

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

CARLOS HENRIQUE DO CARMO OLIVEIRA

**PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS
LABORATORIAIS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA
ANALÍTICA**

**ITUMBIARA-GO
2022**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Carlos Henrique do Carmo Oliveira

Matrícula: Carlos Henrique do Carmo Oliveira

Título do Trabalho: Proposta de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais Gerados nas Aulas Práticas de Química Analítica

Autorização - Marque uma das opções

1. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data 31/12/2023 (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☒ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 28 de junho de 2022.

Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

CARLOS HENRIQUE DO CARMO OLIVEIRA

**PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS
LABORATORIAIS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA
ANALÍTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de Concentração: Química Analítica

Orientador(a): Prof.^a. Dra. Simone Machado Goulart

Coorientador(a): MSc. Adilson Correia Goulart

ITUMBIARA-GO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48p Oliveira, Carlos Henrique do Carmo
 Proposta de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais
 gerados nas aulas práticas de Química Analítica. Carlos Henrique
 do Carmo Oliveira. -- Itumbiara, 2022.
 38 p. : il. color.

 Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) -
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
 Câmpus Itumbiara, 2022.

 Orientadora: Profa. Dra. Simone Machado Goulart
 Coorientador: MSc. Adilson Correia Goulart

 1. Química analítica 2. Resíduos perigosos 3. Laboratórios
 de química. I. Título. II. Goulart, Simone Machado. III.
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 542.1

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Eduardo Pereira Resende CRB1/3266



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

CARLOS HENRIQUE DO CARMO OLIVEIRA

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS LABORATORIAIS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA ANALÍTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química e obtenção do título de licenciado em Química.
Área de concentração: Química Analítica.

Aprovado em 14 de junho de 2022.

(Assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Simone Machado Goulart
Orientadora - IFG – Câmpus Itumbiara

(Assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Gláucia Aparecida Andrade Rezende
IFG – Câmpus Itumbiara

(Assinado eletronicamente)

Profa. Ma. Karina Vitti Klein
IFG – Câmpus Itumbiara

ITUMBIARA - GO
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- Karina Vitti Klein, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/06/2022 20:52:33.
- Gláucia Aparecida Andrade Rezende, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/06/2022 12:58:05.
- Simone Machado Goulart, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/06/2022 11:11:39.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/06/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 296438
Código de Autenticação: b8817d91bc



Dedico este trabalho aos meus professores orientadores pela paciência e carinho, em especial à professora Simone Machado Goulart, por ser uma excelente profissional, e também dedico a todos que caminharam comigo até aqui, me dando suporte e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, ao IFG – Câmpus Itumbiara, pela oportunidade de concluir a minha primeira graduação e pelos ótimos momentos vividos na instituição.

Em segundo lugar, agradeço ao meu companheiro de vida, Matheus Teles de Souza, por ter me ajudado a chegar até aqui, me dando todo suporte, apoio e nunca ter me deixado desistir. Deixo aqui os meus mais sinceros agradecimentos a ti.

Agradeço também aos ótimos professores que tive o prazer de assistir aula, em especial Luciene Correia Santos de Oliveira, de Sociologia, tivemos ótimos momentos dentro e fora de sala de aula.

Adriana Carvalho Rosa, pelo carinho e paciência ao ensinar fazer cálculos super complicados, tornando-os fáceis e entendíveis.

Karina Klein, uma pessoa admirável, que consegue tornar fácil as minhas dificuldades, além de ser um exemplo de evolução.

A todos os professores que fizeram parte de minha formação, os quais me proporcionaram o conhecimento necessário para que eu pudesse chegar até aqui, especialmente aos professores do curso que estiveram desde o início apoiando e ajudando nas dificuldades que encontramos.

Agradeço especialmente minha orientadora Prof^a. Dr^a Simone Machado Goulart, pelo apoio, dedicação e carinho ao me orientar e aconselhar durante a realização deste trabalho, e por ter me incentivado na escolha do tema.

É muito importante agradecer também ao apoio que tive dos meus familiares, para nunca desistir e correr atrás dos meus sonhos. Obrigado por cada contribuição, cada palavra de carinho para não desistir e continuar até o fim.

E por último e não menos importante, agradeço aos meus colegas de classe por sempre fazermos tudo juntos como uma grande equipe, uma grande família.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigado!

“Não é sobre dinheiro, não é sobre prestígio,
não é sobre classe, é sobre ter uma identidade.”
- *Lady Gaga*

RESUMO

Atividades experimentais de Química Analítica geram resíduos potencialmente tóxicos que necessitam de um gerenciamento através de um sistema padronizado de descarte. No Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara, há dois cursos da área da Química, a Licenciatura e o Técnico Integrado Integral em Química. Esses cursos possuem atividades práticas de Química Analítica que, inevitavelmente, geram resíduos químicos. Este trabalho teve como objetivo fazer uma caracterização desses resíduos a fim de dar-lhes uma correta destinação. A metodologia que conduziu o estudo foi a proposta por Viana, Reis e Silva (2018), na qual as seguintes etapas foram realizadas: realização de um inventário, proposição de medidas de minimização, segregação, acondicionamento, rotulagem dos resíduos, armazenamento e disposição final. Após realização dessas etapas verificou-se que sais contendo manganês, cromo, ferro e os compostos cloreto de prata e cromato de prata são as principais substâncias tóxicas geradas. As propostas de minimização, segregação, acondicionamento, rotulagem, armazenamento e destinação final desses resíduos e outros, estão propostas neste trabalho. Os objetivos propostos para este trabalho foram alcançados, desde o levantamento do quantitativo de resíduos gerados em cada aula prática, ao armazenamento e disposição final e também as medidas de minimização. Acredita-se que este trabalho será o primeiro passo para uma mudança em toda a comunidade acadêmica e servirá de base para trabalhos semelhantes em outras disciplinas da Química e também em trabalhos de pesquisa que gerem resíduos químicos.

Palavras-chave: Química Verde. Resíduos. Gerenciamento. Laboratório. Química.

ABSTRACT

Analytical Chemistry experiments generate potentially toxic waste that must be managed through a standardized disposal system. At the Federal Institute of Goiás, Câmpus Itumbiara, there are two Chemistry courses, the Master's Degree and the Integrated Technician. These courses have hands-on analytical activities, that inevitably generate chemical waste. This project aimed to classify the above-mentioned waste to find a correct destination. The methodology that conducted the study was proposed by Viana and her colleagues (2018) and includes the following phases: inventory, minimization measures, isolation, packaging, waste labeling, storage and final disposal. After performing these steps, salts containing manganese, chromium, iron and silver chloride and silver chromate compounds are the main toxic substances generated. The goals proposed for this paper were achieved - from the detection of the waste amount generated in each practical class, to its storage and its final disposal and also to the minimization measures. It is believed this paper will be the first step towards a change in the entire academic community and will serve as a basis for similar works in other disciplines of Chemistry and also in research works making chemical waste.

Keywords: Green Chemistry. Waste. Management. Laboratory. Chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Diagrama ou Diamante de Hommel.....	26
Figura 02 - Pictogramas de risco.....	27
Figura 03 - Rótulo a ser utilizado para caracterização dos resíduos.....	28
Figura 04 - Diagrama para resíduos de soluções ácidas.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Aulas Práticas.....	22
Quadro 02 - Informações de Periculosidade e Toxicidade.....	24
Quadro 03 - Segregação de Resíduos.....	25
Quadro 04 - Acondicionamento de Resíduos.....	25
Quadro 05 - Armazenamento e Descarte de Resíduos.....	30

LISTA DE SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANVISA -	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
EDTA -	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
FISPQ -	Ficha de Informação de Segurança para Produtos Químicos
GHS -	Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos
IES -	Instituto de Ensino Superior
IFG -	Instituto Federal de Goiás
NR 26 -	Norma Regulamentadora Número 26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	Justificativa.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	Realização de um inventário.....	21
3.2	Proposição de medidas de minimização.....	21
3.3	Segregação.....	21
3.4	Acondicionamento.....	21
3.5	Rotulagem dos resíduos.....	22
3.6	Armazenamento e disposição Final.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1	Realização de um inventário.....	23
4.2	Proposição de medidas de minimização.....	25
4.3	Segregação.....	25
4.4	Acondicionamento.....	26
4.5	Rotulagem dos resíduos.....	26
4.6	Armazenamento e disposição Final.....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	APÊNDICES.....	36

1. INTRODUÇÃO

A Química é uma das ciências que mais trouxe conhecimento para a sociedade nos últimos tempos. Entretanto, entre os questionamentos mais graves pertinentes à sua aplicação, estão os possíveis danos e riscos ambientais motivados pela geração e descarte incorreto dos resíduos químicos. Esta questão tem gerado interesse nos últimos anos, tendo em vista que resíduos são produzidos a cada instante nos laboratórios de Química de instituições de ensino (KOTOWSKI; RECCHI; SILVA, 2014).

Os resíduos gerados nos laboratórios, ora derivados de técnicas experimentais práticas, ora provenientes de experiências acadêmicas e pesquisas, carecem de um rejeite correto, visto que os mesmos se apresentam sob as mais diferentes formas, podendo causar danos ao meio ambiente (KOTOWSKI; RECCHI; SILVA, 2014).

Uma das maiores dificuldades da sociedade é o inquietante cenário de deterioração ambiental verificado em diversos lugares do mundo. É de acordo comum que a atividade humana provoca algumas formas de geração de resíduos, alguns deles maléficos ao meio ambiente e, por conseguinte, ao próprio homem. Contudo, determinados fatores, dentre os quais destacam-se aqueles conexos ao desenvolvimento populacional e ao desenvolvimento da indústria, aguçaram notavelmente a produção de resíduos ao redor do planeta no último século, comprovando a necessidade de se tomar providências para impedir que os recursos naturais como água, solo e ar se tornem ainda mais degradados (AQUINO NETO, 1995).

Como muitas indústrias, as instituições de ensino provedoras de análises ou serviços químicos também deparam com sérios agravantes ao lidar com seus resíduos tóxicos. No entanto, ao oposto da indústria, essas instituições geram um pequeno ajuntamento de resíduos, a maior parte deles gerada em laboratório. Esses resíduos consistem em uma abundância de substâncias tóxicas ou não tóxicas, abrangendo novos combinados com toxicidade incógnita. Além disso, sua composição varia a cada novo projeto de pesquisa ou experimento. Essas diversas substâncias geralmente tornam o gerenciamento de resíduos dessas instituições mais complexo do que o gerenciamento de resíduos na indústria, que produz um grande dígito de componentes conhecidos e sem muitas variações (ASHBROOK; REINHARDT, 1985).

Muitos dos resíduos dos laboratórios de ensino contêm metais pesados. Estes são tóxicos podendo contaminar o solo, o ar, os recursos hídricos e lesar o bem-estar. Sendo assim, após uma

atividade experimental deve-se tomar cautela com o descarte dos mesmos. Deve-se buscar segregá-los de forma que possam ser reutilizados como matéria-prima em outro experimento, ou procurar tratamento apropriado para abrandar a toxicidade, como mutação no estado de oxidação, por exemplo (AMARAL et al., 2001; AGUIAR, NOVAES, 2002).

A segregação dos resíduos químicos é uma atividade que deve ser habitual nos laboratórios, sendo preferencialmente efetivada ao término de uma experiência ou processo de rotina. Desse modo, princípios da Química Verde seriam inseridos no processo, ciência que defende além da ideia de reduzir resíduos, outras como escolher recursos renováveis; e levar em conta o princípio da sustentabilidade, reduzindo o consumo de energia (BAIRD; CANN, 2011; PRADO, 2003). O objetivo dessas medidas é reduzir a geração de resíduos químicos tóxicos e, conseqüentemente, diminuir o custo de processamento desses resíduos.

O presente estudo leva em consideração a necessidade de valorização e proteção ao ambiente, partindo da opinião que atualmente, em 2022, enfrentam grandes problemas ambientais que necessitam de atenção, e alguns procedimentos simples podem ser adotados a fim de tornar os processos sustentáveis, diminuindo especialmente os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos. As atividades experimentais da Química Analítica Quantitativa geram resíduos potencialmente danosos ao ambiente (BRASIL, 2011). Tendo em vista a toxicidade dos compostos utilizados, este trabalho tem por objetivo propor formas de tratamentos destes, a fim de segregar os compostos tóxicos e reduzir o volume total de resíduos gerados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Elaborar uma proposta de gerenciamento de resíduos químicos gerados na disciplina de Química Analítica Quantitativa dos cursos de Licenciatura em Química e Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Realizar um levantamento dos resíduos gerados, classificando-os quanto à sua toxicidade e quantidade de resíduos gerados;
- Propor alternativas para segregação, acondicionamento, rotulagem, armazenamento e possível tratamento dos resíduos gerados;
- Propor meios para reduzir fontes geradoras de poluição, diminuindo volumes e concentrações de reagentes químicos utilizados nas aulas práticas.

1.2 Justificativa

O IFG – Câmpus Itumbiara é uma instituição de ensino que, além de oferecer curso de Licenciatura em Química, também oferece o Técnico em Química, e os alunos possuem em sua matriz curricular a disciplina de Química Analítica. Essa área trabalha principalmente com as volumetrias de neutralização, precipitação, complexação e óxido-redução, gerando resíduos contendo, por exemplo, vários sais, metais como cromo, prata, alguns contendo EDTA (etilenodiaminotetracético), dentre outros. Atualmente, os resíduos são acondicionados separadamente após as aulas, mas não existe um programa sistemático de gerenciamento padronizado desses rejeitos.

A implantação de um programa de gestão de resíduos implica mudanças no cotidiano de todo o departamento, pois seu sucesso está intimamente relacionado à colaboração de todos os participantes ativos na unidade geradora.

É necessário que as instituições de ensino tenham definidas uma gestão de descarte e destinação de resíduos gerados em seus laboratórios. Também é necessário definir regras baseadas em cada tipo de resíduo gerado para que os colaboradores saibam como agir em determinada ocasião. O descarte adequado é muito importante para qualquer laboratório de ensino e pesquisa.

Sendo assim, de acordo com Silva, Soares e Afonso (2010), quanto mais cedo os alunos tiverem contato com um programa de gestão, torna-se mais fácil inculcar neles uma postura comprometida com o ambiente. Por isso, todas as esferas de ensino devem estar engajadas, comprometidas e envolvidas nessa proposta de gerir os resíduos produzidos nas aulas de Química e áreas afins, protegendo o ambiente, a saúde e tendo uma consciência mais ética.

Dessa forma, Pagno (2016) afirma que é necessário discutir questões relacionadas a Química Verde, bem como estimular ações para reduzir a poluição e direcionar a Química Verde, principalmente nos cursos de Química, em que os alunos estão constantemente expostos a resíduos químicos produzidos em aulas de laboratório.

Espera-se que este trabalho ajude a melhorar um dos grandes desafios da atualidade, que é conciliar essas atividades químicas, que inevitavelmente geram resíduos, com a preservação ambiental, principalmente para as futuras gerações.

A equipe desse trabalho acredita que este será o primeiro passo para uma mudança em toda a comunidade acadêmica e servirá de base para trabalhos semelhantes em outras disciplinas da Química e também em trabalhos de pesquisa que geram resíduos químicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Cunha (2014), a Química Verde tem como sua principal preocupação as abordagens tecnológicas para o desenvolvimento de processos químicos que não poluem ou prejudicam a sociedade e o meio ambiente. Com esse novo conceito vem seus Doze Princípios, regulamento proposto por Anastas e Warner (1998) que lista uma série de métodos que, se aplicados à indústria química, poderiam levar a processos mais limpos, menos prejudiciais ao meio ambiente e aos seres humanos.

Os doze princípios, quando aplicados, geram benefícios ambientais e econômicos, uma vez que há diminuição considerável de gastos relacionados a armazenamento, tratamento de resíduos e contaminações. De acordo com Anastas e Warner (1998), Os Doze Princípios da Química Verde são: Prevenção; Eficiência; Síntese segura; Produtos seguros; Solventes seguros; Integração de energia; Fontes renováveis; Derivados; Catálise; Biodegradável; Análise da poluição e Química segura contra acidentes.

Essa nova abordagem da química, delineada pela Química Verde, foi introduzida no Brasil, mais especificamente no final da década de 1990, com foco no desenvolvimento de novos processos químicos e tecnologias que não produzam poluição. Por isso, a Química Verde defende a ideia de redução: resíduos, principalmente tóxicos; recursos, optando por fontes renováveis; e consumo de energia. Por meio dessas medidas, o objetivo é reduzir a produção de resíduos químicos tóxicos e, assim, reduzir o custo desses resíduos (PAGNO, 2016).

O gerenciamento de resíduos é parte dos princípios da Química Verde, que se propõe a tomar ações para minimizar os impactos ao meio ambiente, pois possui as características de prevenir a poluição causada por atividades relacionadas à Química. Por isso, é buscada pelo processo e / ou método de produção. Minimizar a quantidade de materiais tóxicos ou inflamáveis, reduzir os riscos e impactos ao meio ambiente e diminuir o custo de destinação desses resíduos, são alguns desses princípios (SILVA; LACERDA; JONES JUNIOR, 2005).

Para Bukhari, Said e Nor (2020), as Instituições de Ensino Superior (IES) adquiriram uma função moderna de diminuir a distância entre a instituição de ensino e a sociedade, sendo este um princípio fundamental da sustentabilidade, e não somente para promover a ciência. Os autores acreditam que as barreiras na tomada de iniciativas sustentáveis são geradas pela carência de compreensão do conceito de sustentabilidade.

Rodrigues e Moreira (2016) relatam que não se encontra nenhuma definição para resíduos químicos de laboratório na legislação ambiental brasileira, e também não existe uma legislação específica para resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. Desta maneira, é prudente que estas instituições também sigam a legislação existente para as indústrias, baseando-se na natureza da atividade, independentemente das quantidades geradas (JARDIM, 2018).

Alguns autores afirmam que quando não é possível evitar a geração de resíduos, é possível reduzir as quantidades e reaproveitar os resíduos. Shneider e Wiskamp (1994) elaboraram cadeias de experimentos em aulas de graduação, de modo que os produtos de uma prática passem servir de reagente noutra.

Os autores Wallau, Aline (2013a) e Santos e Wallau e Santos (2013b) desenvolveram um trabalho de rotulagem para produtos químicos utilizados em laboratórios de ensino e pesquisa acadêmica, utilizando o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). Uema e Ribeiro (2017) afirmam que este sistema trata de informações de periculosidades dos produtos químicos. O GHS conceitua riscos físicos, de saúde e ambientais e estabelece padrões uniformes por meio de palavras de advertência, frases de perigo, frases preventivas e pictogramas padronizados para uso em rótulos e Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs).

Como as instituições de ensino e pesquisa brasileiras muitas vezes atuam, ou deveriam atuar, como pioneiras de tecnologia no país, acredita-se que as mesmas devam ter uma posição de vanguarda com relação ao tratamento de seus resíduos tóxicos. Não apenas como forma de manter a sua imagem pública, respeitar a legislação vigente ou reduzir custos, mas também, e principalmente, para atuar de maneira coerente na formação dos futuros profissionais, especialmente os da área da Química (MICARONI, 2002).

De acordo com Silva, Soares e Afonso (2010), laboratórios existentes em escolas de Ensino Médio e as práticas demonstrativas passam a ser uma valiosa ferramenta para esse trabalho por representarem o primeiro contato dos alunos com essa visão da responsabilidade com os resíduos. Silva, Soares e Afonso (2010) também afirmam que o gerenciamento de resíduos implica numa mudança de atitude. Por isso, é uma atividade que traz resultados em médio e longo prazos, além de requerer persistência contínua. Enfatizam a responsabilidade ética, ambiental e cidadã dos envolvidos, por acreditarem serem os pilares de construção do conhecimento de uma sociedade moderna.

Com isso, Pinheiro (2020) afirma que é importante que as universidades entendam que é extremamente necessária a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos, não só do ponto de vista ao atendimento das legislações vigentes, mas ao controle e minimização da geração de resíduos na fonte, reduzindo e evitando os impactos ambientais e suas consequências para a saúde pública, a fauna e flora.

O Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara (IFG) preocupa-se com essa problemática e propôs, através desse trabalho, juntamente com o professor responsável pela disciplina, a Proposta de Gerenciamento de Resíduos. Este trabalho 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 a geração de resíduos e destiná-los de forma correta e segura para não prejudicar a saúde pública, os recursos naturais e o meio ambiente (BRASIL, 2004).

O presente trabalho possui caráter valoroso, pois além de resolver o problema da gestão dos resíduos, traz para alunos do Ensino Médio E Superior, o despertar e a responsabilidade socioambiental. Essas ações se opõem à prática comum e não sustentável de jogar na pia ou no lixo qualquer resíduo/rejeito gerado em aulas experimentais (MACHADO; MÓL, 2008).

3. METODOLOGIA

Para compor a metodologia deste trabalho, adotou-se uma proposta de Viana, Reis e Silva (2018). Foram seguidas seis etapas que segund os autores, propõe um sistema padronizado de descarte. Essas etapas consistiram em realizar um inventário, propor de medidas de minimizar, segregar, acondicionar, rotular os resíduos, armazenar e também a disposição final desses resíduos.

A seguir serão demonstradas as etapas de forma mais detalhada.

3.1 Realização de um inventário

Analizou-se todos os roteiros de aulas práticas de química analítica quantitativa no decorrer de todo um semestre. Após analisar cada roteiro, fez-se os cálculos do quantitativo de produtos reagente para saber a quantidade de resíduos que foram geradas em cada aula. Feito este processo, todos os dados foram esquematizados em um.

3.2 Proposição de medidas de minimização

Após fazer o inventário, levantou-se e propôs medidas para reduzir toxicidade, quantidade e/ou substituição de um ou mais resíduos antes de seu tratamento. Os dados foram tabulados a fim de demonstrar a estimativa da geração de resíduos químicos, por semestre.

3.3 Segregação

A segregação de resíduos consistiu no isolamento de acordo com características químicas e físicas, levando-se em consideração, principalmente, sua compatibilidade química. Foram realizadas classificações dos reagentes de acordo com sua toxicidade, que partiu da montagem de um fluxograma que permitiu classificar determinado roteiro de aula prática de acordo com a toxicidade e propondo mudanças nas aulas práticas realizadas. Esta etapa contou com a participação de servidores (docentes e técnicos colaboradores) envolvidos no presente trabalho.

3.4 Acondicionamento

Os resíduos segregados foram armazenados em frascos adequados à natureza do resíduo.

3.5 Rotulagem dos resíduos

Os recipientes empregados para o acondicionamento na etapa acima foram etiquetados utilizando pictogramas de perigos de acordo com o Sistema GHS (WALLAU; SANTOS JÚNIOR, 2013). Foram estudadas formas de reaproveitamento desses resíduos em alguns experimentos de laboratório.

3.6 Armazenamento e disposição final

Quando os resíduos químicos não puderam ser tratados no laboratório, deveram ser armazenados de forma correta em frascos contendo materiais compatíveis com a natureza do resíduo e também rotulados. Para a disposição final desses resíduos, foi estudado o melhor fim para estes resíduos, que poderá ser o descarte em pia, aterro sanitário ou encaminhar para empresa terceirizadas e especializadas para esse fim.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Realização do inventário

Esta primeira etapa consistiu na investigação dos tipos de resíduos e das quantidades em que os mesmos são gerados. Com base nos roteiros de aulas práticas ministrados pelo docente da disciplina de Química Analítica Quantitativa, foi possível identificar os resíduos mais utilizados, a quantidade, a toxicidade, a frequência das aulas práticas, o número de grupos e forma detalhada de armazenamento dos resíduos após as referidas aulas experimentais.

O Quadro1 abaixo, representa de forma organizada, por aula prática, a quantidade de cada produto e reagente utilizado por apenas um grupo em cada aula prática do curso de Licenciatura em Química no decorrer de 1 semestre, e apresenta também os resíduos gerados nas mesmas. Os encontros eram realizados uma vez por semana.

Quadro 1: Aulas práticas de Química Analítica Quantitativa.

PRÁTICA 1 PADRONIZAÇÃO HCl		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
150 mL	Ácido clorídrico	HCl
2 mL	Vermelho De Metila (Solução Indicadora)	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₂
0,75 g	Carbonato de sódio	Na ₂ CO ₃
	Resíduos Gerados	
53,5mL	Cloreto de sódio + Ácido Carbônico + Vermelho De Metila	NaCl + H ₂ CO ₃
PRÁTICA 2 PADRONIZAÇÃO NaOH		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
5 g	Hidróxido de Sódio	HCl
2 mL	fenolftaleína (solução indicadora)	C ₂₀ H ₁₄ O ₄
2 g	Biftalato de potássio	C ₈ H ₅ KO ₄
	Resíduos Gerados	
40 mL	Biftalato de Sódio e Potássio + Fenolftaleína	NaOOC ₆ H ₄ COOK
PRÁTICA 3 VINAGRE		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
125 mL	NaOH 0,1 mol L ⁻¹	HCl
2 mL	Fenolftaleína (Solução Indicadora)	C ₂₀ H ₁₄ O ₄
50 ML	Ácido acético	CH ₃ COOH
	Resíduos Gerados	
60 mL	Acetato de Sódio + Fenolftaleína	H ₃ COONa
PRÁTICA 4 MAGNÉSIO		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
125mL. Frasco	Hidróxido De Sódio 0,1 Mol L ⁻¹	NaOH
5g	Leite De Magnésia	Mg (OH) ₂
2mL	Fenolftaleína (Solução Indicadora)	C ₂₀ H ₁₄ O ₄
250 mL frasco	Ácido Clorídrico 0,1 Mol L ⁻¹	HCl
	Resíduos Gerados	
67,2mL	Cloreto de Magnésio + Cloreto de Sódio + fenolftaleína	MgCl ₂ + NaCl
PRÁTICA 5 MÉTODO DE MOHR		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
1,5 g	Cloreto De Sódio	NaCl
10,6 g	Nitrato De Prata	AgNO ₃
2 g	Bicarbonato De Sódio Puro	NaHCO ₃
5ml	Ácido Acético PA	CH ₃ COOH
2 g	Carbonato De Cálcio	CaCO ₃

1 frasco	Fenolftaleína 1%	$C_{20}H_{14}O_4$
4 mL	Dicromato De Potássio	$K_2Cr_2O_7$
Resíduos Gerados		
41,2 mL	Cloreto De Prata + Cromato De Prata + fenolftaleína	$AgCl + Ag_2Cr_2O_4$
PRÁTICA 6 EDTA		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
10 mL	Cloreto de Amônio	NH_4OH/NH_4Cl
1 FRASCO	Negro De Eriocromo T (Solução Indicadora)	$C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$
125 mL	EDTA 0,01 M	$C_{10}H_{16}N_2O_8$
Resíduos Gerados		
24 mL	EDTA- Cálcio + indicador	$C_{10}H_{16}N_2O_8Ca$
PRÁTICA 7 PERMANGANOMETRIA		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
125 mL	Permanganato De Potássio 0,02 Mol L ⁻¹	$KMnO_4$
25 mL	Água Oxigenada 10 Volumes	H_2O_2
50 mL	Ácido Sulfúrico 1:5 V/V	H_2SO_4
0,150g	Oxalato De Sódio	$Na_2C_2O_4$
Resíduos Gerados		
40 mL	Manganes ²⁺	Mn^{2+}
PRÁTICA 8 DICROMATOMETRIA		
Quantidade	Reagentes	Fórmula
125 mL	Dicromato De Potássio 0,01 Mol L ⁻¹	$2Cr_2O_7$
0,12g	Sulfato Ferroso	$FeSO_4$
15 mL	Ácido Clorídrico 1:1 V/V	HCl
10 mL	Ácido Fosfórico 1:1 V/V	H_3PO_4
5 mL	Azul De Metileno (Indicador)	$C_{16}H_{18}N_3CSl$
Resíduos Gerados		
29 mL	$Cr^{3+} + Fe^{3+} +$ Azul De Metileno	$Cr^{3+} + Fe^{3+}$

Fonte: o Autor

O Quadro 2 a seguir apresenta uma relação dos resíduos gerados e a quantidade estimada pelo professor que foram utilizados ao longo de um semestre, totalizando 8 aulas práticas, e apresenta também a toxicidade e a periculosidade de cada um.

Quadro 2: Informações de periculosidade e toxicidade.

Quantidade	Resíduo	Toxico	Periculosidade	Informações Ecológicas
53,5mL	Cloreto de sódio + Ácido Carbônico	Se inalado	Não	Toxico à vida marinha
40 mL	Biftalato de Sódio e Potássio	Se inalado	Corrosão	Não poluente
60 mL	Acetato de Sódio	Não	Não	Não Poluente
67,2mL	Cloreto de Magnésio + Cloreto de Sódio	Se inalado	Não	Não poluente
41,2 mL	Cloreto De Prata + Cromato De Prata	Se inalado	Perigo agudo	Toxico à vida marinha
24 mL	EDTA- Cálcio	Se inalado	Irritante	Toxico à vida marinha
40 mL	Mn^{2+}	Se inalado	Irritante	Toxico à vida marinha
29 mL	$Cr^{3+} + Fe^{3+}$	Se inalado	Irritante	Toxico à vida marinha

Fonte: o Autor

Ao analisar o Quadro 2, podemos notar que são poucos os resíduos não poluentes, como é o caso do Biftalato de Sódio e Potássio, Cloreto de Magnésio + Cloreto de Sódio e Acetato de Sódio, esses resíduos não são tóxicos à vida marinha e podem ser descartados na pia. Já em relação

aos demais resíduos, deve-se analisar quais podem ser descartados sob água corrente e quais devem ser armazenados.

Nota-se também, ainda de acordo com o Quadro 2, que os resíduos são, em sua maioria tóxicos.

4.2 Proposição de medidas de minimização

Após fazer o inventário, foram levantadas e propostas medidas para reduzir a toxicidade, quantidade e/ou substituição de um ou mais resíduos antes de seu tratamento.

As aulas práticas de Química Analítica geralmente são feitas em 4 ou em 5 grupos. Após conversas com o professor responsável pelas aulas práticas, chegou-se ao consenso de que as aulas serão feitas com apenas 4 grupos, afim de diminuir geração de resíduos e economizar materiais e reagentes.

Após a realização do Seminário Local de Iniciação Científica e Tecnológica de 2021, levantou-se a probabilidade de trabalhar as aulas práticas em microescala. Visto que a maioria das práticas são volumetrias, pode-se reduzir volumes e concentrações de amostras afim de se reduzir o titulante utilizado. Duarte, Machado e Ribeiro (2015) ressaltam que, com base na escala microscópica, o custo dos reagentes é reduzido, a segurança dos experimentos é melhorada, a quantidade de reagentes e o tempo de reação são reduzidos; portanto, a exposição às substâncias perigosas e a quantidade de resíduos e seu impacto sobre o meio ambiente são todos minimizados.

4.3 Segregação

Uma segregação correta tem o intuito de facilitar e dinamizar os trabalhos de minimização, recuperação/destruição e destinação final. Desse modo, os resíduos devem ser separados em categorias. Substâncias que não se enquadram nas categorias propostas devem ser avaliadas quanto à compatibilidade química e adicionadas a uma delas, ou armazenadas em separado. A responsabilidade pela correta segregação do resíduo é do indivíduo que o gerou.

Procurar seguir como regra para segregação dos resíduos químicos os seguintes grupos como apresentados no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3: Segregação de resíduos.

Grupo A	Grupo B
Ácidos	Bases
Agentes Oxidantes	Agentes Redutores
Acetato de Sódio Biftalato de Potássio Cloreto de Prata + Cromato De Prata Cloreto de Magnésio Cloreto de Sódio	EDTA - Cálcio Manganês Cromo Ferro

Fonte: o Autor

4.4 Acondicionamento

A segregação de resíduos consistiu no isolamento de acordo com características químicas e físicas, levando-se em consideração, principalmente, sua compatibilidade química. Foram realizadas classificações dos reagentes de acordo com sua toxicidade, que partiu da montagem de um fluxograma que permitiu classificar determinado roteiro de aula prática de acordo com a toxicidade propondo mudanças nas aulas práticas realizadas.

Os resíduos ácidos e básicos devem ser armazenados em frascos de vidro ou de polietileno, respectivamente, afim de evitar corrosões e vazamentos.

O Quadro 4 a seguir apresenta a relação de resíduos ácidos e básicos e em qual tipo de frasco devem ser armazenados.

Quadro 4: Acondicionamento de resíduos.

Armazenados em frascos de vidros (ácidos)	Armazenados em frascos de polietileno (plástico) (bases)
Acetato de Sódio Biftalato de Potássio Cloreto de Prata + Cromato De Prata Cloreto de Magnésio Cloreto de Sódio	EDTA - Cálcio Sulfato de manganês $\text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$

Fonte: o Autor

4.5 Rotulagem dos resíduos

A Norma Regulamentadora 26 (ABNT, 2015), em seu item 26.2.2, determina que a rotulagem preventiva do produto químico classificado como perigoso à segurança e saúde dos trabalhadores deve utilizar procedimentos definidos pelo GHS, da Organização das Nações Unidas (ONU), o qual, não foi regulamentado por norma legal brasileira.

A Norma Técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 14725-3 aborda a questão da rotulagem dos produtos químicos e faz menção expressa ao GHS em “Parte 3” (ABNT, 2004).

O Decreto Federal que “Promulga a Convenção Nº 170 da Organização Internacional do Trabalho – OIT, relativa à Segurança na Utilização de Produtos Químicos no Trabalho” (ANBT, 2004), vale ressaltar que essa norma determina que todos os produtos químicos devem portar uma marca que permita sua identificação. Já os produtos químicos perigosos devem portar uma etiqueta facilmente compreensível para os trabalhadores que facilite informações essenciais sobre a sua classificação, os perigos que oferecem e as precauções de segurança que devam ser observadas.

Uma forma de rotular os resíduos de maneira organizada, dá-se através do Diagrama de Hommel (Figura 1). Este diagrama consiste em uma simbologia que classifica os riscos de diferentes produtos químicos. O diagrama utiliza cores para facilitar o potencial de risco das substâncias perigosas usando as seguintes referências:

Figura 1: Diagrama ou Diamante de Hommel.



Fonte: Adaptado de QUANTQ, 2014.

Pode-se também utilizar os pictogramas de perigo, ou os chamados Risco associado NBR 16 725 (ABNT, 2012). O risco associado pode ser consultado na ficha de informação de segurança de produto de químico (FISPQ) e na norma NBR 14 725-2 (ABNT, 2012).

Os pictogramas de perigo aplicáveis à embalagem de substâncias ou misturas químicas referem-se a perigos físicos, riscos para a saúde e perigos ambientais. As seguintes mensagens podem ser encontradas em diferentes classes, como mostrado na Figura 2 a seguir:

Figura 2: Pictogramas de risco

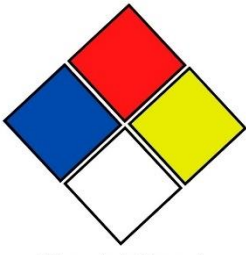
 GHS01 – substâncias explosivas	 GHS02 – substâncias inflamáveis	 GHS04 – gases sob pressão
 GHS03 – substâncias oxidantes	 GHS07 – substâncias irritantes	 GHS08 – substâncias cancerígenas/mutagênicas
 GHS05 – substâncias corrosivas de metais, substâncias cáusticas	 GHS06 – substâncias tóxicas	 GHS09 – substâncias nocivas ao meio aquático

Fonte: Adaptado de UNECE, 2011.

Após a devida identificação e caracterização dos resíduos, deve-se fazer a rotulagem de acordo com o Diagrama de Hommel, seguindo todas as informações necessárias para uma fácil interpretação e identificação do resíduo. A Figura 3 a seguir apresenta um modelo de rótulo a ser empregado nas rotulagens dos resíduos, e também apresenta informações importantes, tais como produto principal, produtos secundários, procedência, responsável e data.

Figura 3: Rótulo a ser utilizado para caracterização dos resíduos.


INSTITUTO FEDERAL
Goiás
Câmpus Itumbiara



Diamante de Hommel

RISCO ASSOCIADO
(ABNT NBR 16725:2014)

-  Inflamável
-  Explosivo
-  Oxidante
-  Corrosivo
-  Tóxico
-  Cancerígeno/
Mutagênico

RESÍDUO QUÍMICO

Resíduo

Dados do Resíduo

Procedência

Data **Responsável**

Fonte: o Autor

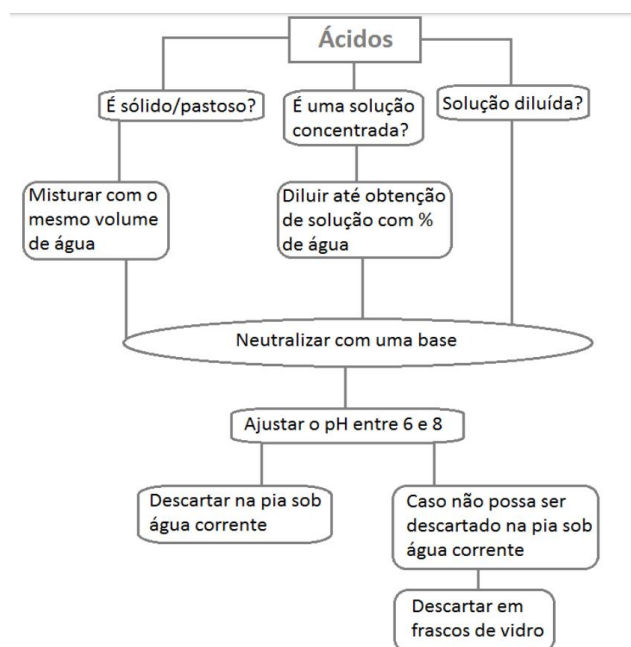
No Apêndice A, ao final deste TCC, encontra-se rótulos confeccionados com a finalidade de facilitar a identificação dos resíduos ao final de cada aula prática. Os rótulos já se encontram devidamente preenchidos no campo do Diagrama de Hommel, Risco Associado, Resíduos e dados do Resíduo.

4.6 Armazenamento e disposição final

Os resíduos descartados estão armazenados no Laboratório de Química Analítica (parte das instalações do Câmpus - Itumbiara). Além do local e dos recipientes serem inadequados, os frascos estão mal identificados. Ao analisar o Quadro 1, nota-se que os principais reagentes utilizados no laboratório de Química do IFG - Câmpus Itumbiara são das classes dos sais, ácidos e bases.

Foi elaborado um programa em forma de diagrama, que contém uma sequência de processamento dos resíduos químicos gerados pelo laboratório do IFG- Câmpus Itumbiara. A figura 4 com o programa é mostrada a seguir. Para resíduos de ácido, se não puderem ser tratados em pia com água corrente, devem ser armazenados em frasco de vidro. Esses procedimentos devem ser realizados conforme o diagrama descrito na Figura 4.

Figura 4 - Diagrama para resíduos de soluções ácidas



Fonte: Viana, Reis e Silva (2018).

O Quadro 5 a seguir, mostra quais resíduos podem ser descartados na pia e quais resíduos devem ser armazenados:

Quadro 5: armazenamento e descarte de resíduos.

Resíduo	Tratamento	Descarte /armazenamento
Cloreto de sódio + Ácido Carbônico	Ajustar o pH para neutro	Pode ser descartado na pia
Biftalato de Potássio e Sódio	Ajustar o pH para neutro	Pode ser descartado na pia
Acetato de Sódio	Ajustar o pH para neutro	Pode ser descartado na pia
Cloreto de Magnésio + Cloreto de Sódio	Ajustar o pH para neutro	Pode ser descartado na pia
Cloreto De Prata + Cromato De Prata	--	Armazenar em frasco de vidro
EDTA- Cálcio	Ajustar o pH para neutro	Pode ser descartado na pia
Manganês ²⁺	--	Armazenar em frasco de plástico
Cromo ³⁺ + Ferro ³⁺	--	Armazenar em frasco de vidro

Fonte: o Autor

De acordo com o Quadro 5, os resíduos envolvendo prata, devem ser armazenados em frasco de vidro, mas é possível tratá-los quimicamente para utilização em futuras aulas práticas.

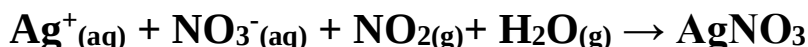
Soares, Costa e Vasconcelos (2013) afirmam que para o tratamento do Cloreto De Prata (AgCl), o precipitado que forma contém Cloreto De Prata (AgCl) e uma pequena quantidade de Cromato De Prata (Ag₂CrO₄), a mistura deve ser deixada em repouso em ácido clorídrico o que faz com que ocorra a conversão de Cromato De Prata (Ag₂CrO₄) em ácido crômico (evidencia-se segundo a reação e formação de precipitado). Após a filtração e lavagem, observa-se que o líquido de lavagem apresentou uma coloração incolor e transparente, sendo assim deve-se descartar a presença de dicromato na solução, que tem coloração amarela:



A prata metálica será obtida através do método da dextrose, que consiste na reação do cloreto de prata com hidróxido de sódio e dextrose.



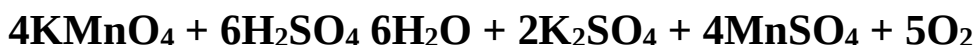
Pode-se perceber a redução do cloreto de prata em prata metálica porque o precipitado deixou de ser um pó fino e tornará um material granulado com aspecto escuro e pouco brilho. A dissolução de prata por ácido nítrico e a evaporação da solução resultará na formação dos cristais de nitrato de prata AgNO₃.



Após a formação de nitrato de prata, armazenar em um frasco para sua reutilização em práticas.

Essa reutilização em aulas posteriores é muito interessante. No entanto, é necessário observar que muitas etapas e reagentes são necessárias para a transformação dos resíduos, o que muitas vezes se torna inviável em função dos custos e tempo.

Ao observar o Quadro 5, notamos que o Mn^{2+} deve ser armazenado em frasco de plástico, mas de acordo com Oliveira e colaboradores (2015), a acidificação da solução de permanganato de potássio possibilita uma reação de oxirredução, na qual o manganês é reduzido a Mn^{+2} , conforme a equação:



A adição de bissulfito de sódio também tem a finalidade de reduzir o manganês, sendo muito utilizado em processos de purificação na Química Orgânica, promovendo a descoloração da mistura. Já a adição do carbonato de sódio tem como finalidade a neutralização da solução e formação do precipitado, o qual permitirá a retirada do metal manganês por filtração. Para que o tratamento do resíduo de permanganato de potássio seja eficiente e esse filtrado pode ser descartado no ralo com pelo menos 50 vezes seu volume de água sem prejudicar o meio ambiente.

Afonso e colaboradores (2002) afirmam que a recuperação do Cr^{3+} e Fe^{3+} é inviabilizada dada a dificuldade de manuseio de seu resíduo final, e do controle de todos os analitos presentes. Deve-se armazená-lo em frasco de vidro, como mostrado no Quadro 5, e posteriormente procurar órgãos especializados em descarte de resíduos tóxicos, que muitas vezes fazem incineração ou a utilização de aterro sanitário, a depender do resíduo.

No IFG - Câmpus Itumbiara, os resíduos estão armazenados todos juntos sem nenhum critério de segregação, mas confinados corretamente em frascos de vidros e/ou plásticos. Notou-se também que os resíduos não possuem uma rotulagem adequada, o que reforça ainda mais a aplicação destes métodos de gerenciamento de resíduos nesta unidade de ensino. No Apêndice B, encontram-se imagens de alguns resíduos que foram citados ao longo deste trabalho. Verifica-se que a rotulagem não existia, apenas ocorria uma identificação do resíduo. Os rótulos construídos neste trabalho poderão ser utilizados pelo laboratório para que a rotulagem dos resíduos ocorra de forma mais organizada e segura.

5 Considerações finais

Notou-se que o presente trabalho conseguiu o seu objetivo quanto a determinação do quantitativo de resíduo gerado, as propriedades do material examinado, suas probabilidades de repensar, reduzir, reutilizar e reciclar.

Esses resultados são importantes para a área de Química Analítica Quantitativa, pois o acúmulo de resíduos químicos no laboratório pode se tornar um sério problema a longo prazo se não for gerenciado de forma correta. Foi traçado um plano de gerenciamento, armazenamento e descarte de resíduos gerados no Laboratório de Química Analítica do IFG - Câmpus Itumbiara.

Neste trabalho, foi realizado um inventário detalhado e completo por aula prática, contendo informações toxicológicas, periculosidade e informações ecológicas. Ademais foi realizado um modelo de rótulo para facilitar o acondicionamento e armazenamento. Os objetivos do trabalho foram concluídos com êxito e resultados importantes serão agregados pelo professor da disciplina que repassará aos alunos como forma de sensibilização e um olhar para a área de tratamento e gerenciamento geral dos resíduos gerados.

A gestão de resíduos tem um papel fundamental enquanto ciência: o compromisso ético com a vida. Dessa forma, podemos sensibilizar todos os que usufruem deste ambiente de aprendizado sobre as filosofias da Química Verde e as maneiras de descartar os resíduos de maneira correta sem agredir o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14725-3: 2012. **Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente**. Parte 3: Rotulagem. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. NBR 10.004: 2004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 77 p

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**, Rio de Janeiro, ano 2003, v. 26, n. 4, p. 602-611, 9 out. 2002.

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

AMARAL, S. T.; MACHADO, P. F.L.; PERALBA, M. do C. R.; CAMARA, M. R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A. L.; FALCÃO, H. L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R. S.; OLIVEIRA, E. R. de.; BRASIL, J. L.; ARAÚJO, M. A. de; BORGES, A. C. A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, Vol. 24, No. 3, 419-423, 2001.

ANASTAS, P.T.; WARNER, J. Green Chemistry: Theory and Practice; **Oxford University Press**: Oxford, 1998.

AQUINO NETO, F.R. Análise de resíduo e qualidade de vida. **Química Nova**, v.18, n.6, p.597-602, 1995.

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

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Brookman, 2011. 844 p. Tradução: Marco Tadeu Grassi.

BRASIL. 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](http://Portal.Anvisa.Gov.Br/Documents/33880/2568070/Res0306_07_12_2004.Pdf/95eac678-D441-4033-A5ab-F0276d56aaa6) .Acessado Em 11/04/2022

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. CONAMA, Brasília, DF, maio de 2011.

BRASIL Resolução 430/2011 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) admite uma concentração de 1mg cobre por litro no efluente a ser lançado em corpo hídrico. Resolução **CONAMA 430/2011**, disponível em, <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 15 maio de 2021)

BUKHARI, S. K. U. S., SAID, H. e NOR, F. M. Conceptual Understanding of Sustainability Among Academic Administrators of Pakistan Public Universities. **The Qualitative Report**, V. 25, N. 1, A. 3, pp. 28-59, 2020.

CUNHA, B. R. DA., O Papel Da Química Verde No Desenvolvimento Sustentável E A Aplicação Dos Seus Princípios Na Indústria Química / **Trabalho De Conclusão De Curso** - Lorena, 2014. 63 p. disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MEQ14036.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2022.

DUARTE, R. C. C.; MACHADO, A. A. S. C.; RIBEIRO, M. G. T. C.. Escala e Química Verde: macro ou microescala, qual é a mais verde. **XX Encontro Luso-Galego de Química**. Porto - Portugal, 2015. 74 p. Disponível em: https://sigarra.up.pt/faup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=18075. Acesso em: 29 jun. 2021.

FORTI, M. C.; ALCAIDE, R. L. M. Normas de procedimentos para separação, identificação, acondicionamento e tratamento de resíduos químicos do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias-laquatec. **Ministério da ciência e tecnologia, São José dos Campos**, 2011.

JARDIM, W. F. **Laboratório de Química Ambiental**. UNICAMP. 2018. Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF>>. Acesso em: 29 set 2020.

KOTOWSKI, L. D.; RECCHI, A. M. S.; SILVA, C. H. da. Gestão de Resíduos aplicada à experimentação no ensino de Química Analítica Quantitativa. **Encontro de Debates Sobre O Ensino de Química**, Santa Cruz do Sul, v. 34, n. 1, p. 311-318, out. 2014.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. de S. Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que Fazer? **Química Nova na Escola**, São Paulo, SP, n. 29, p.38-41, 2008.

MICARONI, R. C. da C. M... Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da Unicamp / Regina Clélia da Costa Mesquita Micaroni. -- Campinas, SP: [s.n], 2002.

OLIVEIRA, G.C.; Corrêa, C.P.; Martins, G.S.; Pires, D.L.P.; Coutinho, L.; Lara, A.A.C.; Toledo, T.A.; Barbosa, E.P.; Barbosa, D.B.A. CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA: tratamento de resíduos de manganês oriundos de aulas práticas. Goiana-Go: **CBQ**, 2015-2015. 2021-2021. ISSN ISBN 978-85-85905-15-6.

PAGNO, V. Levantamento de Resíduos dos Laboratórios da UFFS, Câmpus Realeza (PR), e Propostas de Atividades com Foco em Química Verde. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Realeza, Paraná, 2016.

PINHEIRO, J. M. A. Plano de gerenciamento de resíduos químicos do Laboratório de Química Analítica Qualitativa do Departamento de Química Analítica e Físico-Química do Centro de Ciências da UFC. 2020. 84 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

PRADO, G. S. A. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, vol.26, n.5, p. 738-744, 2003.

QUANTQ. Ficha De Informações De Segurança De Produtos Químicos – **FISPQ Nº 1301**. Data última revisão: 22/04/2014. Disponível em: <https://www.copergas.com.br/wp-content/uploads/2010/03/FISPQ-NOSEGUARD-ONU-19931.pdf>. >. Acesso em: junho 2022.

RODRIGUES, N. M; MOREIRA D. C. Determinação do volume de resíduos químicos gerados no Laboratório de Solos da Fundação Universidade Federal do Tocantins. **Revista Desafios**, 03 (01),1-12, 2016.

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

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JONES JUNIOR, J., Desenvolvimento sustentável e química verde. **Química Nova**, v. 28, n.1, p. 103-110. 2005.

SILVA, A. F. da; SOARES, T. R. Dos S.; AFONSO, J. C. Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Pesquisa no ensino de Química**, [S. l.], ano 2010, v. 32, n. 1, p. 37-42, 2010.

SOARES, R.; COSTA, A. C.; VACONCELOS, N. S.L. S... Congresso Brasileiro de Química: gerenciamento de resíduos de aulas práticas de química analítica qualitativa do curso de licenciatura em química. Rio de Janeiro: **CBQ**, 2013-2013. 2020-2020. ISSN ISBN: 978-85-85905-06-4.

UEMA, L. K.; RIBEIRO, M.G. Pictogramas do GHS e sua aplicação como ferramenta de comunicação de perigos para estudantes de graduação. **Química Nova**, São Paulo, ano 2017, v. 40, ed. 3, p. 353-361, 10 fev. 2017.

UNECE; Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), 6th ed., United Nations: New York, 2011, http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev06/06files_e.html#c38156, acessada em junho de 2022.

VIANA, G. L. L.; REIS, C. F. dos; SILVA, A. M. T. C. R. Gerenciamento dos resíduos gerados no laboratório de química do Instituto Federal de Minas Gerais – Câmpus Formiga. **For Science**, v. 6, n. 3, 2018.

WALLAU, W. M.; ALINE, J. R.; SANTOS, W. A. Produtos químicos perigosos utilizados em laboratórios de ensino – proposta e exemplos para indicação de seus perigos no rótulo. **Química Nova**, Vol. 36, No. 8, 1267-1274, 2013a.

WALLAU, W. M.; SANTOS JÚNIOR, J. A. O sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS) – Uma introdução para sua aplicação em laboratórios de ensino e pesquisa acadêmica. **Química Nova**, Vol. 36, No. 4, 607-617, 2013b.

APÊNDICE A – Rótulos dos Resíduos



INSTITUTO FEDERAL
Goiás
Câmpus Itumbiara

RESÍDUO QUÍMICO

Resíduo

Cromo³⁺ + Ferro³⁺

Dados do Resíduo

Procedência

Data

Responsável

RISCO ASSOCIADO
(ABNT NBR 16725:2014)



Explosivo



Oxidante



Corrosivo



Tóxico



Carcinogênico/
Mutagênico



Substâncias nocivas
ao meio aquático



Diamante de Hommel



INSTITUTO FEDERAL
Goiás
Câmpus Itumbiara

RESÍDUO QUÍMICO

Resíduo

Manganês²⁺

Dados do Resíduo

Procedência

Data

Responsável

RISCO ASSOCIADO
(ABNT NBR 16725:2014)



Substâncias nocivas ao
meio aquático



substâncias cancerígenas/
mutagênicas



Diamante de Hommel



INSTITUTO FEDERAL
Goiás
Câmpus Itumbiara



Diamante de Hommel

RISCO ASSOCIADO
(ABNT NBR 16725:2014)



Substâncias nocivas ao
meio aquático

RESÍDUO QUÍMICO

Resíduo

Cloreto De Prata + Cromato De Prata

Dados do Resíduo

Procedência

Data

Responsável

APÊNDICE B – Resíduos do IFG – Câmpus Itumbiara

