4 Os resíduos gerados durante a execução das aulas práticas deverão ser separados e identificados.

5 Quando o formulário for entregue impresso (preenchido manualmente ou digitado, devidamente assinado) deverá ser, acompanhado do protocolo/roteiro da aula. Quando o formulário for enviado por e-mail, o protocolo/roteiro deverá ser anexado.

ANEXO II

Questionário proposto

Professor (a): _____
Área: _____
Laboratório que utiliza (105, 106, 107e/ou 113): _____

Proposta de TCC: **Tratamento de resíduos das aulas de química analítica**

Prezados professores

Meu trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como proposta desenvolver metodologias para o tratamento de resíduos gerados nas aulas de química analítica, minha orientadora é a professora Marlei Veiga dos Santos.

Da pesquisa inicial verificou-se que os resíduos gerados pelos laboratórios da UFFS estão sendo dispostos em frascos presentes nos laboratórios. Há uma empresa contratada por pregão (PE) que vem buscar mensalmente estes frascos, isso gera custos para universidade. No ano de 2016 a empresa Servioest Soluções Ambientais Ltda foi contratada através do PE 33/2016, esta cobra três reais e sessenta centavos por quilo de resíduo. No primeiro semestre de 2017 foi gerado em torno de 200 Kg de resíduos pelos laboratórios de química, totalizando assim um gasto de setecentos e vinte reais. Além da questão de custo, há a preocupação ambiental, visto que não sabemos como a empresa faz a disposição e o tratamento. Também temos a ciência que somos responsáveis pelos resíduos que geramos. Pretendemos, portanto, classificar os resíduos de forma a facilitar o tratamento, visto que a forma como vem sendo misturados só objetiva a disposição, ou seja, muitas vezes dificulta ou inviabiliza o tratamento.

Pretendesse que o tratamento de resíduos não seja apenas realizado durante este TCC, visamos elaborar um projeto de extensão institucionalizado na universidade de forma que o tratamento tenha seguimento em todos os semestres. Devido a idealização do projeto de extensão resolvemos não ficar somente na área da analítica, sendo assim, elaboramos um questionário para saber se a maneira proposta atenderá a necessidade de cada área/professor.

QUESTIONÁRIO PARA OS PROFESSORES.

1. Em sua opinião a maneira como os resíduos estão dispostos no laboratório está adequada?
2. Ao verificarmos os resíduos nos laboratórios 105, 106 e 113, percebemos que os mesmos estão acompanhados de uma tabela de compatibilidade e um formulário para preenchimento por parte dos professores. Você conhece estes documentos? Os utiliza? Acha necessário?
3. Para fazermos o tratamento dos resíduos precisamos classificá-los. Na proposta do TCC, por se tratar dos resíduos das aulas de analítica, a melhor classificação seria: Resíduos de ácidos; Resíduos de bases, Resíduos de metais, Resíduos de metais pesados, Resíduos de complexometria, Resíduos de nitrato de prata, Resíduos de permanganato, Resíduos de sulfetos. Esta classificação atenderia a sua necessidade? Em caso negativo, sugira a classificação necessária.
4. Da questão anterior percebe-se que o número de frascos com resíduos dentro do laboratório seria grande, sendo assim, pensamos em deixar os frascos no almoxarifado e adicionar um item no formulário de reserva (utilizado para as aulas) onde se solicite também o frasco adequado de resíduo. Você julga isso adequado?
5. O laboratório 105 é de química orgânica, solicitamos aos professores usuários deste laboratório ou mesmo de outro laboratório (quando em aula de química orgânica) que sugiram a melhor classificação de resíduos?
6. Tendo em vista essa proposta de TCC, deixe a sua sugestão.

ANEXO III

Tabela de controle de resíduos químicos

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Orgânica – Solventes Halogenados

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química geral – Resíduos ácidos

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Orgânica – Resíduos aquosos

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Orgânica – Resíduos de etanol

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

--

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Físico-Química – Resíduos metais pesados

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

--

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Geral – Resíduos básicos

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Geral – Metais pesados em solução

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Físico-Química – Resíduos sólidos

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Lab. Química Geral – Resíduos inorgânicos perigosos

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS CERRO LARGO
Coordenação Adjunta de Laboratórios – CLAB

Tabela de controle de resíduos químicos – Laboratório 114

Data da geração	Composição	Quantidade	Responsável	Assinatura do Responsável

Informações Importantes

- * A responsabilidade pela segregação dos resíduos é de quem os gerou.
- * Composição do resíduo: destacar o de maior periculosidade.
- * Caso for misturar resíduos químicos, verifique a incompatibilidade.
- * Volume máximo de armazenamento: 2/3 da capacidade do recipiente.
- * Data de encerramento: data em que o recipiente foi fechado (com o volume máximo).

Data do encerramento

ANEXO IV

Lista de substâncias incompatíveis.

LISTA DE SUBSTÂNCIA INCOMPATÍVEIS	
SUBSTÂNCIA	INCOMPATÍVEL COM: (Não devem ser armazenadas ou misturadas com)
Acetona	Ácido nítrico (concentrado); Ácido sulfúrico (concentrado); Peróxido de hidrogênio.
Acetonitrila	Oxidantes, ácidos.
Ácido Acético	Ácido crômico; Ácido nítrico; Ácido perclórico; Peróxido de hidrogênio; Permanganatos.
Ácido clorídrico	Metais mais comuns; Aminas; Óxidos metálicos; Anidrido acético; Acetato de vinila; Sulfato de mercúrio; Fosfato de cálcio; Formaldeído; Carbonatos; Bases fortes; Ácido sulfúrico; Ácido clorossulfônico.
Ácido clorossulfônico	Materiais orgânicos; Água; Metais na forma de pó.
Ácido crômico	Ácido acético; Naftaleno; Cânfora; Glicerina; Álcoois; Papel.
Ácido fluorídrico (anidro)	Amônia (anidra ou aquosa).
Ácido nítrico (concentrado)	Ácido acético; Acetona; Álcoois; Anilina; Ácido crômico.
Ácido oxálico	Prata e seus sais; Mercúrio e seus sais; Peróxidos orgânicos
Ácido perclórico	Anidrido acético; Álcoois; Papel; Madeira.
Ácido sulfúrico	Cloratos; Percloratos; Permanganatos; Peróxidos orgânicos.
Metais alcalinos e alcalino-terrosos (como o sódio, potássio, lítio, magnésio, cálcio)	Dióxido de carbono; Tetracloreto de carbono e outros hidrocarbonetos clorados; Quaisquer ácidos livres; Quaisquer halogênios; Aldeídos; Cetonas; NÃO USAR ÁGUA, ESPUMA, NEM EXTINTORES DE PÓ QUÍMICO EM INCÊNDIO QUE ENVOLVAM ESTES METAIS. USAR AREIA SECA.
Álcool amílico, etílico e metílico.	Ácido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido fosfórico.
Álquil alumínio	Hidrocarbonetos halogenados; Água.
Amideto de sódio	Amideto de sódio Ar; Água.
Amônia anidra	Amônia anidra Mercúrio; Cloro; Hipoclorito de cálcio; odor.
Anidrido acético	Ácido crômico; Ácido nítrico; Ácido perclórico; Compostos hidroxilados; Etileno glicol; Peróxidos; Permanganatos; Soda cáustica; Potassa cáustica; Aminas.

Anidrido maléico	Hidróxido de sódio; Piridina e outras aminas terciárias.
Anilina	Ácido nítrico; Peróxido de hidrogênio.
Azidas	Ácidos.
Benzeno	Ácido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido fosfórico; Ácido nítrico concentrado; Peróxidos.
Bromo	Amoníaco; Acetileno; Butadieno ; Butano; Metano; Propano; Outros gases derivados do petróleo; Carbonato de sódio; Benzeno; Metais na forma de pó; Hidrogênio.
Carvão ativo	Hipoclorito de cálcio; Todos os agentes oxidantes.
Cianetos	Ácidos
Cloratos	Sais de amônio; Ácidos; Metais na forma de pó; Enxofre; Materiais orgânicos combustíveis finamente -divididos
Cloreto de mercúrio	Ácidos fortes; Amoníaco; Carbonatos; Sais metálicos; Álcalis fosfatados; Sulfitos; Sulfatos; Bromo; Antimônio.
Cloro	Amoníaco; Acetileno; Butadieno; Butano; Propano; Metano; Outros gases derivados do petróleo; Hidrogênio; Carbonato de sódio; Benzeno; Metais na forma de pó.
Clorofórmio	Bases fortes; Metais alcalinos; Alumínio; Magnésio; Agentes oxidantes fortes.
Cobre metálico	Acetileno; Peróxido de hidrogênio; Azidas.
Éter etílico	Acido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido sulfúrico; Ácido fosfórico.
Fenol	Hidróxido de sódio; Hidróxido de potássio; Compostos halogenados; Aldeídos.
Ferrocianeto de potássio	Ácidos fortes.
Flúor	Isolar de tudo.
Formaldeído	Ácidos inorgânicos.
Fósforo (branco)	Ar; Álcalis; Agentes redutores; Oxigênio.
Hidrazina	Peróxido de hidrogênio; Ácido nítrico; Qualquer outro oxidante.
Hidretos	Água; Ar; Dióxido de carbono; Hidrocarbonetos clorados.
Hidrocarbonetos (como o benzeno, butano, propano, gasolina, etc.)	Flúor; Cloro; Bromo; Ácido crômico; Peróxidos.

Hidróxido de amônio	Ácidos fortes; Metais alcalinos; Agentes oxidantes fortes; Bromo; Cloro; Alumínio; Cobre; Bronze; Latão; Mercúrio.
Hidroxilamina	Óxido de bário; Dióxido de chumbo; Pentacloreto e tricloreto de fósforo; Zinco; Dicromato de potássio.
Hipocloritos	Ácidos; Carvão ativado.
Hipoclorito de sódio	Fenol; Glicerina; Nitrometano; Óxido de ferro; Amoníaco; Carvão ativado.
Iodo	Acetileno; Hidrogênio.
Líquidos Inflamáveis	Nitrato de amônio; Ácido crômico; Peróxido de hidrogênio; Ácido nítrico; Peróxido de sódio; Halogênios.
Mercúrio	Acetileno; Ácido fulmínico (produzido em misturas etanol--ácido nítrico); Amônia; Ácido oxálico.
Nitratos	Ácidos; Metais na forma de pó: Líquidos inflamáveis; Cloratos; Enxofre; Materiais orgânicos ou combustíveis finamente divididos; Ácido sulfúrico.
Oxalato de amônio	Ácidos fortes.
Óxido de etileno	Ácidos; Bases; Cobre; Perclorato de magnésio.
Óxido de sódio	Água; Qualquer ácido livre.
Pentóxido de fósforo	Álcoois; Bases fortes; Água.
Percloratos	Ácidos.
Perclorato de potássio	Ácidos; Ver também em ácido perclórico e cloratos.
Permanganato de Potássio	Glicerina; Etileno glicol; Benzaldeído; Qualquer ácido livre; Ácido sulfúrico.
Peróxidos (orgânicos)	Ácidos (orgânicos ou minerais); Evitar fricção; Armazenar a baixa temperatura.
Peróxido de benzoíla	Clorofórmio; Materiais orgânicos.
Peróxido de hidrogênio	Cobre; Crômio; Ferro; Maioria dos metais e seus sais; Materiais combustíveis; Materiais orgânicos; Qualquer líquido inflamável; Anilina; Nitrometano; Álcoois; Acetona.
Peróxido de sódio	Qualquer substância oxidável, como etanol, metanol, ácido acético glacial, anidrido acético, benzaldeído, dissulfito de carbono, glicerina, etileno glicol, acetato de etíla, acetato de metila, furfural, álcool etílico, álcool metílico.

Potássio	Tetracloroeto de carbono; Dióxido de carbono; Água.
Prata e seus sais	Acetileno; Ácido oxálico; Ácido tartárico; Ácido fulmínico; Compostos de amônio.
Sódio	Tetracloroeto de carbono; Dióxido de carbono; Água; Ver também em metais alcalinos.
Sulfetos	Ácidos.
Sulfeto de hidrogênio	Ácido nítrico fumegante; Gases oxidantes.
Teluretos	Agentes redutores.
Tetracloroeto de carbono	Sódio.
Zinco	Enxofre.
Zircônio	Água; Tetracloroeto de carbono; Não usar espuma ou extintor de pó químico em fogos que envolvam este elemento.