



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
TECNOLÓGICA

Disciplina: Estágio Supervisionado
Professor(a): Esther Maria Ferreira Lucas
Período de Estágio: 13/03/2023 - 01/09/2023

**Gerenciamento de Resíduos Químicos de Laboratório de
Ensino e Pesquisa do Campus Nova Suíça do Centro Federal
de Educação Tecnológica de Minas Gerais**

Ana Carolina Resende Rodrigues

Belo Horizonte

2023

Ana Carolina Resende Rodrigues

**Gerenciamento de Resíduos Químicos de Laboratório de
Ensino e Pesquisa do Campus Nova Suíça do Centro Federal
de Educação Tecnológica de Minas Gerais**

Relatório de estágio curricular supervisionado apresentado ao Departamento de Química do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora no local de estágio: Aline Vaz da Silva.
Orientadora no CEFET-MG: Professora Dra. Esther Maria Ferreira Lucas.

Belo Horizonte

2023

PARECER E APROVAÇÃO DO RELATÓRIO PELO SUPERVISOR

Eu Aline Vaz da Silva, como orientadora do estágio obrigatório, estou ciente deste relatório de estágio supervisionado, redigido pela estagiária Ana Carolina Resende Rodrigues, e concordo com as informações descritas, confirmo a sua veracidade e aprovo o mesmo.

Aline Vaz da Silva
Aline Vaz da Silva

Orientadora do Estágio PRODEP – Departamento de Química, CEFET-MG

Ana Carolina Resende Rodrigues

Ana Carolina Resende Rodrigues

Estagiária dos Técnicos de Laboratório - Departamento de Química, CEFET MG

Belo Horizonte, 22 de novembro de 2023.

PARECER E APROVAÇÃO DO RELATÓRIO PELO SUPERVISOR

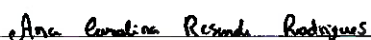
Eu _____, como orientadora do estágio obrigatório, estou ciente deste relatório de estágio supervisionado, redigido pela estagiária _____, e concordo com as informações descritas, confirmo a sua veracidade e aprovo o mesmo.



Profª Esther Mª F. Lucas
Depto. de Química
CEFET-MG

Esther Maria Ferreira Lucas

Orientadora da Disciplina Estágio Supervisionado – Departamento de Química, CEFET-MG



Ana Carolina Resende Rodrigues

Estagiária dos Técnicos de Laboratório - Departamento de Química, CEFET MG

Belo Horizonte, 22 de novembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que sempre foi autor da minha vida e do meu destino, a minha família que muito me apoiou e me incentivou e a Equipe de Laboratório do Departamento de Química, já que sem eles nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa PRODEP, pela oportunidade de realização do estágio no Departamento de Química

Agradeço à equipe de Laboratórios pelas orientações e conhecimentos do estágio realizado.

Ao CEFET-MG pela confiança depositada e pela provisão da bolsa PRODEP.

A Coordenação do Departamento de Química do CEFET-MG, pelo incentivo ao desenvolvimento do estágio.

À família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente foram responsáveis pela realização deste estágio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa dos Campi do CEFET-MG.....	2
Figura 02. Hierarquia Desejada no Gerenciamento de Materiais Residuais.....	5
Figura 03. Mapa Mental sobre os Conceitos Relativos ao Material Residual.....	6
Figura 04. Classificação dos Resíduos Sólidos Segundo ABNT 10004:2004.....	7
Figura 05. Estratégias para o Tratamento de Resíduos no DEQUI-CEFET/MG.....	8
Figura 06. Montagem do Sistema de Destilação Simples e Fracionada	9
Figura 07. Modelo de rótulo adotado para identificação de resíduos químicos.....	11
Figura 08. Formulário de Registro das Aulas Práticas (a) e Registro de Resíduos (b)....	17

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Número de Alunos Matriculados nos Cursos de Graduação.....	2
Gráfico 02. Contabilização dos Resíduos 2012 e 2023.....	13
Gráfico 03. Quantificação dos Resíduos Contendo Bário e Outros Elementos - 2019....	14
Gráfico 04. Quantificação dos Resíduos Contendo Cromo e Outros Elementos - 2019..	15
Gráfico 05. Quantificação dos Resíduos Contendo Metais Pesados - 2019 e 2023.....	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO TEÓRICA.....	4
4. METODOLOGIA.....	8
4.1 CONTABILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SOLUÇÕES.....	8
4.2 MATERIAIS RESIDUAIS AQUOSOS.....	9
4.3 RECUPERAÇÃO DO CLOROFÓRMIO.....	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
6. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXO I - PREVISÃO ANUAL DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA ORGÂNICA DOS MÓDULOS I E II.....	21

1. INTRODUÇÃO

Os laboratórios de ensino e pesquisa das universidades, além de todas as instituições que utilizam produtos químicos em suas rotinas de trabalho, têm sido confrontados, ao longo de muitos anos, com o problema relacionado ao tratamento e à disposição final dos resíduos gerados em suas acomodações (AFONSO, *et al.* 2003).

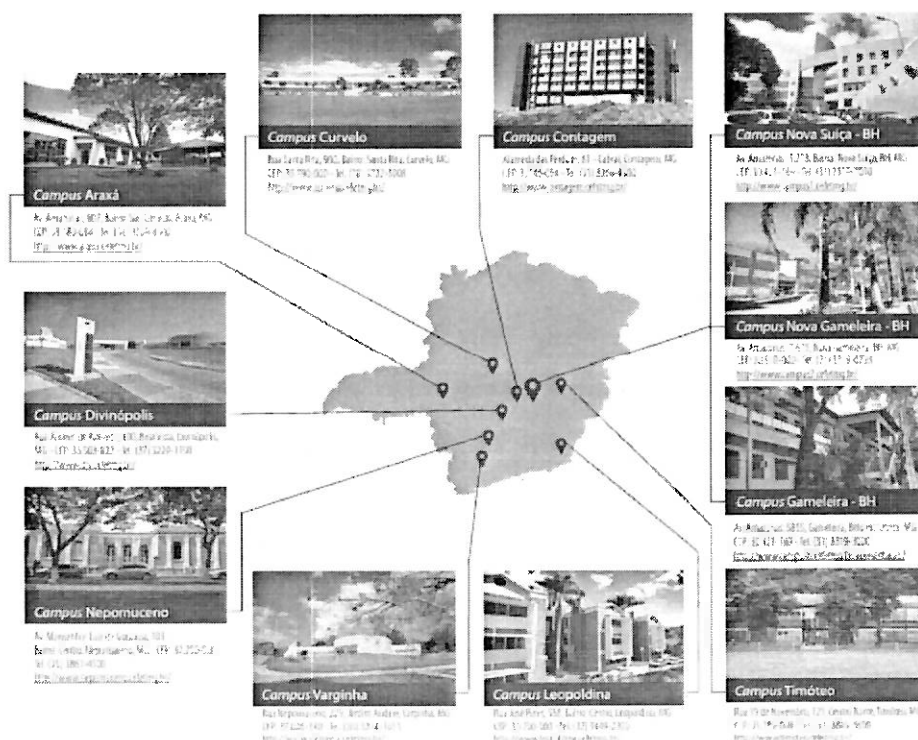
Com relação aos resíduos provenientes do âmbito acadêmico, eles diferenciam-se daqueles gerados em unidades industriais por apresentarem baixo volume, porém apresentam grande diversidade de composições, o que dificulta a tarefa de estabelecer um tratamento químico e/ou uma disposição final padrão para todos. Somando-se a essa natureza complexa, muitos desses resíduos são estocados de forma inadequada, muitas vezes perdendo a identificação, uma vez que o rótulo pode se deteriorar devido a ação do tempo, ao serem armazenados por longos períodos.

Considerando que recentemente vêm crescendo o interesse por uma química mais limpa (Química Verde), muitas universidades estão montando programas de gerenciamento e tratamentos de resíduos, sendo dignos de menção a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), dentre outras. Essas atitudes são essenciais para que os danos ambientais e os riscos à saúde sejam minimizados, criando também um novo hábito a fazer parte da consciência profissional e do senso crítico dos alunos, funcionários e professores (DEMAMAN, *et al.* 2004; CUNHA, 2001).

Essa nova linha de pensamento foi adotada no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), local onde foram realizadas as atividades temáticas do presente relatório. O CEFET-MG é uma instituição federal centenária de ensino e pesquisa, criada em 1909, com sede administrativa em Belo Horizonte. A instituição atualmente é composta por um corpo discente, corpo docente, servidores técnico-administrativos e terceirizados.

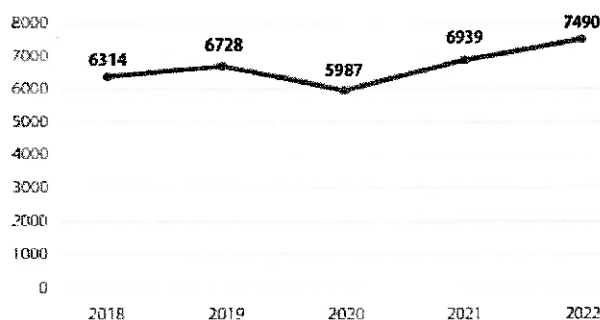
O CEFET-MG se distribui em onze campi localizados em nove cidades no estado (Araxá, Belo Horizonte, Contagem, Curvelo, Divinópolis, Leopoldina, Nepomuceno, Timóteo e Varginha), conforme pode-se observar na figura 01. Atualmente a instituição oferece 76 técnicos, 23 graduações, 10 especializações, 14 mestrados e 4 doutorados e conta com mais de 7.490 alunos matriculados em cursos de graduação, conforme o gráfico 01 evidenciado abaixo (RELATÓRIO, 2023).

Figura 01. Mapa dos Campi do CEFET-MG



Fonte: RELATÓRIO, 2023

Gráfico 01. Número de Alunos Matriculados nos Cursos de Graduação



Fonte: RELATÓRIO, 2023

As atividades de estágio foram todas desenvolvidas junto ao Departamento de Química (DEQUI), localizado no campus Nova Suíça em Belo Horizonte. O departamento conta atualmente com 13 laboratórios dedicados ao ensino e à pesquisa em diversas subáreas da Química, da Engenharia Química, Mineralogia, Tecnologia de Alimentos e em Microbiologia. A gestão desses laboratórios recebe auxílio dos professores, sendo que cada laboratório possui um membro do corpo docente como responsável técnico, mas fica a cargo da equipe de laboratórios a sua administração, sendo esta composta por 3 técnicas (sendo uma doutora, uma mestre e uma mestranda) e por 2 estagiários, da qual a presente autora do trabalho já fez parte.

Dentre as atividades desenvolvidas pela estagiária, pode-se citar o preparo de aulas práticas, com a produção de soluções, montagem de materiais, além da organização dos laboratórios, limpeza e conservação dos equipamentos e materiais. Ficou a cargo da estagiária também efetuar o auxílio no controle de estoque e organização dos almoxarifados do DEQUI e no levantamento e contabilização do estoque de reagentes controlados pela Polícia Federal, além de realizar o atendimento de demandas de outros departamentos que solicitassem reagentes e materiais específicos para o apoio às aulas e pesquisas. Somando-se a essas atividades, pode-se citar o auxílio no gerenciamento e destinação final de resíduos químicos produzidos nas dependências do DEQUI, sendo este último o foco principal do presente relatório.

O tratamento de resíduos químicos nas dependências do CEFET envolveu grandes desafios, uma vez que o departamento possui um volume considerável de resíduos, com isso ficou a cargo da equipe de laboratório gerenciá-los da melhor forma. Devido a relevância de tal questão, a gestão dos materiais residuais não deve ser relegado a um plano secundário, dito isso no presente relatório serão discutidas as atividades realizadas pela equipe em conjunto com os professores de modo a evidenciar como tal tratamento foi desenvolvido bem como os mecanismos de ação adotados frente ao elevado volume de frascos, contabilizados. Somando-se a isso, para efeitos comparativos e para fomentar ainda mais a discussão sobre a geração de resíduos haverá gráficos demonstrativos com relação a quantidade de resíduos coletados por laboratório na instituição CEFET-MG no campus Nova Suíça, em Belo Horizonte e a diferença entre os valores contabilizados dos anos de 2012, 2019 e 2023.

2. OBJETIVOS

Pode-se dizer que o objetivo deste trabalho foi descrever as principais atividades realizadas entre a presente estagiária e a equipe de laboratório, visando contribuir com a minimização da quantidade de resíduos gerados e de reagentes consumidos durante as aulas práticas, a fim de promover uma gestão mais eficiente e segura desses resíduos no ambiente laboratorial. Além de propor ações futuras para uma melhoria contínua com relação ao gerenciamento dessas substâncias, uma vez que tal problema estará sempre presente no ramo da química e em suas subáreas.

3. REVISÃO TEÓRICA

A crescente ênfase no desenvolvimento sustentável e nas práticas de gestão ambiental tem se tornado cada vez mais proeminente nas Instituições de Ensino Superior. No Brasil, a conscientização sobre o gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa começou a se destacar na década de 1990, inaugurando uma nova era de conceitos e valores relacionados às atividades essenciais da química, conhecida como Química Verde. Esta abordagem, politicamente influente, baseia-se em 12 princípios fundamentais que devem ser seguidos ao implementar processos químicos com o objetivo de reduzir ou eliminar a utilização e a geração de substâncias químicas à saúde humana e ao meio ambiente (AFONSO, 2003; LENARDÃO, 2003; SOUSA-AGUIAR, 2014).

De acordo com Figuerêdo (2006) alguns centros de pesquisa como a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, a Fundação Ezequiel Dias - FUNED e a Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, em Minas Gerais, têm direcionado esforços para estabelecer um programa de gerenciamento de seus materiais residuais perigosos, conduzindo suas atividades rumo a Química Verde.

Porém a ausência de uma entidade reguladora e o descarte inadequado leva muitas instituições de ensino do país a desperdiçar seus recursos e gerir de forma incorreta seus produtos sintetizados ou manipulados (FIGUERÊDO, 2006). Segundo Souza (2003) é raro que os estudantes de graduação recebam orientações específicas durante suas atividades laboratoriais sobre a produção de resíduos, a maneira adequada de armazená-los e o tratamento necessário antes do descarte. Este comportamento é respaldado por outros autores, como Afonso *et al* (2003), Tauchen *et al* (2006), Gerbase (2005), Cunha (2001), Alberguini (2003), Jardim (2002) entre outros.

Com relação a legislação, como já citado anteriormente, ainda não é realidade no país o enquadramento dessas instituições de ensino frente aos resíduos gerados em suas acomodações, uma vez que segundo Jardim (2002), tratam-se de pequenos geradores de resíduos, sendo suas atividades não consideradas importantes pelos órgãos fiscalizadores, por isso tal ignorância com relação ao descarte e armazenamento de seus rejeitos químicos. A partir disso, adotam-se como referência orientações para outros tipos de ambientes. Como as resoluções 358/2005 do CONAMA, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, e a 222/2018 da ANVISA, que regulamenta as boas práticas de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Além da Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e da instrução normativa do IBAMA nº 12/2013 que regula os procedimentos de controle durante o transporte de resíduos.

Em suma, pode-se dizer que o objetivo primordial da gestão de resíduos é reduzir ao máximo a produção de resíduos perigosos e garantir uma destinação final segura dos mesmos, por isso é tão importante a atenção e o cuidado referente a esse assunto. Portanto, segundo Figuerêdo (2006) nada mais procedente do que adotar uma hierarquia que preza pela utilização racional dos produtos químicos, visando os objetivos anteriormente citados, além de tomar medidas prévias para evitar a sua geração. Abaixo, a Figura 02 ilustra tal hierarquia.

Figura 02. Hierarquia Desejada no Gerenciamento de Materiais Residuais



Fonte: Adaptado de FIGUERÊDO, 2006

A redução na fonte envolve a minimização da geração de resíduos, como por exemplo, o planejamento para o uso eficiente de reagentes químicos e a possível redução da escala de análise quando otimizada. Por outro lado, o reaproveitamento engloba a reutilização, reciclagem ou recuperação de resíduos gerados, podendo ocorrer tanto dentro quanto fora da

instituição geradora. Essa abordagem é crucial para transformar os resíduos em materiais úteis e reintegrá-los em um ciclo econômico, resultando em economia de recursos materiais e financeiros, bem como na redução da quantidade de rejeitos direcionados para tratamento e disposição final.

O tratamento de resíduos, por sua vez, compreende qualquer atividade que reduza o volume ou a toxicidade de um material antes de ser destinado à disposição final. A presença dessas estratégias de tratamento sinaliza a necessidade de adaptações nas práticas geradoras, diminuindo a periculosidade dos materiais residuais. Por fim, a etapa de disposição final abrange todas as ações que asseguram, após esgotadas as opções de reaproveitamento, o destino legal dos rejeitos, em conformidade com as normas e padrões legais estabelecidos (FIGUERÊDO, 2006).

Anteriormente, foi apresentado o uso frequente das palavras “resíduo” e “rejeito”, sendo importante destacar a distinção entre ambos, pois a maioria das pessoas tende a associá-las com iguais. Somando-se a isso é importante destacar os dois tipos de fonte geradoras de rejeitos, além de especificar se tratam de rejeitos passivos ou ativos. Para isso, um mapa mental foi desenvolvido, na qual se encontra a seguir, a fim de facilitar a compreensão desses conceitos importantes, para um melhor entendimento sobre o tema exposto.

Figura 03. Mapa Mental sobre os Conceitos Relativos ao Material Residual



Fonte: Autoria Própria, 2023 - Adaptado de FIGUERÊDO, 2006.

Com relação a destinação final dos resíduos, há o aterramento controlado, na qual sua finalidade é garantir a disposição correta dos resíduos que não puderam ser reciclados, de modo que os descartes não causem danos à saúde pública ou ao meio ambiente, de acordo com Do Santos (2011). Tal prática é regulada pela resolução CONAMA 404/2008. Entretanto, além de não terem estrutura para reaproveitar os resíduos sólidos descartados, esses locais já estão com a capacidade acima do limite, trazendo grandes desafios para a iniciativa pública e privada.

Outro forma de destinação é o coprocessamento, que trata-se de uma técnica de utilização de resíduos sólidos industriais realizada a partir do processamento destes como substitutos parciais de matérias-primas em fornos de produção de clínquer para fabricar cimento (DE ARUJO, 2020). Tal prática é regulada pela resolução CONAMA 499/2020. Por último, temos a incineração, que trata-se de um processo de destruição térmica, via oxidação, realizada sob alta temperatura, ideal para resíduos de alta toxicidade, produtos controlados, defensivos agrícolas e outros materiais que requerem manejo totalmente seguro, técnico e profissional (DOS SANTOS, 2011). A incineração é uma das medidas mais utilizadas no tratamento de rejeitos. Esta prática é regulada no Brasil pela resolução CONAMA 316/2002.

Portanto, seja na realização da incineração ou outro método de destinação dos resíduos, é fundamental adotar medidas de precaução com o objetivo de realizar a classificação e a segregação adequada dos materiais residuais. No Brasil, o procedimento para categorizar um material residual como perigoso deve obedecer às diretrizes da ABNT NBR 10.004, conforme evidenciado na figura abaixo. Vale ressaltar que para a destinação final dos resíduos do DEQUI, o método empregado foi a incineração.

Figura 04. Classificação dos Resíduos Sólidos Segundo ABNT 10004:2004

CLASSE I	
PERIGOSOS	Apresentam periculosidade* ou uma das seguintes características: inflamabilidade**, corrosividade**, reatividade**, toxicidade** ou patogenicidade** ou constem nos anexos A e B desta norma.
CLASSE II NÃO PERIGOSOS	CLASSE II A NÃO-INERTES
	CLASSE II B INERTES

CLASSE II A: Não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

CLASSE II B: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, a temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

Fonte: ABNT, 2004

4. METODOLOGIA

A seguir, serão apresentadas algumas das atividades realizadas durante o estágio, com ênfase na gestão de resíduos. Essas iniciativas abrangem as estratégias alinhadas com a orientação pretendida para essa gestão, conforme destacado a seguir na figura 04. Estas ações representam os primeiros passos na abordagem dos resíduos contabilizados.

Figura 05. Estratégias para o Tratamento de Resíduos no DEQUI - CEFET/MG



Fonte: Autoria Própria, 2023

4.1 CONTABILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SOLUÇÕES

Efetuiu-se um levantamento abrangente de todos os frascos de resíduos armazenados nos laboratórios, registrando todos os dados disponíveis para identificar o conteúdo, como composição e dados de produção. Também foi realizado um inventário minucioso das soluções em estoque no laboratório, a fim de verificar quais não estavam aptas para o uso em aulas práticas, verificando a data na qual foi preparada e se seu conteúdo apresenta algum tipo de contaminação. Após a conclusão desse levantamento, pesou-se todos os frascos e bombonas e transferiu-se todos os dados para uma planilha. A partir disso, a equipe de laboratório classificou todos os resíduos de acordo com suas características de toxicidade, inflamabilidade, reatividade, corrosividade, atribuindo para cada um deles um código de classificação do IBAMA através da instrução normativa nº 13/2012 e um número da ONU de acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) pela resolução

nº5232/2016, sendo estas informações indispensáveis para o processo de transporte e disposição final desses resíduos.

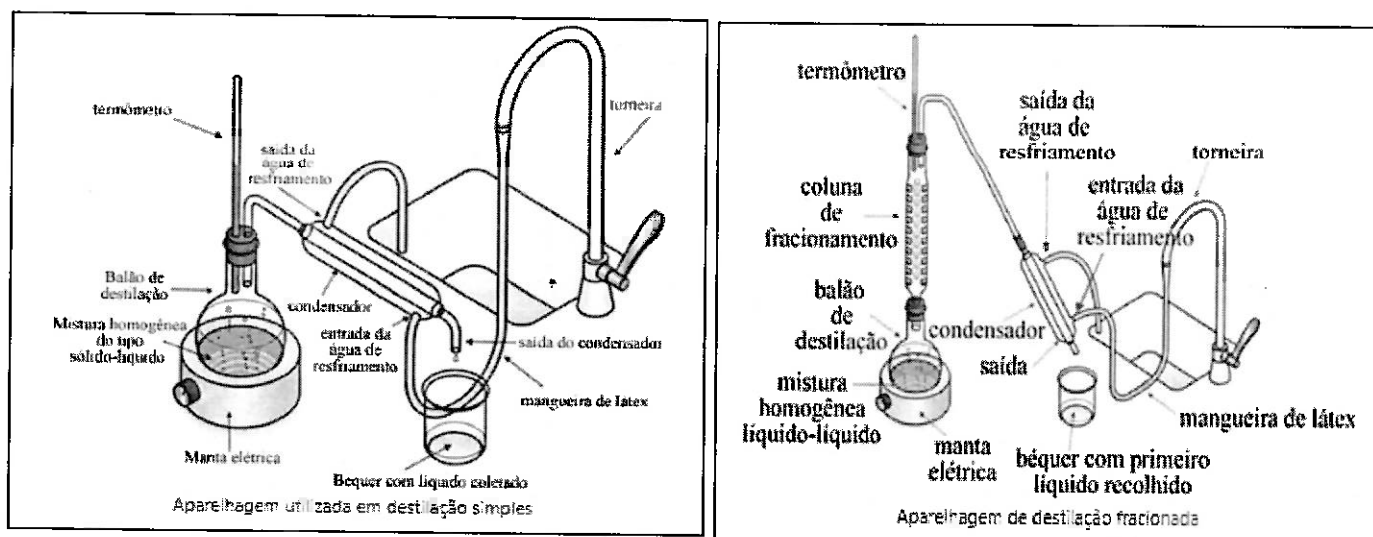
4.2 MATERIAIS RESIDUAIS AQUOSOS

As soluções que não estavam mais em condições adequadas para uso foram categorizadas como resíduos, enquanto as demais foram deixadas no estoque. No caso dos resíduos aquosos que foram previamente rotulados, uma seleção foi realizada para avaliar a possibilidade de tratamento no local dependendo da composição da fase aquosa, como reações de precipitação, neutralização, dentre outros. Aqueles que foram identificados como ácidos ou alcalinos que não continham substâncias perigosas e tóxicas para o ambiente foram neutralizados e descartados na pia, observado o padrão de pH para lançamento da rede de esgoto, que varia entre 6 e 10, sendo este aferido com auxílio da fita de pH (Marca: Merck).

4.3 RECUPERAÇÃO DO CLOROFÓRMIO

Os frascos que continham clorofórmio foram meticulosamente separados para tratamento subsequente. Realizou-se a separação das fases orgânica e aquosa, agrupando-as de acordo com suas características. A fase orgânica resultou de um processo de destilação dupla, envolvendo uma destilação simples seguida de uma destilação fracionada, conforme evidenciado na figura 06 abaixo.

Figura 06. Montagem do Sistema de Destilação Simples e Fracionada



Fonte: FOGAÇA, 2021

A fase aquosa e o clorofórmio (coletado numa temperatura de 60°C) foram separados e cuidadosamente acondicionados em frasco de vidro e armazenados de maneira adequada. No caso da fase aquosa, composta pela cabeça e pela cauda de destilação, não é reaproveitada e será classificada como resíduo e destinada a incineração, porém o clorofórmio recuperado poderá ser utilizado nas aulas práticas.


5. RESULTADOS E DISCUSSÕES


Ao iniciar a contabilização dos resíduos foi observado um grande volume de frascos com composições complexas e de difícil gestão, além de disso alguns rótulos apresentavam informações de composição pouco específicas, dificultando a adoção de medidas de minimização e/ou redução da toxicidade desses materiais. Sendo tais medidas essenciais de serem aplicadas e difundidas uma vez que “o ensino associado às boas práticas de gestão ambiental é um dever inerente às instituições acadêmicas e de pesquisa”, conforme enfatiza Tavares *et al* (2004).

Com relação a rotulagem dos resíduos, houve a atualização do rótulo, contemplando mais informações de identificação e segurança, na qual foi aprovado pela Comissão de Segurança e que deve ser adotado pelo departamento de maneira a uniformizar a identificação, facilitando o gerenciamento de tais resíduos, principalmente no que diz respeito aos laboratórios de pesquisa, uma vez que são gerados resíduos mais complexos e no qual se tem menos controle de sua composição, quando comparado com os materiais residuais das aulas práticas.

A equipe de laboratórios durante o manejo dos resíduos atualizou os rótulos de resíduos evidenciados na figura 07 abaixo (pág.11), destacando-se as principais informações que devem ter no rótulo a fim de facilitar a manipulação e gerenciamento do resíduo da melhor forma, através das informações apresentadas, como a composição do resíduo, a periculosidade do mesmo, a origem, classificação do IBAMA e número ONU que a legislação pede, uma vez que são indispensáveis para o processo de transporte e disposição final desses resíduos. Foram desenvolvidos dois rótulos, sendo o primeiro para o controle interno do departamento e o segundo para quando for fazer o gerenciamento dos resíduos.

Figura 07. Modelo de rótulo adotado para identificação de resíduos químicos

	CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS CAMPUS NOVA SUÍÇA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA		
	LABORATÓRIO: _____		SEMESTRE/ANO: _____
TÍTULO DA PRÁTICA:			
COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO:			
PERICULOSIDADE <input type="checkbox"/> Inflamável <input type="checkbox"/> Corrosivo <input type="checkbox"/> Tóxico <input type="checkbox"/> Reativo	CLASSIFICAÇÃO IBAMA 	Nº ONU 	ORIGEM <input type="checkbox"/> Graduação <input type="checkbox"/> Técnico Integrado <input type="checkbox"/> Técnico Modular <input type="checkbox"/> Pesquisa e outros
PROFESSOR(A) ORIENTADOR(A):		ALUNO/TURMA:	

	CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS CAMPUS NOVA SUÍÇA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA (31)3319-7137 ou (31)3319-7151	
	RESÍDUO QUÍMICO PERIGOSO Classe I	
NOME APROPRIADO PARA EMBARQUE		
Pictogramas de risco		
Massa: _____ Kg		

Fonte: Equipe de Laboratórios, 2023

Durante a organização dos resíduos algumas soluções antigas e vencidas foram incorporadas como materiais residuais, fazendo parte do processo de gestão realizado. Esse tipo de resíduo deve ser considerado, uma vez que se oriunda de um excesso de material que não teve uso. Sendo assim, planejar adequadamente a quantidade de material a ser utilizado no experimento é fundamental para prevenir o desperdício de reagentes e a geração de resíduos.

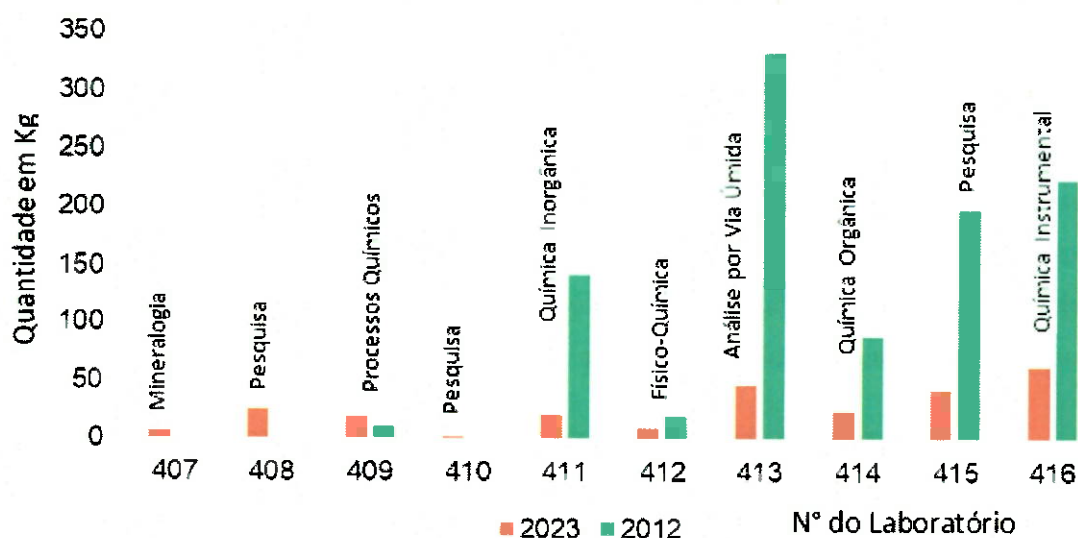
Desse modo, para tentar reverter um pouco a quantidade de resíduos encontrados, antes de finalizar a sua contabilização e pesá-los, alguns que possuíam uma adequada identificação e nos quais se determinou uma baixa periculosidade após uma minuciosa análise por parte da equipe, foram descartados na pia. Exemplificando, pode-se citar a neutralização de soluções ácidas e básicas, soluções salinas como NaCl 1%, soluções alcoólicas, dentre outros.

Seguindo este mesmo princípio de reduzir a escala de resíduos, alguns solventes orgânicos muito utilizados como o clorofórmio (CHCl_3) e o hexano (C_6H_{14}) foram recuperados para posterior reutilização. Durante o tratamento realizado, o clorofórmio recuperado apresentou índice de refração de 1,445 e densidade relativa de $1,46 \text{ g cm}^{-3}$. Comparando-se com a literatura, encontrou-se uma densidade relativa de $1,48 \text{ g cm}^{-3}$ (SIGMA-ALDRICH, 2022) e um índice de refração de 1,442 (POLANSKIY, s.d.). A partir disso, tais solventes foram considerados adequados para reuso nas aulas práticas.

Uma iniciativa positiva encontrada frente ao gerenciamento de resíduos, diz respeito às ações internas por parte dos professores, levando em conta esse pensamento de minimizar a geração de resíduos, aplicando-se o reaproveitamento de produtos obtidos em aulas práticas passadas em outras. Por exemplo, as práticas de destilação utilizam-se de extratos aquoso e alcoólico, sendo estes obtidos nas aulas sobre técnicas de extração. Somando-se a isso, muitos professores optaram por escolher solventes não perigosos, como água e etanol, em suas práticas colocando em vigor os princípios da Química Verde. Outro exemplo de iniciativa é o registro da previsão anual dos resíduos gerados nas aulas práticas de química orgânica sendo tal documento encontrado em anexo I (pág. 21).

Com isso, a partir de tais medidas iniciais, foi possível reduzir a quantidade de resíduos e reagentes antigos contabilizados. Desse modo, iniciou-se a pesagem dos resíduos para posterior destinação. Abaixo se encontram os gráficos referentes aos valores contabilizados em Kg de resíduos de cada laboratório, além disso, obteve-se acesso as quantidades de resíduos contabilizados em 2012 e 2019, na qual foi possível traçar interpretações sobre o gerenciamento de resíduos nesses anos e os impactos ainda refletidos no ano atual.

Porém não se pode estabelecer efeitos comparativos diretos entre os valores encontrados de cada ano uma vez que não se sabe as condições impostas para a contabilização dos resíduos na época, principalmente no que diz respeito ao ano de 2012 e se a quantidade associada a cada um dos laboratórios de fato foram rigorosas.

Gráfico 02. Contabilização dos Resíduos 2012 e 2023

Fonte: Autoria Própria, 2023

Com relação ao gráfico acima, fica claro ao analisar a quantidade em Kg de resíduos, principalmente do ano de 2012, que apesar dos valores estarem associados a esse ano, tal quantidade não foi gerada somente naquele período. Além disso, não há coleta e destinação todo ano, o que implica a grande diferença de volumes observados. Somando-se a isso em 2019 houve uma coleta e tratamento de resíduos, o que reflete nas menores quantidades observadas de resíduos do ano de 2023.

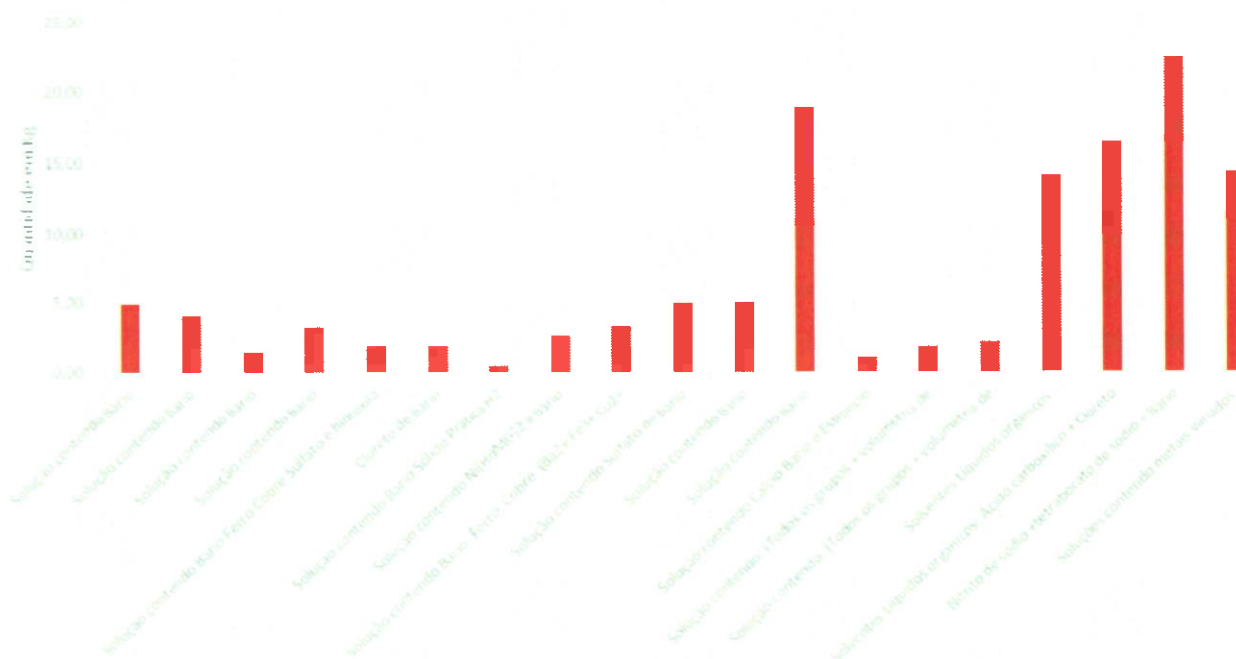
Sobre os resíduos coletados no ano de 2019, a contabilização foi diferente da aplicada em 2012 e 2023, na qual os resíduos não foram separados por laboratório, na planilha há somente informações de cada rótulo e o respectivo peso do frasco. Porém tal organização evidenciou de modo mais claro um fato que também foi notado nas contabilizações dos anos de 2012 e 2023, no que diz respeito à organização dos frascos de resíduo de acordo com as aulas práticas, na qual designou-se frascos diferentes para acondicionar os resíduos de cada aula prática desenvolvida. Esta abordagem apresenta vantagens consideráveis, por um lado, ao reduzir as chances de reações inesperadas entre materiais contidos em um mesmo recipiente, o que permite a implementação de medidas de controle mais seguras. Por outro lado, a prática de identificar os resíduos com base nas aulas práticas resulta em um aumento

na quantidade de frascos necessários para armazenar materiais residuais que sejam compatíveis e tenham a mesma destinação final.

A título de exemplificar esse problema, abaixo encontram-se gráficos do ano de 2019 evidenciando a quantidade de frascos contendo metais pesados, principalmente cromo e bário que mesmo sendo compatíveis e alguns de mesma natureza, foram armazenados em inúmeros frascos diferentes. Vale ressaltar que isso não implica em sugerir misturas irresponsáveis ou descartes negligentes, mas sim em promover a adoção de uma abordagem proativa em relação aos materiais residuais. Isso envolve a implementação segura de ações que, de fato, contribuem para a resolução do problema.

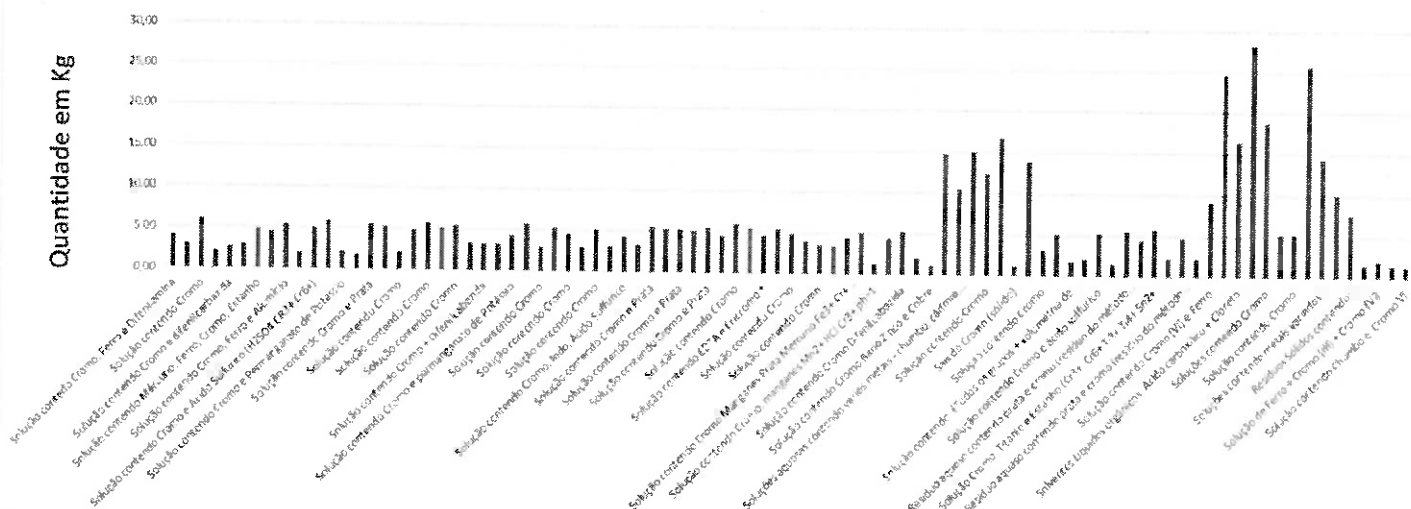
A título de curiosidade, comparou-se a quantidade de resíduos obtidos contendo metais pesados de 2019 com a quantidade contabilizada no ano atual.

Gráfico 03. Quantificação dos Resíduos Contendo Bário e Outros Elementos - 2019



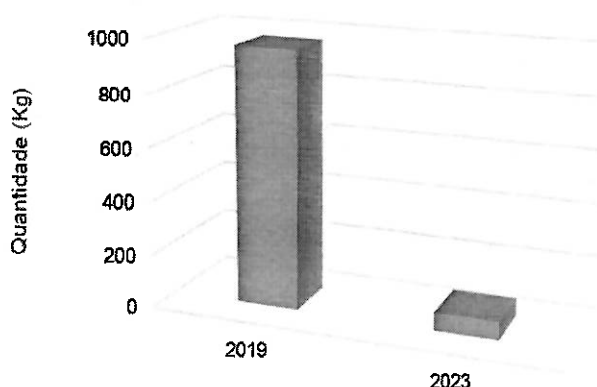
Fonte: Autoria Própria, 2023

Gráfico 04. Quantificação dos Resíduos Contendo Cromo e Outros Elementos- 2019



Fonte: Autoria Própria, 2023

Gráfico 05. Quantificação dos Resíduos Contendo Metais Pesados - 2019 e 2023



Fonte: Autoria Própria, 2023

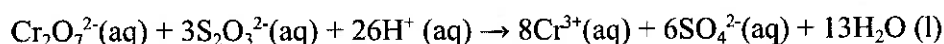
A partir dos dados acima, é possível observar uma redução no volume de resíduos ao longo dos anos, o que indica uma importância cada vez maior que tem sido dada ao tratamento de resíduos, de forma que essa coleta e distribuição tem sido feita com mais frequência e um menor volume de material perigoso tem sido acumulado.

Entre as alternativas válidas para minimizar a geração de resíduos nos laboratórios DEQUI, discutidas pela equipe de laboratório, pode-se citar a atualização das apostilas e a redução dos volumes de soluções utilizadas durante as aulas práticas. Alguns procedimentos recomendam o uso de quantidades substanciais de soluções e reagentes, os quais poderiam

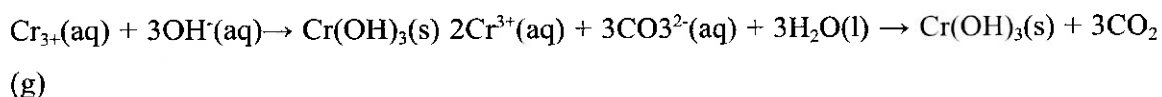
ser reduzidos sem comprometer o resultado final. Além disso, existem métodos que fazem uso de reagentes tóxicos, os quais podem ser substituídos por alternativas mais sustentáveis e menos agravantes, incitando ainda mais a aplicação dos princípios da Química Verde por parte da instituição.

Com relação ao tratamento de soluções contendo cromo, uma vez que foi observada grandes quantidades de resíduos dessa natureza, uma forma de minimizar a quantidade gerada é promover a precipitação do cromo, gerando uma substância com baixa toxicidade e estável. Para isso é necessário promover uma redução em meio ácido e depois neutralizar o resíduo para obter hidróxido de cromo precipitado, podendo ser utilizado em aulas posteriores. Agentes redutores ideais para esse provimento são o tiosulfato de sódio, ou bissulfito de sódio, a reação é rápida e os reagentes são de baixo custo. Abaixo estão evidenciadas as equações químicas com relação a esse procedimento, levando-se em conta os resíduos que possuíam íons cromato, sendo este a forma mais predominante entre os resíduos de cromo.

Etapa 1- Redução de Cr^{6+} para Cr^{3+} em meio ácido:



Etapa 2 - Precipitação de hidróxido de cromo III



Porém para tais alternativas serem válidas e de fácil aplicação, essa questão dos resíduos precisa ser encarada de modo mais coletivo por todo departamento. O primeiro passo para enfrentar este desafio é lutar pelo estabelecimento de uma política institucional de gerenciamento desses resíduos, de modo a padronizar todo o tratamento e destinação final do mesmo, visando sempre um armazenamento adequado e boa identificação dos rótulos.

A equipe de laboratório teve a iniciativa de realizar um minicurso sobre gestão de laboratórios e resíduos como uma proposta de melhoria para o departamento. Somando-se a isso, outra proposta seria a atualização do formulário de solicitação de aulas, visando o gerenciamento dos resíduos químicos antes mesmo da ocorrência do experimento. Pegando-se como exemplo tem-se o sistema utilizado pela Universidade Regional Integrada

o serviço. Isso também representa um incentivo adicional para promover a implementação de estratégias de gerenciamento que ajudam a reduzir a quantidade de resíduos, uma vez que os resíduos além de impactos ambientais também trazem impactos financeiros.

6. CONCLUSÃO

As atividades realizadas neste trabalho tiveram um impacto muito significativo perante ao meu conhecimento como estagiária sobre o tratamento de resíduos, na qual me permitiu exercer de modo prático o devido papel como futura graduanda em química que se responsabiliza pelos materiais residuais gerados, estudando a melhor saída para tratá-los, uma vez que estes sempre estarão presentes no ambiente de trabalho. Além disso, foi observada uma tendência positiva na direção da adoção de boas práticas de gerenciamento de resíduos, tanto por parte da equipe de laboratórios, quanto por parte dos docentes. Porém fica evidente a necessidade de ações coletivas, padronizações e orientações mais claras e acessíveis a fim de incentivar a participação de todos os usuários no gerenciamento responsável dos resíduos, principalmente no que diz respeito a redução da fonte e na segurança do ambiente laboratorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma brasileira NBR 10004 de 2004, Resíduos sólidos - classificação. Disponível em: <<https://acesse.dev/uigJC>> Acesso em: 23 set. 2023.

AFONSO, Júlio Carlos et al. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. Química Nova, v. 26, p. 602-611, 2003.

ALBERGUINI, Leny Borghesan A.; SILVA, Luis Carlos; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira. Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos: resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. Química Nova, v. 26, p. 291-295, 2003.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 222 de 28 de março de 2018. Disponível em: <<https://acesse.one/ecB52>>. Acesso em 18 set. 2023.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resolução nº 5232 de 14 de dezembro de 2016. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/dgQU1>> Acesso em 18 set. 2023

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 19 set. 2023.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 316 de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98287>. Acesso em: 1 jun. 2023.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 358 de 29 de abril de 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5046>. Acesso em: 17 set. 2023.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 404 de 11 de novembro de 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8931>. Acesso em: 17 set. 2023.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 499 de 06 de outubro de 2020. Disponível em: <https://encurtador.com.br/nowzG>. Acesso em: em: 17 set. 2023.

CUNHA, Carlos Jorge da. O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. Química Nova, v. 24, pág. 424-427, 2001.

DE ARUJO, Geraldo Jose Ferraresi. O coprocessamento na indústria de cimento: definição, oportunidades e vantagem competitiva. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 8, n. 57, p. 52-61, 2020.

DEMAMAN, Anelise Schwengber et al. Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-Campus Erechim. *Química Nova*, v. 27, p. 674-677, 2004.

DOS SANTOS, Guilherme Garcia Dias. Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Destilação. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/destilacao.htm>. Acesso em: 16 nov. 2023.

GERBASE, Annelise E.; COELHO, Fernando S.; MACHADO, Patrícia FL. Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 28, p. 3-3, 2005.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº12 de 16 de julho de 2013. Disponível em: <<https://11nk.dev/Py3Kj>> Acesso em 20.set.2023.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº13 de 18 de dezembro de 2012. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/rEMQ5>> Acesso em 20.set.2023.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos. Campinas: UNICAMP.2002. Disponível em: <<https://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF>> Acesso em: 02.out.2023.

LENARDÃO, Eder João et al. " Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, p. 123-129, 2003.

POLANSKIY, M. N. Refractive index database. Acesso em: 01 jun. 2023. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/oEHKR>> Acesso em: 15.out.2023

RELATÓRIO de Gestão, 2022. [S. l.], 2023. Disponível em: https://www.cefetmg.br/wp-content/uploads/2023/08/Relatorio-Gestao-CEFETMG-2022_2023-final.pdf. Acesso em: 16 nov. 2023.

SIGMA-ALDRICH. *Clorofórmio* - Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. v. 6.6, 2022. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/sds/aldrich/151823>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SOUSA-AGUIAR, Eduardo F. et al. Química verde: a evolução de um conceito. *Química Nova*, v. 37, p. 1257-1261, 2014.

TAUCHEN, Joel; BRANDLI, Luciana Londero. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. *Gestão & Produção*, v. 13, p. 503-515, 2006.

ANEXO I - PREVISÃO ANUAL DOS RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS
DE QUÍMICA ORGÂNICA DOS MÓDULOS I E II

FRASCOS	PREVISÃO VOLUMES (ml) / ANO	CONTEÚDOS	PRÁTICAS
01	928	Água destilada + naftaleno + benzoato de sódio + ácido oxálico + ácido benzoico + ácido salicílico + ácido acetil salicílico + acetanilida + ácido fórmico + ácido acético.	Solubilidade Recristalização Análise de Ácidos Carboxílicos
02	1536 (02 frascos)	Etanol + água destilada + éter de petróleo + naftaleno + benzoato de sódio + ácido oxálico + ácido benzoico + ácido salicílico + ácido acetil salicílico + acetanilida + ácido fórmico + ácido acético.	Solubilidade Recristalização Análise de Álcoois Análise de Ácidos
03	832	Éter etílico + hexano + éter de petróleo + GLP + naftaleno + benzoato de sódio + ácido oxálico + ácido benzoico + pedras de CaCl ₂ .	Solubilidade Análise de Hidrocarbonetos
04	1516 (02 frascos)	Mistura de I ₂ com solvente orgânico apolar + extrato aquoso contendo I ₂ e KI + etanol + isopropanol + terc butanol + NaOH(aq) + lugol (solução aquosa de I ₂ e KI) com possível formação de etanal, metano ato de sódio, acetona, etanoato de sódio, CHI ₃ e NaI.	Extração Simples Análise de Álcoois
05	718	Hexano + ciclohexano + cicloexeno + tolueno + KMnO ₄ (aq) + NaOH(aq) + NH ₄ OH concentrado + H ₂ SO ₄ concentrado + GLP com possível formação de ciclohexano-1,2-diol, propano-1,2-diol, butano-1,2-diol, ácido ce to-propanóico, ácido 2- ce to-butanóico, ácido fórmico, ácido acético, ácido propanoico, MnO ₂ , e K ₂ MnO ₄ .	Análise de Hidrocarbonetos
06	576	Hexano + ciclohexano + cicloexeno + tolueno + GLP + Br ₂ (aq) com possível formação de brometos orgânicos e HBr.	Análise de Hidrocarbonetos
07	288	Hexano + ciclohexano + cicloexeno + tolueno + H ₂ SO ₄ concentrado com possível formação de sulfato ácido de alquila e sulfonato de arila.	Análise de Hidrocarbonetos
08	375	AgNO ₃ (aq) + BaCl ₂ (aq) + HNO ₃ concentrado + NH ₄ OH concentrado + GLP + ácido acético + ácido fórmico + H ₂ SO ₄ concentrado com possível formação de AgCl, BaSO ₄ , alquinetos de Ag e NH ₃ , acetato de prata e formiato de prata.	Análise de Hidrocarbonetos Análise de Ácidos
09	448	Etanol + isopropanol + terc butanol + isopentanol + óleo + H ₂ O.	Análise de Álcoois

FRASCOS	PREVISÃO VOLUMES (mL)	CONTEÚDOS	PRÁTICAS
10	568	Etanol + isopropanol + terc butanol + acetona + formaldeído + ácido acético + ácido fórmico + $K_2Cr_2O_7(aq)$ + H_2SO_4 concentrado com possível formação de K_2SO_4 e $Cr_2(SO_4)_3$, aldeído fórmico e ácido fórmico.	Análise de Álcoois Análise de Aldeídos e Cetonas Análise de Ácidos
11	240	Etanol + isopropanol + terc butanol + Reativo de Lucas ($ZnCl_2$ + HCl) com possível formação de cloreto de terc butila e cloreto de isopropila.	Análise de Álcoois
12	116	Etanol + isopropanol + terc butanol + sódio metálico + fenolftaleína com possível formação de etóxido de sódio, isopropóxido de sódio e terc butóxido de sódio.	Análise de Álcoois
13	384	Acetona + formaldeído + ácido fórmico + ácido acético + $NaOH$ + Reativo de Tollens ($NaOH$ + H_2O + $AgNO_3$ + NH_4OH) com possível formação de prata metálica e NH_4NO_3 .	Análise de Aldeídos e Cetonas Análise de Ácidos
14	256	Acetona + formaldeído + $CuSO_4$ anidro + Reativo de Fehling ($CuSO_4$ + H_2O + KOH + tartarato de sódio e potássio) com possível formação de ácido fórmico, Cu_2O e K_2SO_4 .	Análise de Aldeídos e Cetonas
15	262	Ácido acético + ácido salicílico + etanol + metanol + álcool isoamílico + H_2SO_4 concentrado com possível formação de acetato de etila, acetato de isopentila, salicilato de metila e água.	Análise de Ácidos
16	112	Anilina + formaldeído com possível formação de trimetileno-trifenil-triamina e água.	Análise de Aminas e Amidas
17	544	Anilina + $HCl(aq)$ + $NaNO_2(aq)$ + β -naftol + $NaOH(aq)$ com possível formação de fenol, HCl e N_2 , $NaCl$ e do corante fenil-azo- β -naftol.	Análise de Aminas e Amidas
18	343	Uréia + $CuSO_4(aq)$ + $NaOH(aq)$ + $H_2SO_4(aq)$ + $BaCl_2(aq)$ com possível formação de biureto, amônia, $BaSO_4$ e NH_4OH .	Análise de Aminas e Amidas