



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



# **Alternativas de melhoria para benefícios ambientais no processo de gestão de resíduos químicos da UFRGS**

*Autor: Pedro Motta Grigorieff*

*Orientadora: Profa. Dra. Liliana Amaral Feris*

*Co-orientadora: Keila Guerra Pacheco Nunes*

Porto Alegre, abril de 2023



Autor: Pedro Motta Grigorieff

# Alternativas de melhoria para benefícios ambientais no processo de gestão de resíduos químicos da UFRGS

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à COMGRAD/ENQ da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química*

Orientadora: Profa. Dra. Liliana Amaral Feris  
Co-orientadora: Keila Guerra Pacheco Nunes

Banca Examinadora:

Prof. Dr. André Rodrigues Muniz, Professor Associado, DEQUI/UFRGS

Me. Greice Vanin Oliveira, Divisão Técnica, CGTRQ/UFRGS

Porto Alegre, 2023

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Carolina e Yuri, pelo apoio incessante durante o período de graduação, por me motivar e prover todo o possível para meu desenvolvimento pessoal e profissional. Vocês acreditaram em mim, assim espero que se sintam parte da realização desta conquista.

Às minhas orientadoras Liliana e Keila, agradeço pelos ensinamentos e disponibilidade para trabalharmos em conjunto. Também agradeço seu incentivo no desenvolvimento do estudo, conselhos e paciência nos momentos desafiadores.

Agradeço aos colaboradores do CGTRQ, Alexandre, Eduardo, Larissa e Greice pela oportunidade de trabalho, pelos bons momentos compartilhados no dia a dia, aprendizados e companheirismo.

Aos meus colegas de graduação, em especial ao Wolmir, Luís, Guilherme B., Lucas, Guilherme R. e Nathaniel, obrigado pelos grupos de estudos, refeições no RU e vivências universitárias. A amizade de todos foi um privilégio que seguirá para o resto da vida.

Por fim, agradeço às amizades acumuladas durante os anos pelos momentos vividos e experiências compartilhadas, essenciais para a construção da pessoa que sou hoje.

## RESUMO

O gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino superior é uma tarefa complexa, dado que são gerados pequenos volumes com composições muito diversas, por uma grande quantidade de laboratórios. O presente trabalho buscou estudar como ocorre a gestão de resíduos no Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e avaliar alternativas de melhoria para o processo de gestão utilizado, visando mitigar impactos ambientais atrelados a essa prática. Inicialmente, realizou-se uma avaliação quantitativa dos resíduos químicos produzidos pelas atividades laboratoriais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Com a produção de resíduos mapeada e quantificada, foram avaliadas alternativas de melhoria objetivando a mitigação do potencial dano ambiental causado pelos tratamentos e disposições finais empregados. Adicionalmente, foram avaliadas alternativas de melhoria em relação à conscientização ambiental do gerador.

Palavras-chave: resíduo químico, gerenciamento de resíduos, instituições de ensino superior.

## ABSTRACT

The management of chemical waste in higher education institutions is a complex task, as small volumes with very diverse compositions are generated by a large number of laboratories. The present study aimed to investigate waste management at the Center for Management and Treatment of Chemical Waste at the Federal University of Rio Grande do Sul and evaluate improvement alternatives for the management process used, aiming to mitigate environmental impacts associated with this practice. Initially, a quantitative assessment of the chemical waste produced by laboratory activities at the Federal University of Rio Grande do Sul was carried out. With waste production mapped and quantified, improvement alternatives were evaluated to mitigate the potential environmental damage caused by the treatments and final disposals used. Additionally, improvement alternatives were evaluated regarding the environmental awareness of the generator.

Keywords: chemical waste, waste management, higher education institutions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral das etapas do gerenciamento de resíduos.....	3
Figura 2 - Hierarquia de ações para implantação de um programa de gestão de resíduos .....	4
Figura 3 – Ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos sólidos.....	9
Figura 4 - Etapas do processo de gestão de resíduos químicos .....	12
Figura 5 - Destinações finais atribuídas para cada classe de resíduo químico gerado pela UFRGS .....	22
Figura 6 - Descrição das etapas e conteúdos abordados no trabalho .....	23
Figura 7 - Descrição da forma de estratificação dos dados analisados.....	24
Figura 8 - Quantidade de resíduos químicos recebidos pelo CGTRQ entre os anos de 2018 e 2022, em toneladas .....	24
Figura 9 - Quantidade, em kilogramas, de resíduos recebidos no período de 2018 a 2022, estratificadas por tipo de resíduos.....	25
Figura 10 - Quantidade, em kilogramas, de resíduos recebidos no período de 2018 a 2022, estratificados por local de origem.....	26
Figura 11 - Perfil de classes de resíduos recebidos pelo CGTRQ, de 2018 a 2022 .....	28
Figura 12 - Perfil das destinações finais utilizadas pelo CGTRQ, de 2018 a 2022 .....	30

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Método de tratamento utilizado de acordo com o tipo de resíduo e instituição..	5
Quadro 2 – Descrição das principais leis ambientais, de escopo nacional.....	8
Quadro 3 – Principais normativas utilizadas em gestão de resíduos .....	10
Quadro 4 - Descrição das funções de cada instalação do CGTRQ.....	11
Quadro 5 - Classificação de resíduos para coleta e orientações de acondicionamento inicial para cada classe de resíduo .....	13
Quadro 6 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos orgânicos.....	15
Quadro 7 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos aquosos.....	16
Quadro 8 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos à base de óleo .....	17
Quadro 9 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos sólidos.....	17
Quadro 10 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos diversos .....	18
Quadro 11 - Descrição dos campos da planilha eletrônica, com relação ao gerador .....	18
Quadro 12 - Descrição dos campos da planilha eletrônica, com relação ao resíduo.....	19
Quadro 13 - Relação entre a classificação dos resíduos químicos e suas destinações finais..	29
Quadro 14 - Potencial de impacto ambiental de cada destinação final.....	30
Quadro 15 - Alternativas de melhoria para destinações finais avaliadas como alto e médio impacto ambiental .....	32
Quadro 16 - Enfoques já utilizados no treinamento e enfoques sugeridos para complementação .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Somatório de massa líquida (kg) de cada classe de resíduo, de 2018 a 2022 .....	27
Tabela 2 - Somatório de massa líquida (kg) por tipo de destinação, de 2018 a 2022 .....	29

---

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	Produção de resíduos no meio acadêmico	2
2.2	Gestão de resíduos nas universidades	2
2.3	Destinações Finais e Processos de Tratamento mais utilizados	5
2.3.1	Métodos de tratamento para resíduos líquidos	6
2.3.2	Métodos de tratamento para resíduos sólidos	7
2.4	Legislações Ambientais	8
3	ESTUDO DE CASO	10
4	METODOLOGIA	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	Análise Quantitativa dos Resíduos Químicos	23
5.2	Alternativas de Melhoria do Sistema de Gestão	31
5.2.1	Alternativas de melhoria em relação à destinação final	31
5.2.2	Alternativas de melhoria em relação ao gerador	32
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	34
	REFERÊNCIAS	35
	ANEXO A	39

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito desenvolvimento sustentável se baseia na utilização dos recursos naturais da Terra objetivando atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas. Tal concepção é fundamental para a compreensão do uso mais adequado das matérias-primas visando à mínima produção de resíduos como consequência das operações às quais as matérias-primas são submetidas. Impactos ambientais decorrentes de descartes inadequados de resíduos sólidos, industriais e urbanos, manuseio indevido dos mesmos e falta de destinação correta desses mostram a necessidade da conscientização da população e das indústrias referentes à necessidade de um processo de gestão de resíduos adequado que mitigue ao máximo quaisquer danos à saúde e ao ambiente.

Torna-se importante observar que as legislações ambientais e as normas reguladoras são as principais ferramentas para garantir a proteção do meio ambiente e a sustentabilidade. Suas instaurações regulamentam as atividades relacionadas ao gerenciamento de resíduos químicos, desde sua geração, padrões de identificação e rotulagem, até sua disposição final. No Brasil, destacam-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010 e a Resolução nº430/2011 do CONAMA. Ainda que estas sejam exigentes e dispõem sobre sanções penais e administrativas aos infratores, o país ainda identifica danos ambientais decorrentes do mal gerenciamento de resíduos químicos. Esse fato evidencia a necessidade de fiscalização e divulgação constante dessas normativas para que estas leis sejam cumpridas de acordo.

Resíduos tem como origem diferentes fontes de produção, onde municípios e indústrias são os mais conhecidos. Entre outras fontes de produção de resíduos, incluem-se as instituições de ensino superior. Estas, ainda que não sejam fontes produtoras de resíduos em larga escala, apresentam uma situação particular, visto que além dos resíduos sanitários, também são responsáveis pela produção de diferentes resíduos de pequeno volume, alta diversidade de composição e níveis de periculosidade, geralmente provenientes das atividades de laboratórios de ensino e pesquisa. Nesse caso, a gestão de resíduos torna-se desafiadora, podendo adquirir caráter extremamente complexo em função da necessidade da empregabilidade de variadas técnicas de tratamento e destinações finais adequadas a cada tipo de resíduo em concordância com as legislações vigentes. Além disso, estas técnicas de tratamento e legislações estão em constante desenvolvimento, fazendo com que seja necessária a constante atualização dos processos de gestão de resíduos.

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), todos os resíduos produzidos em laboratórios de pesquisa e de ensino devem ser encaminhados para o tratamento no Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos, que é o órgão responsável pelo processo de gestão de resíduos, desde 2001. A operação do setor vem sendo aprimorada com a contribuição dos seus colaboradores e alunos de forma contínua, entretanto existem oportunidades de melhoria passíveis de serem estudadas. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é realizar um diagnóstico dos tipos e quantidades de resíduos recebidos pelo Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos da UFRGS (CGTRQ) e avaliar alternativas de melhoria, em termos ambientais, do processo de gestão de resíduos por meio de um estudo de caso.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo tem a finalidade de apresentar um embasamento teórico a respeito da geração e gestão de resíduos em Instituições de ensino superior para contextualizar o assunto e sua importância.

### 2.1 Produção de resíduos no meio acadêmico

Um resíduo químico é definido, pela NBR 14.725-1 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como substância, mistura ou material remanescente de atividades de origem industrial, serviços de saúde, agrícola e comercial a ser destinado conforme legislação ambiental vigente, para utilização em outro processo, reprocessamento/recuperação, reciclagem, coprocessamento, destruição térmica e aterro. Os laboratórios acadêmicos de ensino e pesquisa não são citados diretamente pela norma, porém são considerados como unidades geradoras devido à semelhança de seus processos com os citados em normativa (SOUZA, 2020). Dessa forma, a problemática em relação à produção de resíduos químicos por laboratórios de ensino e pesquisa de universidades, assim como em relação às destinações finais utilizadas, têm sido alvo de discussão ao longo dos anos. Isso deve-se às particularidades desses resíduos, que apresentam elevada diversidade de composição, dificultando seu processo de gestão em termos de determinar um padrão de destinações finais para todos (GERBASE *et. al.*, 2005).

O trabalho desenvolvido por SOUZA (2020 apud MENACHO, 2016) cita os principais resíduos gerados em laboratórios de universidades federais como: produtos químicos obsoletos (reagentes não padronizados e/ou de projetos abandonados), solventes orgânicos usados (halogenados e não halogenados), soluções ácidas e básicas, diluídas ou contaminadas, soluções de metais pesados, misturas complexas resultantes de reações químicas, catalisadores e óleos usados, amostras diversas contaminadas e águas de lavagem contaminadas. A grande diversidade na geração de resíduos entre as universidades pode ser explicada pelas diferentes linhas de pesquisa desenvolvidas em cada instituição. Enquanto algumas geram grandes volumes de solventes orgânicos, outras geram soluções inorgânicas em maiores quantidades (NOLASCO, TAVARES, BENDASOLLI, 2006). Diante disso, cabe às instituições de ensino superior assumir a responsabilidade da adequação de seus sistemas de gerenciamento de resíduos, tendo em vista a minimização dos impactos sobre o meio ambiente a partir da conscientização da comunidade acadêmica envolvida na geração de resíduo (FURIAM & GÜNTHER, 2006). Adicionalmente, as universidades devem incentivar a utilização de reagentes menos perigosos e fomentar a não geração de resíduos (JARDIM, 1998).

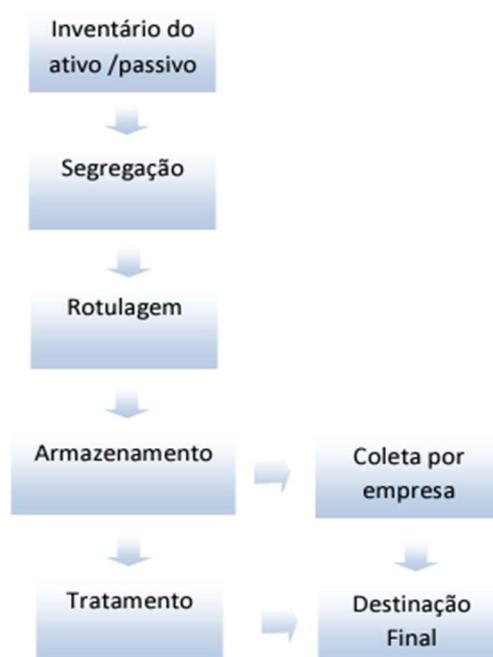
### 2.2 Gestão de resíduos nas universidades

Em 1992, foi realizada na cidade do Rio de Janeiro a conferência global conhecida como Eco-92, que popularizou o conceito de desenvolvimento sustentável e esclareceu o senso de responsabilidade ambiental por parte do gerador de resíduo (TAUCHEN & BRANDLI, 2006). No Brasil, a preocupação dos laboratórios de atividades de ensino em relação à geração de seus resíduos teve início após 1992, quando estas instituições passaram a ser vistas como unidades geradoras (MARINHO *et. al.*, 2011). Uma série de instituições acadêmicas conceituadas realizam o gerenciamento de resíduos, colocando em prática as suas responsabilidades pelos possíveis danos causados pelo descarte final. No Brasil, Reis (2014) realizou um levantamento

das universidades federais que realizam a gestão de resíduos, sendo as instituições mais notáveis a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal da Fronteira do Sul (UFFS) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), totalizando quase 50% das instituições federais do país. Antoniassi e Silva (2017) trazem relatos mais atuais de outras instituições brasileiras que realizam sua gestão de resíduos, como a Universidade de Caxias do Sul (UCS), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz” (ESALQ), Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ – USP), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Universidade Estadual de Feira do Santana (UEFS) e Universidade Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

O estudo elaborado por Lima (2012) ressalta que cada instituição possui suas particularidades em relação ao processo de gestão de resíduos. Contudo, aplica-se, para fins de estudo, o conceito estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 306/2004, para gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: *“um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados, um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente”* (BRASIL, 2004). Esta RDC foi revogada e substituída pela RDC 222/2018. A Figura 1 representa as principais atividades de um processo de gestão de resíduos.

Figura 1 - Fluxograma geral das etapas do gerenciamento de resíduos

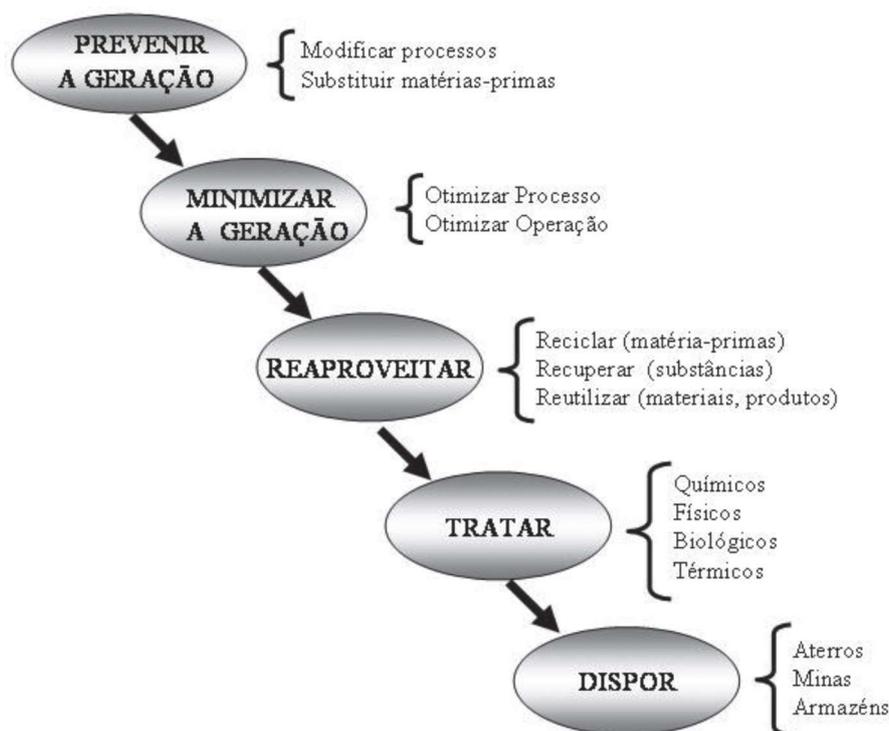


Fonte: REIS (2014)

A etapa de Inventário possui a finalidade identificar, de forma qualitativa e quantitativa, os resíduos armazenados a fim de definir as melhores destinações finais e formas de tratamento. A Segregação consiste em separar resíduos previamente identificados, através do Inventário, em diferentes acondicionamentos visando a facilitação do tratamento do resíduo, sendo de vital importância que este seja identificado no momento de geração. A etapa de Rotulagem é um ponto importante do processo, visto que a correta identificação de cada resíduo é vital para as próximas etapas do processo. O armazenamento dos resíduos é necessário dado que a destinação final não é realizada de forma imediata, porém esta etapa possui o objetivo de garantir a segurança do resíduo e do local de armazenagem. Por fim, a Disposição consiste em encaminhar o resíduo de forma adequada ao local onde este será depositado de forma definitiva, podendo haver pré-tratamento ou não (REIS, 2014).

A implementação de um programa de gerenciamento de resíduos leva em conta não apenas a legislação vigente, mas principalmente a instrução dos participantes em termos de aderir a uma nova mentalidade que se preocupe com os impactos ambientais de menosprezar a gestão de resíduos (CARDOSO, 2011). Ainda que os processos de gestão estejam bem definidos, apenas isso não garante a mitigação dos impactos ambientais dos resíduos (ANTONIASSI, SILVA, 2017). A mudança de atitude de todos os participantes da instituição, sejam funcionários, alunos, professores, terceirizados ou servidor, através da conscientização ambiental é o ponto crítico para a excelência de qualquer processo de gerenciamento de resíduos (SOUZA, 2020). Adicionalmente, o programa de gerenciamento de resíduos busca seguir uma hierarquia de ações em relação ao resíduo que visam a não geração de resíduo (TAVARES, BENDASSOLLI, 2005). A Figura 2 representa a escala de prioridades a ser seguida em um processo de gerenciamento de resíduos.

Figura 2 - Hierarquia de ações para implantação de um programa de gestão de resíduos



Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2023)

### 2.3 Destinações Finais e Processos de Tratamento mais utilizados

Fatores como características de resíduos gerados, disponibilidade de serviços de coleta e viabilidade de implementação de tratamentos fazem com que cada instituição adote diferentes processos de tratamento e destinações finais (OLIVERA, BRAGA, VILLARDI, KRAUSS, 2019). O estudo elaborado por Reis (2014) apresenta o levantamento realizado em relação aos principais métodos utilizados pelas universidades federais para tratar metais pesados, solventes orgânicos e resíduos perigosos, representado no Quadro 1.

Quadro 1 – Método de tratamento utilizado de acordo com o tipo de resíduo e instituição

<b>Instituições Federais</b>	<b>Metais Pesados</b>	<b>Orgânicos</b>	<b>Resíduos Perigosos</b>
UFU	Precipitação seletiva	Segregados armazenados em frascos para futura disposição final	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada
UFLA	Precipitação seletiva	Destilação, neutralização, POA	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada
UFMG	Segregados, armazenados e coletados por empresa especializada para incineração	Segregados, armazenados e coletados por empresa especializada para incineração	Segregados, armazenados e coletados por empresa especializada para incineração
UNIFESP	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada
UFRGS	Precipitação de metais	Coprocessamento, destilação, incineração	Aterro Industrial
FURG	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada
UTFPR	Precipitação de metais	Neutralização	Aterro Industrial
UFSC	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada	Segregados e armazenados para coleta por empresa especializada
UFPB	Estocados aguardando destinação final	Estocados aguardando destinação final	Estocados aguardando destinação final

Fonte: Adaptado de REIS (2014)

A partir da análise do Quadro 1, é possível identificar que as principais destinações finais utilizadas pelas instituições federais assim como seus processos de tratamento, quando não terceirizados, sendo estas: Precipitação de metais, Precipitação seletiva, Neutralização, Destilação, Processo oxidativo avançado (POA), coprocessamento e incineração.

A maioria das instituições de ensino adotam em seus processos de gestão de resíduos a escala de prioridades apresentada na Figura 2. Dessa forma, os processos de Reciclagem, Recuperação e Reutilização são amplamente utilizados para a maior quantidade possível de resíduos com o intuito de minimizar a utilização de destinações finais que proporcionem maiores impactos ambientais (ANTONIASI, SILVA, 2017).

### 2.3.1 Métodos de tratamento para resíduos líquidos

Estes métodos são direcionados aos tratamentos de efluentes líquidos e podem ser categorizados dependendo da natureza do processo, podendo ser baseados em transferência de fase ou na destruição dos poluentes por oxidação.

A transferência de fase consiste em reduzir o drasticamente o volume de meio contaminado através da obtenção de duas correntes ao final do tratamento, uma concentrada com o(s) resíduo(s) contaminantes(s) e outro diluída, praticamente limpa. Vale ressaltar que esse tipo de tratamento não elimina completamente os poluentes, gerando outros resíduos que necessitam de tratamentos adequados (TEIXEIRA e JARDIM, 2004). Algumas universidades possuem a estrutura para realização do tratamento in loco de metais pesados, porém a maioria opta pela terceirização do serviço. Dentre os tratamentos apresentados no Quadro 1, se enquadram nesta definição os tratamentos de precipitação de metais, neutralização e destilação.

A precipitação de metais e seletiva, consiste no controle de pH focados em soluções aquosas com contaminantes inorgânicos que resulta na formação de hidróxidos ou óxidos precipitados. A neutralização funciona de maneira semelhante, porém consiste na adição de ácidos ou bases para a formação de sais precipitados com o poluente. O método de destilação também é baseado na transferência de fase, com foco no tratamento de soluções orgânicas, a partir da diferença entre temperaturas de ebulição dos componentes presentes na mistura de resíduo (BENEDITO *et. al.*, 2018).

Os métodos oxidativos consistem na mineralização do poluente por agentes físicos, biológicos ou químicos, isto é, a degradação dos poluentes até gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) (BAIRD, 2002). O método mais utilizado desse tipo, pelas universidades federais, é a incineração direcionada para compostos orgânicos (líquidos e sólidos) e para resíduos sólidos perigosos (Classe I da NBR 10.004/04). Este tratamento é amplamente popular e um dos mais antigos em operação e consiste em submeter poluentes orgânicos à combustão controlada em altas temperaturas para degradação. Entretanto, esse método possui altos custos e operação complexa, com temperaturas superiores a 850°C, que fazem com que a aplicabilidade para soluções aquosas não seja adequada devido à alta energia necessária para vaporizar resíduos aquosos, ainda que utilizadas com frequência (TEIXEIRA e JARDIM 2004). Adicionalmente, a incineração possibilita a formação de compostos mais tóxicos do que o resíduo preliminar como emissões gasosas com compostos recalcitrantes (PELIZZETTI *et. al.*, 1992). Moyers e Wu (1985) citam a os riscos da utilização de cloro como agente oxidante, pois geram compostos gasosos conhecidos como THM (Trihalometanos), que são considerados cancerígenos.

A grande maioria das instituições de ensino superior não possuem a infraestrutura necessária para realizar a incineração in loco, assim sua utilização é executada através de empresa especializada que realiza a coleta dos resíduos destinados a esse tratamento (REIS,

2014). No passado, o Estado do Rio Grande do Sul proibia o uso de incineradores em seu território fazendo com que as instituições gaúchas recorram à utilização dessa técnica via contratações de empresas especializadas de outros estados (AMARAL *et. al.*, 2001). Atualmente, a incineração é permitida conforme as diretrizes Política Estadual de Resíduos Sólidos, porém a oferta do serviço é muito baixa (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Dada a problemática em relação a incineração, se intensificaram a utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs) a partir do final da década de 90 para a degradação de compostos orgânicos (GÁLVEZ *et. al.*, 2001). São tratamentos que utilizam a geração de radicais hidroxila (OH\*) que realizam a função de agente oxidante para promover rapidamente a mineralização de compostos orgânicos poluentes em água (H<sub>2</sub>O), gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e ânions inorgânicos. Os POAs possuem a vantagem de serem processos limpos e não seletivos, podendo degradar inúmeros compostos independentemente da presença de outros, que não geram resíduos prejudiciais ao ambiente (TEIXEIRA e JARDIM, 2004). Ainda que este tipo de tratamento seja bem descrito na literatura, são poucas as instituições que os utilizam ou buscam empresas especializadas para aplicação (REIS, 2014).

### 2.3.2 Métodos de tratamento para resíduos sólidos

As instituições de ensino superior geram significativas quantidades de resíduos sólidos que possuem destinações distintas a depender da classificação do resíduo sólido. A aplicabilidade dessas destinações geralmente é realizada por empresas externas especializadas, devido a inviabilidade de aplicação dos processos diretamente nas universidades (REIS, 2004).

Especificamente, os métodos de tratamento para resíduos sólidos são regidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas através da NBR 10.004 de 2004, que descreve a classificação de resíduos perigosos e não perigosos:

- Classe I: Perigosos

São aqueles que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

- Classe II: Não Perigosos

- Classe II A: Não Inertes Resíduos que não apresentam periculosidade, porém, não são inertes e podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
- Classe II B: Inertes Resíduos que, submetidos ao teste de solubilização da (ABNT NBR: 10.006), não apresentam nenhum de seus solutos em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

O coprocessamento é largamente utilizado na indústria cimenteira, consistindo no abastecimento de fornos de produção de cimento com adição de resíduos químicos para geração de calor durante a produção do clínquer. Dessa forma, os resíduos conseguem ser reaproveitados como matéria prima de outro processo, configurando um grande benefício ambiental. Os gases gerados pela queima não são de natureza tóxica, ainda que necessitem

de tratamento para liberação na atmosfera, devido ao tipo de resíduo utilizado, em geral sólidos com poder calorífico que não apresentam toxicidade e periculosidade (Classe IIA) (BAIRD, 2002). Adicionalmente, os resíduos de solventes orgânicos não halogenados são utilizados no coprocessamento devido ao seu poder combustível (CUNHA, 2000).

Nas universidades federais, resíduos sólidos de Classe I que não possuem maneira viável de tratamento são encaminhados para Aterros de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP), a depender da legislação vigente em cada local. O ARIP consiste em um local escavado no qual são dispostos os resíduos perigosos de forma ordenada sob o solo, regulados pela norma ABNT NBR 10.157/1987. Como os resíduos vão sendo acumulados durante anos de operação do aterro, evidencia-se a problemática ambiental em relação ao grande potencial de impacto ambiental gerado pelos gases e chorumes gerados no aterro (BENEDITO *et al.*, 2018).

## 2.4 Legislações Ambientais

De maneira geral, a execução do processo de gerenciamento resíduos, processos de tratamento e destinações finais utilizadas nas instituições federais são moldadas de acordo com as condições técnicas, operacionais e permissibilidade dos órgãos ambientais regulamentadores (NOLASCO, TAVARES, BENDASSOLLI, 2006). Além disso, cada nova lei formulada torna a responsabilidade com o resíduo e seus impactos vinculados à disposição final cada vez mais rígidos, fomentando a conscientização da população em termos de mitigar o impacto ambiental atrelado à geração de resíduos. O Quadro 2 representa as principais legislações federais e normas em vigência que regulamentam o funcionamento das instituições de ensino superior, em termos de gerenciamento de resíduos químicos e seu transporte, com suas descrições.

Quadro 2 – Descrição das principais leis ambientais, de escopo nacional

<b>Legislação Ambiental de Escopo Nacional</b>	<b>Descrição</b>
Constituição Federal Brasileira (1988). Artigo nº 225	Proteção ao Meio Ambiente
Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Política Nacional do Meio Ambiente
Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988	Transporte rodoviário de produtos perigosos
Decreto Federal nº 875, de 19 de julho de 1993	Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito
Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Lei Federal de Crimes Ambientais
Resolução CONAMA nº 358/2005	Tratamento e Disposição Final de Resíduos do Serviço de Saúde
Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos
Resolução CONAMA nº 430/2011	Condições e padrões de disposição de efluentes
Resolução ANTT nº 5.232, de 14 de dezembro de 2016	Instruções complementares ao regulamento terrestre do transporte de produtos perigosos.
RDC ANVISA nº 222/2018	Gerência de Regulamentação e Controle Sanitário em Serviços de Saúde

Fonte: Elaborado pelo autor

Em âmbito nacional, a grande maioria das instituições federais baseiam suas metodologias de gestão de resíduos embasadas Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) que regulamenta a prática denominada “Responsabilidade Objetiva”, ou seja, o gerador passa a ter responsabilidade sobre seu resíduo e possíveis danos causado em caso de descarte no ambiente (NOLASCO, TAVARES, BENDASSOLLI, 2006). A partir disso, foram formuladas uma série de legislações com o objetivo de regulamentar as atividades relacionadas ao transporte e depósito de resíduos, além de formas de penalização na forma de crimes ambientais. Entretanto, não havia padrões de disposição final para resíduos com características especiais com alto potencial de dano à saúde e ao ambiente, como toxicidade e periculosidade.

A Resolução nº 358 do CONAMA (BRASIL, 2005), que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos de serviços de saúde e outras providências, foi a primeira iniciativa federal de regulamentar a forma como resíduos perigosos eram descartados e tratados. Conforme LIMA (2012), o gerenciamento de resíduos químicos que apresentem riscos à saúde e ao ambiente podem ser contemplados por essa resolução. Essa resolução foi complementada pela Resolução nº 430 do CONAMA (BRASIL, 2011) com a finalidade de especificar, em termos técnicos, as condições em que efluentes devem ser descartados para que não prejudiquem o meio ambiente.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instaurada pela Lei nº12.305 (BRASIL, 2010) estabeleceu diretrizes de implementação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos e metas fundamentais para o desenvolvimento sustentável, que foram a base para a regulamentação de atividades como incineração e destinação para aterros (SOUSA, CAMPOS, OLIVEIRA, 2016). O artigo 7º define os objetivos da política, com destaque para a ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos sólidos, representada pela Figura 3.

Figura 3 – Ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos sólidos



Fonte: Adaptado de SOUSA *et. al.*, 2016

Como complementação às diretrizes de implementação de sistemas de gerenciamento de resíduos, a Resolução de Diretoria Colegiada nº222 (ANVISA, 2018) define etapas de manejo de resíduos do serviço de saúde como um modelo de gestão e como devem ser executadas. Contemplando segregação, acondicionamento, identificação, coleta interna, transporte

interno, armazenamento interno temporário, coleta externa, transporte externo e destinação, este modelo e suas regulamentações agregam à PNRS, no âmbito das instituições acadêmicas, principalmente em relação às recomendações de manuseio de resíduos e destinações finais adequadas.

Para o desenvolvimento dos padrões utilizados em seus sistemas de gestão de resíduos, as instituições de ensino superior utilizam as normativas ABNT para regulamentação da maioria das etapas do processo (SOUSA, 2020). O Quadro 3 apresenta as principais normas utilizadas e suas descrições.

Quadro 3 – Principais normativas utilizadas em gestão de resíduos

<b>Normas</b>	<b>Descrição</b>
ABNT NBR 12.809	Gerenciamento de resíduos de saúde intraestabelecimento
ABNT NBR 12.235	Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos
ABNT NBR 17.505	Armazenamento de Líquidos Inflamáveis
NBR-7500	Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.
NBR-7501	Transporte terrestre de produtos perigosos
NBR-13221	Transporte terrestre de resíduos

Fonte: Elaborado pelo autor

Para Sassioto (2005) a adoção de padrões comuns de identificação, armazenamento, transporte e gerenciamento interno são de importância fundamental para o funcionamento de um processo de gestão de resíduos. Além de um gerenciamento de resíduos bem estruturado, o envolvimento dos colaboradores na adoção das práticas de conscientização ambiental e cumprimento dos padrões representa o fator crítico para o sucesso do processo de gestão (MENACHO, 2016).

### 3 ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi realizado a partir da análise do processo de gestão de resíduos químicos utilizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CGTRQ – UFRGS) é o órgão auxiliar vinculado ao Instituto de Química da universidade responsável pela formulação e execução de todo o processo de gestão de resíduos químicos gerados pelos mais de 300 laboratórios da universidade, distribuídos em 5 campi, sejam eles oriundos de atividades de ensino ou de pesquisa. A equipe responsável é formada pela divisão técnica, composta por 4 servidores públicos e 4 bolsistas de graduação. Além disso, o centro também presta, pontualmente, serviços de manipulação de resíduos para empresas externas e conta com a atuação de um conselho consultivo do Instituto de Química, formado por 2 representantes docentes, um técnico administrativo e 1 discente (CGTRQ, Página Online 2023).

Desde sua fundação, em 2001, o centro de resíduos da universidade tem como objetivo reduzir o impacto ambiental que seria causado pela destinação incorreta das mais de 60 toneladas anuais de resíduos químicos gerados pelo meio acadêmico. Dessa forma, todas as suas atividades são regulamentadas pela FEPAM, órgão estadual responsável pelo

licenciamento ambiental, com licenças de operação renovadas a cada 5 anos. Além disso, o CGTRQ também é visto como referência para outras universidades do país, visto que muitas delas ainda não possuem um departamento específico que faça a gestão integrada de todos os resíduos químicos gerados por elas.

### 3.1 Infraestrutura do CGTRQ

O Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos da UFRGS está localizado no Campus do Vale, em Porto Alegre (RS), e possui cerca 2019 m<sup>2</sup> de área total com 7 prédios construídos (439 m<sup>2</sup>), além de uma Subestação de Força de 225 kVA. O Quadro 4 lista as principais instalações de cada prédio, com suas respectivas funções.

Quadro 4 - Descrição das funções de cada instalação do CGTRQ

Instalação	Função
Área Externa	Armazenamento provisório de resíduos químicos: •Resíduos sólidos perigosos para ARIP •Matéria prima para reciclagem, descontaminada
Prédio B - 43156	Laboratórios: •B1 - Purificação de Solventes Orgânicos e armazenamento provisório de solventes para destilação •B2 - Vestiários e banheiros •B3 - Triagem de Reagentes Não Desejáveis •B4 - Identificação de resíduos químicos
Prédio E	Almoxarifado
Prédio G	Armazenamento provisórios de resíduos aquosos para ETE
Prédio H - 43159	Salas administrativas e recepção de resíduos químicos
Prédio I - 43160	Depósito provisório de resíduos perigosos para incineração
Prédio J	Área de manipulação de resíduos perigosos

Fonte: Adaptado do site institucional do CGTRQ

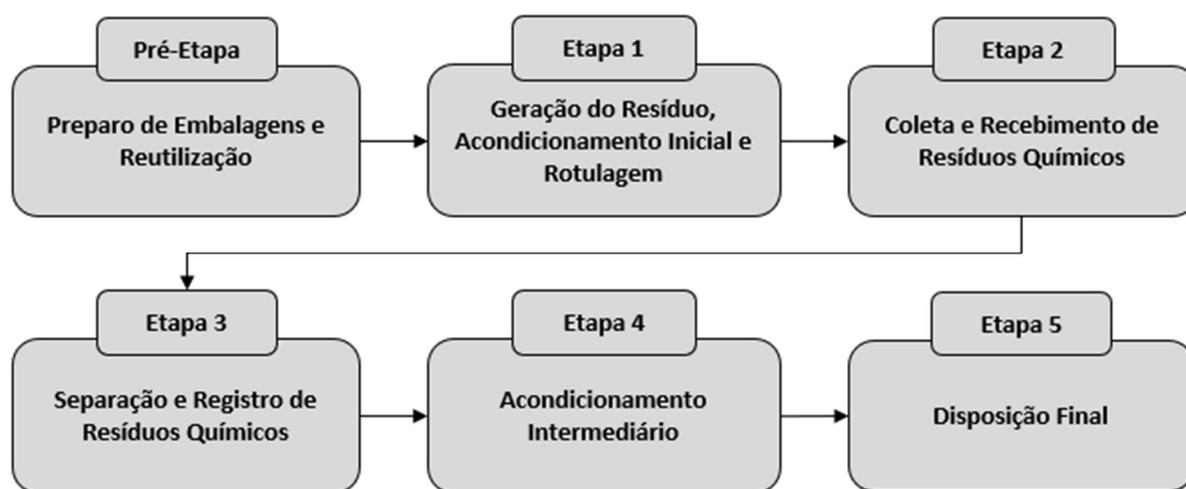
### 3.2 Processo de Gestão de Resíduos Químicos

O processo de gestão utilizado pelo CGTRQ funciona através do cumprimento de etapas fundamentais, que contam com a contribuição dos colaboradores do centro de resíduos e dos próprios geradores do resíduo químico. O processo possui a finalidade de identificar, quantificar, armazenar provisoriamente e destinar corretamente os resíduos químicos oriundos de atividades acadêmicas desenvolvidas pela universidade. Adicionalmente, também faz parte do processo de gestão de resíduos a aplicação de treinamentos, ministrados pela equipe técnica do centro, com a finalidade de educar todos os usuários dos laboratórios da universidade em relação à boas práticas de geração, descarte de resíduos nos ambientes laboratoriais e capacitação no processo de gestão de resíduos químicos. Outros resíduos gerados pela universidade, como radioativos, biológico, recicláveis e não recicláveis não fazem

parte do escopo de trabalho do centro, sendo gerenciados diretamente pela prefeitura da universidade ou por empresas terceirizadas.

As etapas do processo, com seus respectivos prazos e responsáveis, devem ser rigorosamente cumpridas para que a gestão ocorra da maneira correta. Portanto, o processo de gestão é organizado em 6 etapas padronizadas de acordo com a trajetória do resíduo químico, desde sua geração até a sua disposição final. A Figura 4 representa as atividades exercidas pelo CGTRQ, na forma de diagrama de blocos, no processo de gestão de resíduos.

Figura 4 - Etapas do processo de gestão de resíduos químicos



Fonte: Adaptado da apresentação de Treinamento em Gestão de Resíduos Químicos, elaborada pelo CGTRQ

As atividades acadêmicas da UFRGS geram um grande volume de resíduos, porém com uma alta diversidade de composição. Isso ocorre devido à grande variedade de atividades que são desenvolvidas nos laboratórios da universidade, além das particularidades de cada local de geração. Dessa forma, as etapas do processo de gestão são padronizadas de acordo com os procedimentos em comum adotados na gestão de todos os tipos de resíduos químicos.

#### *Pré-Etapa: Preparo de Embalagens e Reutilização*

O CGTRQ adota alguns tipos de embalagens para acondicionamento inicial como padrão baseadas no estado físico, no grau de toxicidade e nas características físico-químicas das substâncias constituintes do resíduo químico. Assim, é de responsabilidade da equipe técnica do centro de resíduos o fornecimento dessas embalagens em bom estado, sejam elas novas ou reutilizadas após higienização.

O centro de resíduos orienta os geradores a escolher as embalagens conforme as características do resíduo químico da seguinte forma (POP-4, CGTRQ, 2018):

- Resíduos líquidos devem ser armazenados, preferencialmente e quando compatíveis com o material, em bombonas plásticas de 5, 6, 10 ou 20 L, conforme a quantidade gerada e preferência do gerador. Em casos de

pequenas quantidades de líquidos e/ou resíduos que contenham ácido fluorídrico, peróxido de hidrogênio e ácido sulfúrico, se utilizam frascos de vidro âmbar de 1 L de boca larga ou frascos de plásticos de 1 L de boca larga.

- Resíduos sólidos devem ser armazenados em sacos plásticos de 10 L ou 60 L a depender da quantidade. Recomenda-se a utilização de caixas de papelão devidamente lacradas para vidrarias quebradas.
- Resíduos que não sejam compatíveis com as embalagens descritas deverão ser verificados individualmente, sob solicitação do gerador ao CGTRQ.

Esta etapa não está diretamente relacionada com a trajetória do resíduo químico, da sua geração até sua destinação final, porém é uma parte essencial do processo visto que o padrão de embalagens otimiza sua execução em termos logísticos e contribui para um manuseio de resíduos mais seguro.

#### *Etapa 1: Geração do Resíduo, Acondicionamento Inicial e Rotulagem*

A grande quantidade de laboratórios acadêmicos em operação na universidade gera um total volumoso de resíduos químicos com composições muito diversificadas, o que torna seu gerenciamento mais complexo (Oliveira, 2016). É de responsabilidade do gerador conhecer as características do seu resíduo químico, executar o planejamento das suas atividades, fazendo uma previsão dos tipos e quantidades de resíduos que serão gerados. A partir disso, este deve solicitar ao CGTRQ a quantidade de embalagens adequadas necessárias para cada tipo de resíduo gerado, de acordo com as orientações fornecidas.

O Acondicionamento Inicial visa separar cada tipo de resíduo gerado, seguindo as orientações de acondicionamento, de acordo com suas características, conforme a classificação de resíduos para coleta descrita no Quadro 5. Este Quadro também cita algumas orientações para realização de um acondicionamento inicial adequado, sendo que seu cumprimento facilita a logística dos resíduos e o trabalho da equipe técnica do CGTRQ para o acondicionamento intermediário (POP-2, CGTRQ, 2018).

Quadro 5 - Classificação de resíduos para coleta e orientações de acondicionamento inicial para cada classe de resíduo

<b>Classificação</b>	<b>Orientações de Acondicionamento</b>
Resíduo Químico Sólido	Qualquer resíduo químico que se apresente na forma de sólido, semissólido ou que contenha contaminação por particulados sólidos. Ao se acondicionar esse tipo de resíduo, manter vidros, metais ou materiais contaminados com solventes clorados em embalagens diferentes de materiais predominantemente constituídos de carbono como papéis, plásticos e borrachas, visto que esse tipo de material possui destinação diferente.
Solventes Orgânicos Passíveis de Purificação	Resíduo químico líquido contendo uma mistura de mais de 90% de acetato de etila, hexano ou de algum outro solvente orgânico de interesse econômico, sendo os demais 10% separáveis por destilação.

<b>Classificação</b>	<b>Orientações de Acondicionamento</b>
Solventes Orgânicos Halogenados e Benzeno	Resíduo químico líquido contendo solvente halogenado ou benzeno, independentemente da quantidade dos demais componentes de sua composição. Excepcionalmente nesta categoria, aceitam-se resíduos em duas fases.
Solventes Orgânicos não-Halogenados	Resíduo químico líquido contendo mais que 50% de solventes não halogenados, sem a presença de solventes halogenados.
Resíduo Aquoso	Resíduo químico líquido contendo mais de 50% de água e soluções aquosas. Não se deve deixar de mencionar na composição desse tipo resíduo a presença e, se possível, a concentração de metais pesados, formol, fenol, éteres, álcoois terciários ou cianetos, visto que esses componentes podem alterar a destinação final do resíduo.
Matéria Prima para Reciclagem	Material sem contaminação química adicional contendo papel, plástico, metal, vidro, óleo vegetal, vaselina líquida, glicerina líquida, óleo mineral, querosene, diesel, biodiesel ou mercúrio metálico. Cada tipo de material reciclável não deve ser misturado com outro, pois estes podem ter destinações finais diferentes.
Reagente não Desejável	Frascos de reagentes de laboratório, com data de vencimento expirada ou não, em bom estado de conservação que não sejam mais utilizados pelo gerador e que possam ser reutilizados por outro laboratório.
Resíduo Líquido Desconhecido	Resíduo líquido cuja composição é totalmente desconhecida pelo gerador. Esse tipo de resíduo é encaminhado para análises de identificação nos laboratórios do CGTRQ, de forma a especificar sua composição para que se realize a destinação correta.

Fonte: Adaptado do POP-2: Rotulagem e acondicionamento inicial de resíduos

A atividade de Rotulagem é a mais importante da primeira etapa do processo de gestão, pois a informação sobre a composição de cada resíduo coletado pelo CGTRQ é fundamental para classificar os resíduos químicos gerados com precisão e possibilitar um acondicionamento intermediário adequado por parte da equipe técnica do centro de resíduos. Como o gerador do resíduo é quem detém o conhecimento sobre a geração do seu resíduo, é de sua responsabilidade a seleção e preenchimento do rótulo de cada recipiente de resíduo químico. O rótulo contém informações essenciais para o CGTRQ sobre cada resíduo gerado, desde sua classificação (havendo um tipo de rótulo para cada tipo de resíduo), composição, data de geração, responsável pela geração, laboratório gerador e responsável legal de laboratório, sendo a base para o processo de gestão de resíduos químicos. As Figuras no Anexo A (A1-A8) ilustram o modelo de rótulos utilizado pelo centro.

### *Etapa 2: Coleta e Recebimento de Resíduos Químicos*

Conforme a rotina acadêmica vai sendo desenvolvida, os resíduos químicos vão sendo gerados e acondicionados inicialmente nas embalagens padrão no local de geração. É de responsabilidade do CGTRQ realizar o transporte destes recipientes cheios para as áreas do centro de resíduos, na medida que os laboratórios geradores solicitam a coleta.

A coleta de resíduos químicos é realizada duas vezes por semana, conforme cronograma, por uma equipe licenciada para exercer atividades relacionadas ao transporte de substâncias

perigosas. A cada etapa do processo de gestão, se nota a importância no cumprimento das orientações do CGTRQ, levando em consideração que apenas resíduos químicos devidamente acondicionados em embalagens adequadas e propriamente rotulados são coletados para disposição final. Em casos de resíduo impróprio para coleta, este é mantido no local e seu responsável é orientado sobre a execução correta da rotulagem e do acondicionamento inicial para uma coleta futura (POP-1, CGTRQ, 2018).

### *Etapa 3: Separação e Registro de Resíduos Químicos*

A partir do momento que os resíduos chegam na área de recebimento, é de responsabilidade do CGTRQ realizar a separação de acordo com seus diferentes tipos, conforme a classificação para acondicionamento intermediário. Esta reclassificação é mais específica que a classificação de resíduos para coleta, descrita na Etapa 1, por visar o planejamento da destinação final adequada de cada novo tipo de resíduo. Os Quadros 6, 7, 8, 9 e 10 descrevem as classes de resíduos para acondicionamento intermediário, estratificadas por resíduos sólidos, líquidos (orgânicos, aquosos e óleos) e diversos.

Quadro 6 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos orgânicos

<b>Classificação</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Resíduo de solvente orgânico halogenado	1	Resíduo contendo solvente halogenado ou benzeno.
Resíduo de solvente orgânico não halogenado	2	Resíduo contendo mais que 50% de solventes não halogenados, não contendo solvente halogenado.
Resíduo de solvente orgânico não halogenado limpo	2L	Resíduo constituído por uma mistura de solventes não halogenados, não contendo solvente halogenado e não contendo mais que 0.1% de água.
Resíduo de solvente orgânico passível de purificação (SOPP)	4	Resíduo contendo uma mistura de mais de 90% de acetato de etila, hexano ou mais de 90% de algum solvente que se caracterize pelo interesse econômico, sendo os demais 10% separáveis por destilação.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Quadro 7 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos aquosos

<b>Classificação</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Resíduo aquoso sem metais pesados	3	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, não contendo solvente halogenado ou formol, metais pesados, fenol nem cianeto.
Resíduo aquoso com prata	3Ag	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, contendo prata, não contendo solvente halogenado e não contendo formol, outros metais pesados, éteres, álcoois terciários, fenol nem cianeto.
Resíduo aquoso com formol	3F	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, contendo pelo menos 10% de formol, não contendo solvente halogenado e não contendo metais pesados, éteres, álcoois terciários, fenol nem cianeto.
Resíduo aquoso com metais pesados	3M	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, não contendo solvente halogenado, contendo metais pesados e não contendo fenol, éteres, prata, álcoois terciários, cianeto, mercúrio nem cromo.
Resíduo aquoso com manganês	3Mn	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, não contendo solvente halogenado e não contendo metais pesados e não contendo fenol, éteres, álcoois terciários, cianeto, mercúrio nem cromo.
Resíduo aquoso não tratável	3T	Resíduo contendo mais que 50% de água e soluções aquosas, não contendo solvente halogenado e contendo fenol, cianeto, éteres, álcoois terciários, mercúrio ou cromo.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Quadro 8 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos líquidos à base de óleo

<b>Classificação</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Diesel	8	Resíduo contendo majoritariamente óleo diesel, sem a presença de solventes halogenados ou solventes não halogenados.
Resíduo de óleo mineral	9	Resíduo contendo majoritariamente óleo mineral, sem a presença de solventes halogenados ou solventes não halogenados.
Resíduo de óleo vegetal	14	Resíduo contendo majoritariamente óleo vegetal, sem a presença de solventes halogenados ou solventes não halogenados.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Quadro 9 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos sólidos

<b>Classificação</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Material para reciclagem (MPR)	5	Resíduos sólidos constituídos por materiais passíveis de reciclagem, como plásticos limpos, papéis e papelões.
Resíduo sólido para incineração	20	Resíduo sólido oriundos de tratamentos quimioterápicos.
Vidro limpo	5V	Resíduo sólido de vidro sem contaminação.
Resíduo sólido para aterro	6A	Resíduos sólidos sem poder calorífico, como vidros e frascos contendo reagentes não inflamáveis. Incluem-se latas de tinta contendo menos que 5% de tinta em seu interior.
Resíduo sólido para coprocessamento	6C	Resíduos sólidos inflamáveis e combustíveis, exceto PVC, frascos de reagentes que contenham cloro e resíduos oriundos de tratamentos quimioterápicos. Incluem-se latas de tinta contendo pelo menos 5% de tinta em seu interior.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Quadro 10 - Descrição das classes de resíduos químicos para acondicionamento intermediário de resíduos diversos

Classificação	Código	Descrição
Reagente não desejável (RND)	7	Frascos de reagentes quaisquer, vencidos ou não, fechados e em bom estado de conservação que não sejam mais necessários para o gerador e que sejam de interesse para a UFRGS.
Mercúrio (Hg)	10	Resíduo contendo mercúrio.
Desativação	19	Resíduo instável e muito reativo com necessidade de desativação.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Depois da separação, são armazenados em planilha eletrônica, todas as informações sobre o resíduo, conforme as descrições no rótulo, e sobre o gerador. Para cada classe de resíduo, é executada a pesagem de cada embalagem presente na área de recebimento e, então, inseridas todas as informações de todos os resíduos (POP-5, CGTRQ, 2018).

O software utilizado pelo CGTRQ para o gerenciamento da planilha eletrônica é o Microsoft Access, ideal para a estruturação de bases de dados com muita informação, e seu preenchimento é realizado na forma de "entradas", sendo que cada embalagem de resíduo rotulada e pesada corresponde a uma linha desta planilha. Os Quadros 11 e 12 descrevem os campos a serem preenchidos na planilha pela divisão técnica do centro de resíduos, com relação ao gerador e ao resíduo químico, respectivamente.

Quadro 11 - Descrição dos campos da planilha eletrônica, com relação ao gerador

Dados do Gerador do Resíduo Químico	Descrição
Responsável Técnico	Nome do gerador principal do resíduo.
Responsável Legal	Nome do responsável pela atividade que resulta na geração do resíduo.
Campus	Especificação do campus em que se situa o laboratório gerador do resíduo (Agronomia, Vale, Centro, Saúde, Litoral e Olímpico).
Unidade	Unidade ou escola à qual pertence o laboratório gerador do resíduo.
Departamento	Departamento ao qual pertence o laboratório gerador do resíduo.
Laboratório	Nome e número, quando aplicável, do laboratório gerador do resíduo.
Prédio	Número do prédio ao qual pertence o laboratório gerador do resíduo.
Sala	Número da sala do laboratório gerador do resíduo.
Ramal	Telefone para contato com os responsáveis pela geração do resíduo.
P/G/A/S	Sigla correspondente ao tipo de atividade que gerou o resíduo: Pesquisa, Graduação, Armazenamento ou Serviço.

Fonte: Adaptado do POP-5: Separação e registro de resíduos químicos

Quadro 12 - Descrição dos campos da planilha eletrônica, com relação ao resíduo

Dados do Resíduo Químico	Descrição
Classificação	Código referente à classe do resíduo, conforme a classificação utilizada para acondicionamento intermediário.
Soluto	Componentes sólidos do resíduo líquido. Em caso de resíduos sólidos, descreve-se a composição total do resíduo, incluindo a fonte de contaminação do material.
Solvente	Componentes líquidos majoritários do resíduo líquido. Vazio em caso de resíduo sólido.
Data de Entrada	Data em que foi recebido o resíduo nas dependências do CGTRQ.
Massa Líquida (g)	Massa do resíduo, em gramas, informada pela balança de pesagem, descontada da massa do recipiente (que são conhecidas devido à padronização de embalagens).
Volume (L)	Volume, em litros, de resíduo presente. Calcula-se a diferença entre a massa das embalagens e a massa líquida, que é estimada através do cálculo de densidade de mistura.
Volume (m <sup>3</sup> )	Volume, em metros cúbicos, de resíduo presente nos sacos plásticos padrão do CGTRQ para resíduos sólidos não recicláveis (6A, 6C e 20). Considera-se o quanto do volume total do saco, que é conhecido, está preenchido.
Nº de Sacos Plásticos	Quantidade de sacos plásticos nos quais estão contidos os resíduos sólidos.

Fonte: Adaptado do POP- 5: Separação e registro de resíduos químicos

Conforme novos resíduos vão sendo recebidos com o passar dos dias, a planilha vai sendo alimentada com todas as informações necessárias para que, ao final de cada ano, seja realizado o estudo da situação atual. A construção dessa base de dados é o pilar fundamental para o acompanhamento dos resíduos gerados pela universidade, assim como para o planejamento e aprimoramento do sistema de gestão de resíduos químicos utilizado pelo CGTRQ.

#### *Etapa 4: Acondicionamento Intermediário*

O acondicionamento intermediário é a última etapa do processo de gestão antes da destinação final de cada classe de resíduos. Essa etapa consiste na atividade de transferência, de todos os resíduos químicos recebidos pelo centro, para o contêiner padrão, identificado por classe, adotado pelo CGTRQ. A classificação do resíduo é, fundamentalmente, o que define qual recipiente deve ser utilizado para o acondicionamento intermediário, para que estes sejam compatíveis em termos de possíveis corrosões e reações. O procedimento é realizado de maneira distinta de acordo com cada classe de resíduo químico.

O contêiner padrão utilizado para o acondicionamento intermediário de resíduos químicos líquidos aquosos é o tanque plástico tipo GRG (Grande recipiente para mercadorias a Granel) de 1m<sup>3</sup>, sendo um para resíduos líquidos aquosos contendo metais, outro para os sem metais e outro para os não tratáveis. É necessário ter atenção com a compatibilidade entre resíduos líquidos aquosos, tendo em vista que o Resíduo Líquido Aquoso Não-Tratável (3T) possui o potencial de contaminar os outros resíduos e fazer com que todos tenham de ser enviados para incineração. Para os resíduos líquidos a base de óleo, o contêiner padrão utilizado é o tonel plástico de 200L, sendo utilizados um para óleo vegetal e outro para óleo mineral. Analogamente, para os resíduos de solventes orgânicos passíveis de purificação é utilizado o tonel de 200L, de material polimérico específico para cada solvente. Os demais resíduos líquidos orgânicos que são separados em halogenados, não halogenados e não halogenados limpos, sendo utilizado o tonel de 200L, de material polimérico, como contêiner padrão (POP-6, CGTRQ, 2018).

Após o acondicionamento intermediário de todos os resíduos, os recipientes utilizados para acondicionamento inicial são separados, higienizados e armazenados no estoque de embalagens do CGTRQ para futura reutilização pelos geradores de resíduos da universidade conforme descrito na pré etapa do processo de gestão. Embalagens em más condições ou excessivamente contaminadas são descartadas, conforme sua classificação, como resíduos sólidos.

O procedimento para acondicionamento intermediário de resíduos químicos sólidos utiliza o contêiner metálico do tipo "entulho" como padrão. São utilizados 3 recipientes, sendo um para os resíduos sólidos perigosos para aterro de 6m<sup>3</sup>, outro para resíduos sólidos para coprocessamento de 6m<sup>3</sup> e outro para resíduos sólidos para incineração de 6m<sup>3</sup>. Os demais resíduos sólidos recicláveis são armazenados em contêineres de material polimérico de 1m<sup>3</sup>, para plásticos e papéis, e em um contêiner metálico de 6m<sup>3</sup> para vidros limpos.

#### *Etapa 5: Disposição Final*

A disposição final dos resíduos ocorre conforme as legislações ambientais, de forma a minimizar ao máximo os potenciais danos ao meio ambiente. Nessa etapa, todo o resíduo que está acondicionado intermediariamente tem o destino recomendado, podendo ser local ou externo à universidade. Em casos de destinações que envolvem empresas externas, estas precisam ser licenciadas para atividades de manipulação de resíduos.

Cada classe de resíduo químico possui um potencial danoso ao ambiente e, assim, são definidas diferentes formas para seus descartes. A disposição final do resíduo consiste em avaliar seu grau de periculosidade, estado físico e outras propriedades de interesse e definir se existe viabilidade de tratamento para o mesmo.

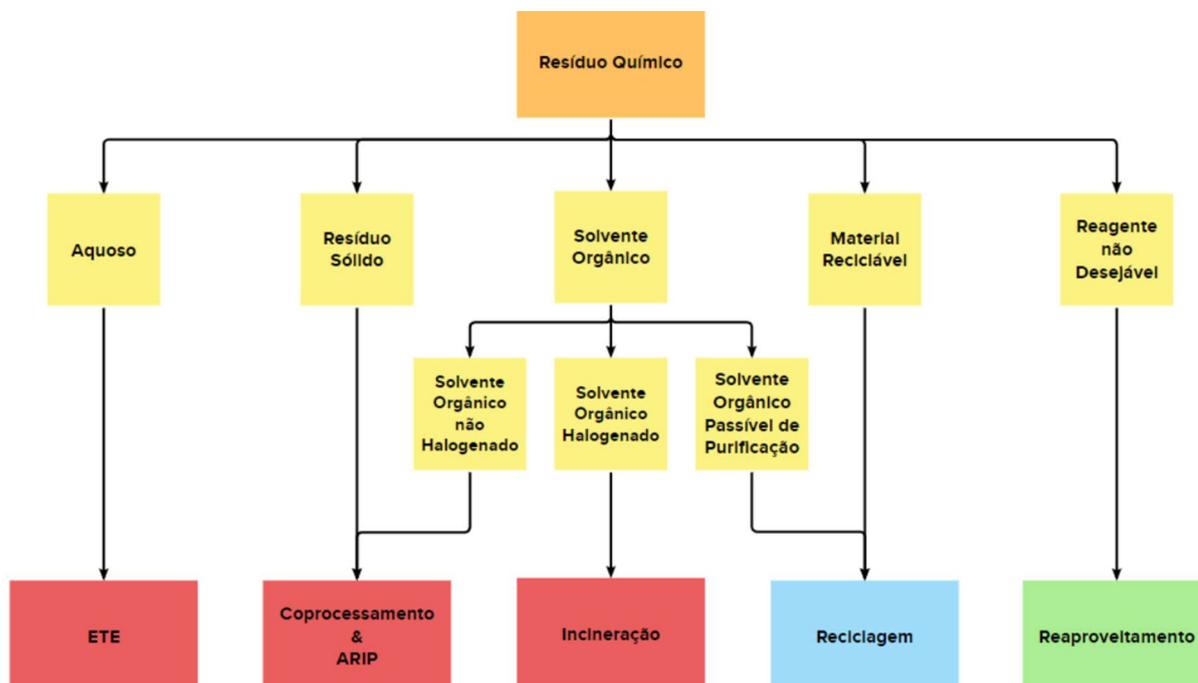
Os resíduos líquidos aquosos, com e sem metal, são destinados às Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) internas da universidade, localizadas no Campus do Vale, ou de terceiros a depender da disponibilidade para recebimento. O resíduo aquoso não tratável é destinado à empresa externa capacitada, sendo encaminhado para Incineração. Resíduos líquidos orgânicos possuem destinação variada, dependendo da classificação. Os resíduos de solventes orgânicos halogenados e não halogenados são encaminhados, via empresa externa especializada, para os processos de incineração e coprocessamento, respectivamente. Da

mesma forma, resíduos de óleos minerais e vegetais são encaminhados, via empresa externa especializada, para reaproveitamento mediante tratamento específico. Os resíduos de solventes orgânicos passíveis de purificação são tratados diretamente pelos laboratórios do CGTRQ, através do processo de recuperação via destilação.

A destinação dos resíduos químicos para reciclagem é feita, periodicamente, pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre (DMLU) de forma direta no caso dos vidros limpos. A Prefeitura Universitária do Campus do Vale da UFRGS realiza a coleta interna nos campi de plásticos limpos, papéis e papelões antes de encaminhar ao DMLU. Em contrapartida, os resíduos químicos sólidos para coprocessamento e para Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP) são transportados para sua destinação final por empresas externas especializadas.

O CGTRQ armazena no seu próprio Almoxarifado todos os reagentes não desejáveis, de forma a possibilitar seu reaproveitamento por outros laboratórios e fomentar a boa prática de reutilização de reagentes em toda a universidade. Em termos de impacto ambiental, a melhor destinação possível de um resíduo químico é a sua utilização como matéria prima em outro processo. Conforme os reagentes atingem sua data de vencimento, estes classificados e descartados da maneira adequada de acordo com as suas propriedades físico-químicas. A Figura 5 resume, na forma de diagrama, a relação entre as classes de resíduos químicos e as destinações finais adotadas pelo centro de resíduos (Treinamento em gestão de resíduos, CGTRQ, 2021).

Figura 5 - Destinações finais atribuídas para cada classe de resíduo químico gerado pela UFRGS



Fonte: Adaptado da apresentação de treinamento em gestão de resíduos químicos, elaborada pelo CGTRQ

#### 4 METODOLOGIA

O presente estudo seguiu a metodologia de estudo de caso, dividindo o trabalho em duas etapas principais, de forma a entender a situação da produção de resíduos químicos na universidade e de realizar sugestões de melhoria das destinações finais de cada classe de resíduos, no âmbito ambiental.

Na primeira etapa foi estudado o funcionamento do Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos da UFRGS e caracterizado o processo de gerenciamento de resíduos. Ainda nesta etapa, foi realizada a análise do cenário atual da geração de resíduos químicos na UFRGS sob um ponto de vista quantitativo, através da coleta e análise quantitativa da base de dados de resíduos do CGTRQ, de 2018 a 2022. Na segunda etapa, com base nos resultados obtidos, foram apontadas alternativas de melhoria do processo de gestão.

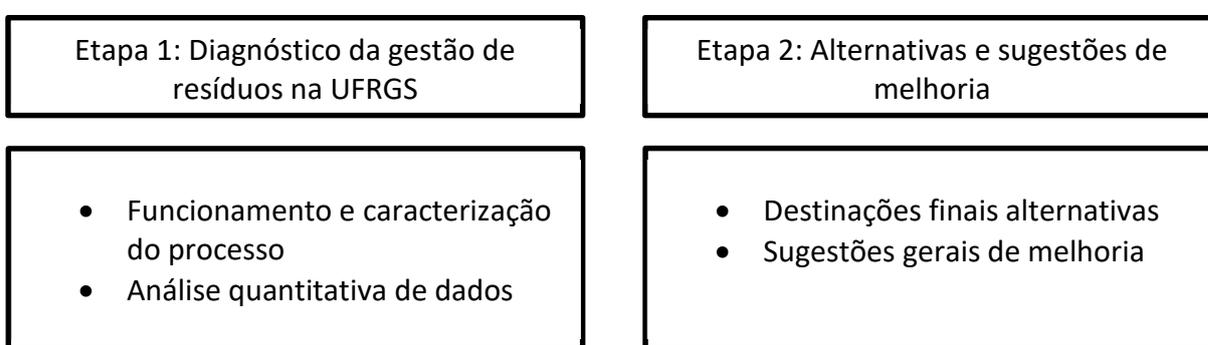
A base de dados foi disponibilizada pelo acesso ao software Microsoft Access, de onde foram coletadas as informações referentes ao gerador (campus universitário e serviço externo) e ao resíduo (massa líquida, classificação e data de entrada). Os dados de interesse (massa líquida de resíduos recebidos, origem do resíduo, tipo de resíduo e classificação) foram estruturados em uma nova planilha, no software Microsoft Excel para realização das análises.

A análise de dados foi elaborada com o objetivo de entender, quantitativamente, quais as classes de resíduos produzidas no período de 2018 a 2022, quais os tipos de resíduos recebidos pelo centro de 2018 a 2022 e quais as destinações finais mais utilizadas pelo centro de resíduos. Para isso, foram calculadas as quantidades totais de resíduos recebidas pelo CGTRQ, ano a ano, e estratificadas de acordo com a classificação dos resíduos. Analogamente, as quantidades totais de resíduos também foram estratificadas conforme a origem do resíduo, sendo esta interna ou externa à universidade. A escolha da destinação final ou processo de

tratamento de um resíduo químico depende da sua classe. Dessa forma, o levantamento das principais destinações finais e processos de tratamento utilizados pelo centro de resíduos foi realizado com base nessa classificação, sendo calculadas as massas totais de resíduo destinadas para cada uma. A partir dos resultados obtidos, foram estimados os impactos ambientais da gestão de resíduos, no período analisado, de acordo com o tipo de destinação final utilizada e quantidade de resíduos destinados.

Posteriormente, na segunda etapa, foram apontadas sugestões de melhoria do processo de gestão, em termos de alternativas a destinações finais que apresentem um potencial danoso ao meio ambiente menor do que as técnicas utilizadas atualmente. Da mesma forma, foram listadas sugestões gerais de melhorias referentes ao gerador. A Figura 6 descreve as etapas seguidas e seus conteúdos.

Figura 6 - Descrição das etapas e conteúdos abordados no trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

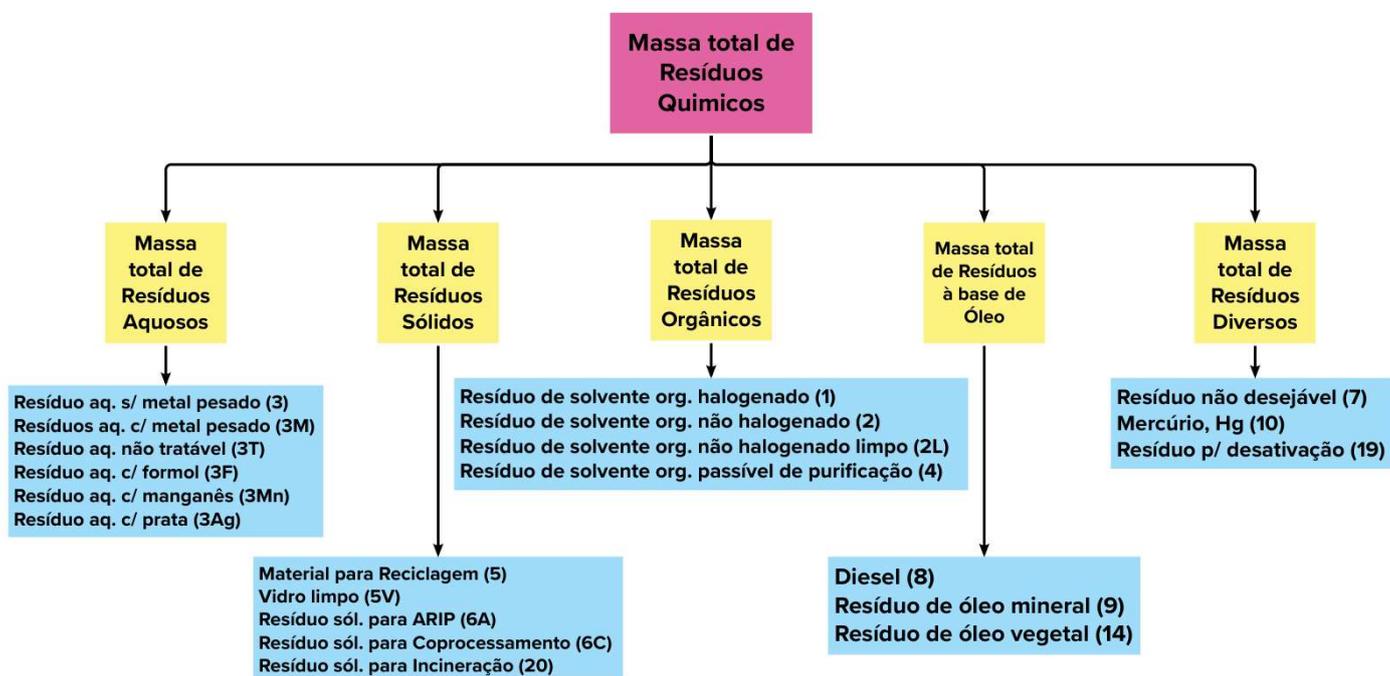
Os resultados deste trabalho encontram-se apresentados em sequência, primeiramente a análise quantitativa referente à geração de resíduos químicos na UFRGS e, posteriormente, as alternativas de melhoria do sistema de gestão. A análise permite compreender a situação do Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos de Químicos em relação às quantidades totais de resíduos químicos recebidos e destinados. A partir do levantamento desses dados, foram mapeados os tratamentos e destinações finais mais utilizados e estimados seus potenciais de impacto ambiental.

As alternativas de melhoria abordadas foram estruturadas com a premissa de garantir algum tipo de benefício ambiental, abrangendo todo o processo de gestão de resíduos, desde a sua geração até a sua disposição final. Adicionalmente, também foram mencionadas as melhores práticas utilizadas pelo CGTRQ atualmente, em termos ambientais.

### 5.1 Análise Quantitativa dos Resíduos Químicos

Os resultados da análise quantitativa são apresentados de acordo com a árvore lógica, ilustrada pela Figura 7, que estratifica os tipos de resíduos recebidos pelo centro período de 2018 a 2022, em suas classificações. Também são apresentadas as quantidades totais de resíduos recebidos de acordo com a sua origem, sendo campus da universidade ou empresa externa.

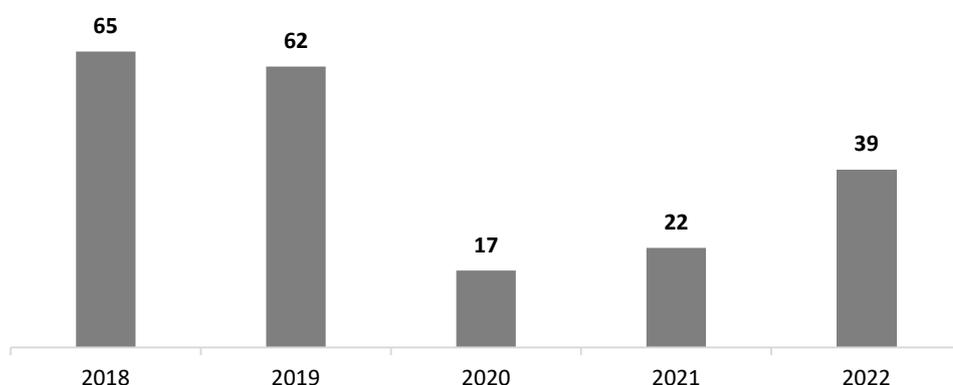
Figura 7 - Descrição da forma de estratificação dos dados analisados



Fonte: Elaborado pelo autor

A massa total de resíduos químicos recebidos pelo CGTRQ, entre os anos de 2018 e 2022, foi da ordem de 205 toneladas. A Figura 8 representa como ocorreu esta distribuição ao longo desses anos.

Figura 8 - Quantidade de resíduos químicos recebidos pelo CGTRQ entre os anos de 2018 e 2022, em toneladas



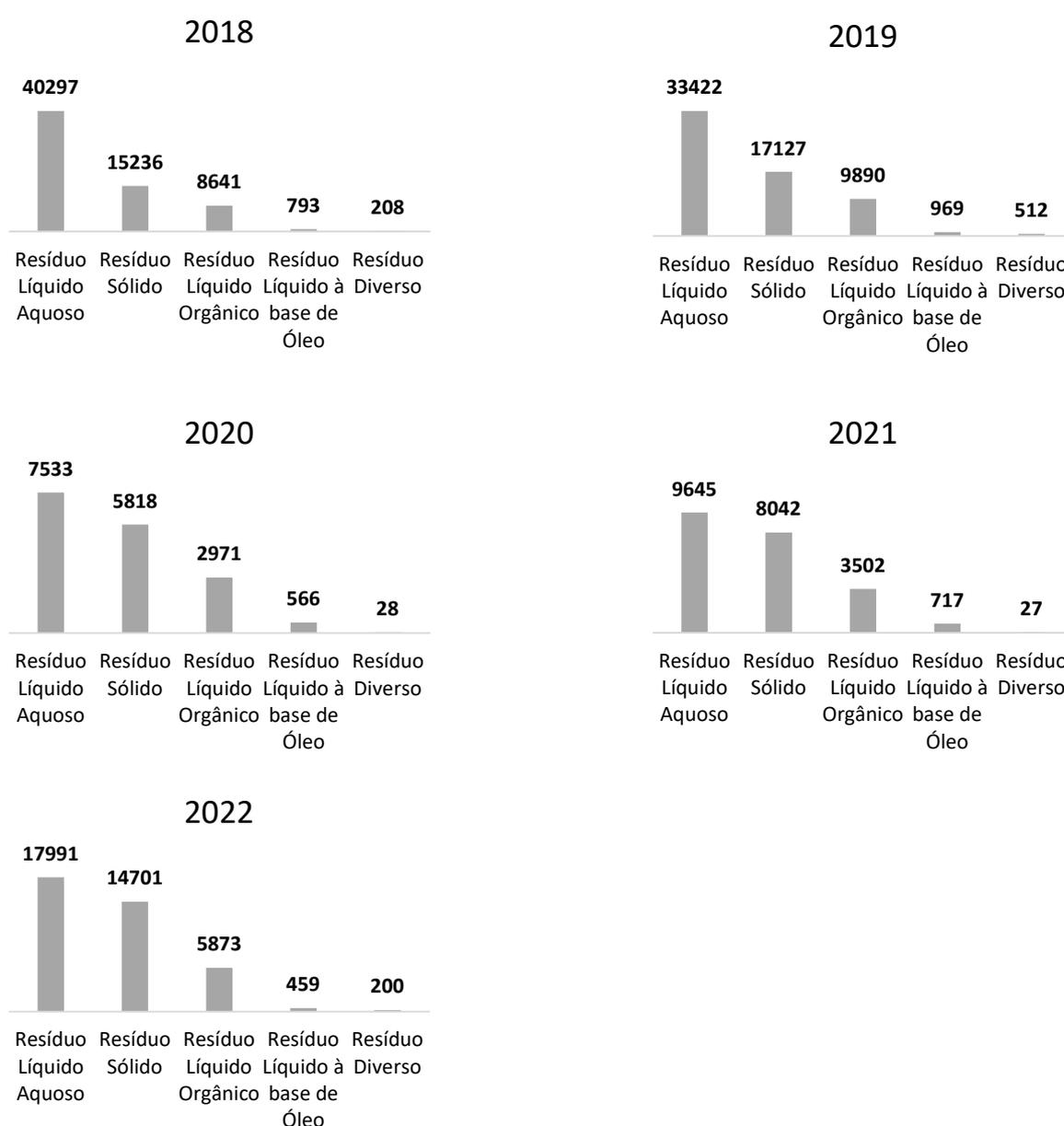
Fonte: Elaborado pelo autor

O centro costumava receber uma média da ordem de 60 toneladas de resíduos por ano, porém as atividades acadêmicas foram fortemente impactadas pela pandemia de COVID-19 ocorrida em 2020, o que gerou uma drástica redução na quantidade de resíduos químicos de cerca de 73%. A partir de 2022, os laboratórios começaram a retornar ao nível normal de suas

atividades, o que explica o aumento de quase 48% de resíduos gerados. A tendência para os próximos anos é que a geração de resíduos volte à normalidade.

Com relação aos tipos de resíduos gerados, a análise dos dados permitiu concluir o padrão de geração dos laboratórios. A Figura 9 representa a quantidade dos tipos de resíduos gerados, durante os anos de 2018 a 2022 respectivamente. Os resíduos líquidos aquosos foram os mais gerados, seguidos pelos resíduos sólidos e resíduos líquidos orgânicos, sendo que estes 3 tipos de resíduos constituem mais de 98% dos resíduos químicos recebidos pelo CGTRQ.

Figura 9 - Quantidade, em kilogramas, de resíduos recebidos no período de 2018 a 2022, estratificadas por tipo de resíduos

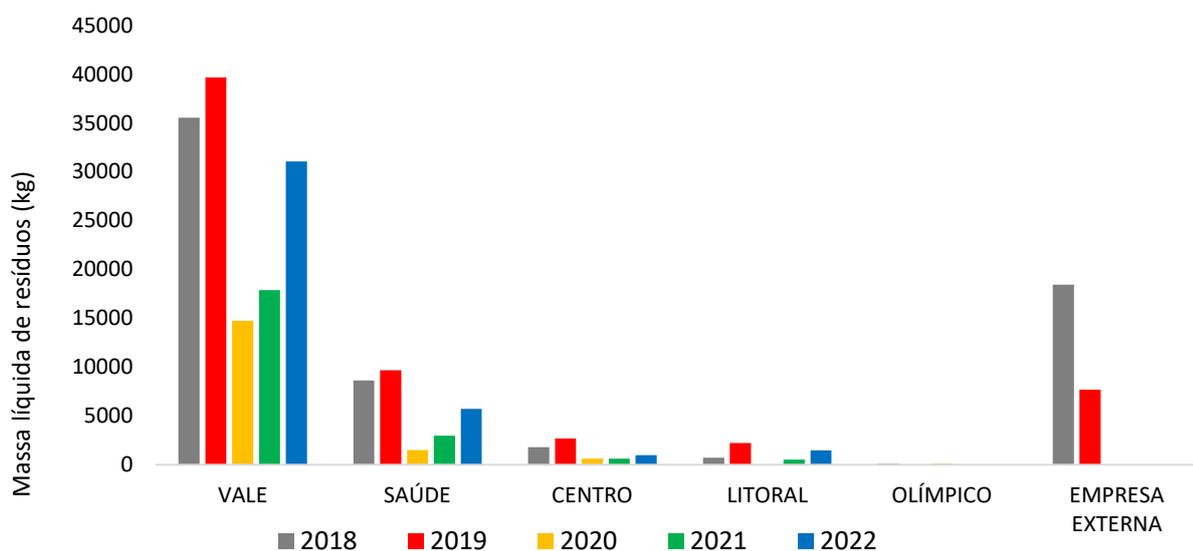


Fonte: Elaborado pelo autor

A análise dos dados em relação à origem dos resíduos, mostrada na Figura 6, permite observar que a principal fonte de geração de resíduo está no Campus do Vale em todo o período analisado, constituindo cerca de 83% de toda a quantidade de resíduos químicos recebidos pelo centro. Seguido do Campus do Vale, está o Campus da Saúde que representa cerca de 12% do volume de resíduos enviado ao CGTRQ. Estes campi alocam grande parte das faculdades com as maiores quantidades de laboratórios, como Química, Farmácia, Engenharia Química, Biotecnologia e Biologia.

A prestação de serviço externo desacelerou com os efeitos decorrentes da pandemia, porém, até 2019, o CGTRQ prestou atividades de manuseio de resíduos para empresas externas à universidade, o que representou uma quantidade considerável de resíduos recebidos em 2018 e 2019. Em 2018, foram recebidos pelo centro mais de 18 toneladas de resíduos químicos com origem externa, representando quase 30% dos resíduos recebidos. A Figura 10 representa a quantidade de resíduos recebidos de acordo com o local de geração, de 2018 a 2022.

Figura 10 - Quantidade, em kilogramas, de resíduos recebidos no período de 2018 a 2022, estratificados por local de origem



Fonte: Elaborado pelo autor

As quantidades totais de resíduos estratificados de acordo com a sua classificação, conforme representado pela Tabela 1, permitem identificar que os resíduos aquosos sem metais pesados (3) constituem a maior parte da massa total de resíduos em todo período analisado, com uma média da ordem de 29%. Enquanto a quantidade vidro limpo (5V) e resíduos de solventes orgânicos não halogenados (2) constituem cerca de 15% e 9%, respectivamente. A Tabela 1 representa o somatório de massa líquida recebido pelo CGTRQ de todas as classes de resíduos de químicos, de 2018 a 2022.

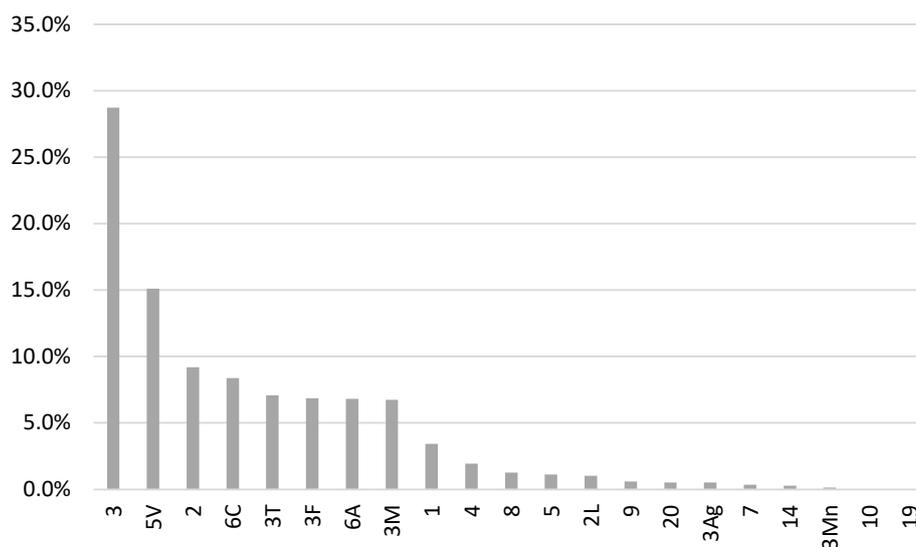
Tabela 1 - Somatório de massa líquida (kg) de cada classe de resíduo, de 2018 a 2022

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Classificação</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Média (%)</b>
<b>Resíduo Líquido Aquoso</b>	Resíduo aquoso sem metais pesados (3)	24.529	20.101	3.896	5.118	10.659	28,7
	Resíduo aquoso com metais pesados (3M)	3.848	4.624	1.073	1.536	2.733	6,7
	Resíduo aquoso não tratável (3T)	5.215	4.265	1.077	1.617	2.651	7,1
	Resíduo aquoso com formol (3F)	5.551	4.132	1.413	1.369	1.775	6,9
	Resíduo aquoso com manganês (3Mn)	195	46	0	0	101	0,1
	Resíduo aquoso com prata pesados (3Ag)	959	253	74	5	71	0,5
<b>Resíduo Sólido</b>	Vidro limpo (5V)	7.909	7.904	2.736	4.340	5.747	15,1
	Resíduo sólido para aterro (6A)	2.900	4.188	973	1.305	4.366	6,8
	Resíduo sólido para coprocessamento (6C)	3.598	3.724	1.767	2.129	3.998	8,4
	Material para Reciclagem (5, MPR)	733	735	213	144	530	1,1
	Resíduo sólido para incineração (20)	97	576	128	124	60	0,5
<b>Resíduo Líquido Orgânico</b>	Resíduo de solvente orgânico não halogenado (2)	4.427	4.558	1.8	2.33	4.171	9,2
	Resíduo de solvente Orgânico Halogenado (1)	1.840	2.020	708	747	1.336	3,4
	Resíduo de solvente orgânico passível de purificação (4, SOPP)	2.4375	1.580	261	255	285	1,9
	Resíduo de solvente orgânico não halogenado limpo (2L)	0	1.731	214	169	82	1,0
<b>Resíduo Líquido à base de Óleo</b>	Resíduo de óleo mineral (9)	393	387	183	16	196	0,6
	Resíduo de óleo vegetal (14)	106	244	15	76	155	0,3
	Diesel (8)	294	339	368	625	109	1,3
<b>Resíduo Diverso</b>	Reagente não desejável (7, RND)	160	488	26	20	185	0,4
	Desativação (19)	31	11	0	0	8	0,0
	Mercúrio (10, Hg)	17	13	2	7	7	0,0
<b>TOTAL</b>		<b>65.175</b>	<b>61.92</b>	<b>16.915</b>	<b>21.933</b>	<b>39.224</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os dados mostrados na Tabela 1, os resíduos sólidos para coprocessamento (6C), resíduos aquosos não tratáveis (3T), resíduos aquosos com formol (3F), resíduos sólidos para aterro (6A) e resíduos aquosos com metais pesados também representam quantidades consideráveis, com médias de 7%. Estas quantidades de resíduos foram a base para a construção da Figura 11 que ilustra, em ordem decrescente, o quanto cada classe de resíduo representou para a geração total no período analisado.

Figura 11 - Perfil de classes de resíduos recebidos pelo CGTRQ, de 2018 a 2022



Legenda:

- 3 – Resíduo aquoso sem metais pesados
- 5V – Vidro limpo
- 2 – Resíduo de solvente orgânico não halogenado
- 6C – Resíduo sólido para coprocessamento
- 3T – Resíduo aquoso não tratável
- 3F – Resíduo aquoso com formol
- 6A – Resíduo sólido para aterro
- 3M – Resíduo aquoso com metais pesados
- 1 – Resíduo de solvente orgânico halogenado
- 4 – Resíduo de solvente orgânico passível de purificação
- 8 - Diesel
- 5 – Material para reciclagem
- 2L – Resíduo de solvente orgânico não halogenado limpo
- 9 – Resíduo de óleo mineral
- 20 – Resíduo sólido para incineração
- 3Ag – Resíduo aquoso com prata
- 7 – Reagente não desejável
- 3Mn – Resíduo aquoso com manganês
- 10 - Mercúrio
- 19 – Resíduo para desativação

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise de dados referente às quantidades totais de resíduos estratificadas de acordo com a sua classificação, apresentada na Tabela 1, possibilita identificar o perfil de destinações finais utilizados pelo centro, visto que as classes de resíduos foram utilizadas como base para a seleção dos processos adequados. O Quadro 13 representa a relação entre a classificação de cada resíduo e sua destinação final, enquanto a Tabela 2 representa o somatório de massa líquida para cada destinação final, em ordem decrescente.

Quadro 13 - Relação entre a classificação dos resíduos químicos e suas destinações finais

<b>Destinação Final</b>	<b>Classificação</b>	<b>Código</b>
ETE	Resíduo aquoso sem metais pesados	<b>3</b>
ETE	Resíduo aquoso com metais pesados	<b>3M</b>
ETE	Resíduo aquoso com formol	<b>3F</b>
ETE	Resíduo aquoso com manganês	<b>3Mn</b>
ETE	Resíduo aquoso com prata pesados	<b>3Ag</b>
Coprocessamento	Resíduo sólido para coprocessamento	<b>6C</b>
Coprocessamento	Resíduo de solvente orgânico não halogenado	<b>2</b>
ARIP	Resíduo sólido para aterro	<b>6A</b>
Incineração	Resíduo aquoso não tratável	<b>3T</b>
Incineração	Resíduo de solvente orgânico halogenado	<b>1</b>
Incineração	Resíduo sólido para incineração	<b>20</b>
Reciclagem	Mercurio	<b>10</b>
Reciclagem	Resíduo de solvente orgânico passível de purificação	<b>4</b>
Reciclagem	Material para Reciclagem	<b>5</b>
Reciclagem	Resíduo de óleo mineral	<b>9</b>
Reciclagem	Resíduo de óleo vegetal	<b>14</b>
Reciclagem	Vidro limpo	<b>5V</b>
Reciclagem	Diesel	<b>8</b>
Reciclagem	Resíduo de solvente orgânico não halogenado limpo	<b>2L</b>
Reaproveitamento	Reagente não desejável	<b>7</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 - Somatório de massa líquida (kg) por tipo de destinação, de 2018 a 2022

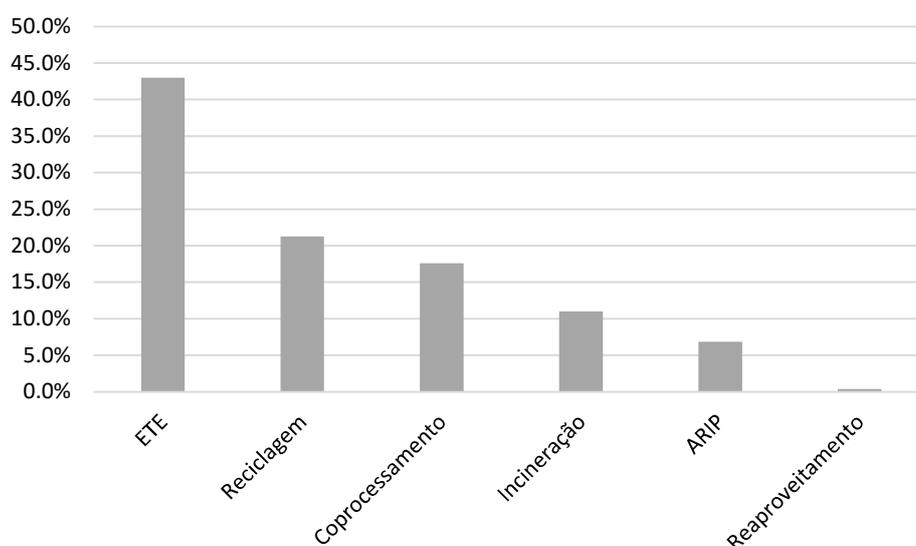
<b>Destinação Final</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Média (%)</b>
ETE	35.081	29.157	6.456	8.028	15.339	43,0
Reciclagem	11.809	12.920	3.992	5.625	7.103	21,3
Coprocessamento	8.025	8.282	3.554	4.459	8.169	17,6
Incineração	7.152	6.862	1.913	2.489	4.047	11,0
ARIP	2.917	4.201	975	1.312	4.373	6,8
Reaproveitamento	160	488	26	20	185	0,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os dados contidos na Tabela 2, se observa que a distribuição das destinações finais, nos anos analisados, foi de 43% para Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) e de 21% para Reciclagem. Os processos de coprocessamento e incineração contemplam cerca de 18% e 11% das destinações, respectivamente, enquanto a destinação para Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP) e o reaproveitamento são as menos utilizadas, representando cerca de 7% e menos de 1%, respectivamente. A Figura 12 representa o perfil de distribuição das destinações finais utilizadas pelo CGTRQ, de 2018 a 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Perfil das destinações finais utilizadas pelo CGTRQ, de 2018 a 2022



As destinações finais utilizadas pelo CGTRQ contribuem para a redução do impacto ambiental causado pela produção de resíduos no período analisado, mas, ainda assim, estas estratégias de tratamento ainda apresentam um impacto ambiental atrelado. O Quadro 14 apresenta classifica o potencial de impacto ambiental oriundo das destinações finais utilizadas, no período analisado.

Quadro 14 - Potencial de impacto ambiental de cada destinação final

Destinação Final	Potencial de Impacto Ambiental estimado
ETE	Médio
Reciclagem	Baixo
Coprocessamento	Baixo
Incineração	Alto
ARIP	Alto
Reaproveitamento	Baixo

Fonte: Elaborado pelo autor

O reaproveitamento e a reciclagem foram estimados como as destinações de menor potencial de impacto ambiental. O Reaproveitamento de resíduos não gera impactos ambientais, sendo considerada a melhor forma de destinação disponível. A Reciclagem utiliza

um resíduo como matéria prima direta de um processo de produção e, portanto, o potencial de impacto ambiental de resíduos recicláveis foi considerado como baixo.

As Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) utilizam de diversos processos de tratamento dependendo da classe de cada resíduo. A grande diversidade de processos de tratamento aplicados em ETE faz com que seja comum que sua execução gere resíduos químicos que apresentam potencial de impacto ambiental, dado que grande parte das técnicas de tratamento são baseadas em transferência de fase. Por outro lado, as ETE também possuem o potencial de aplicação de processos de tratamento totalmente limpos, dependendo da disponibilidade tecnológica de cada uma. Assim, o potencial de impacto ambiental de ETE foi considerado como médio.

Ambos os processos de coprocessamento e incineração utilizam de altas temperaturas para o tratamento de resíduos, porém, o coprocessamento foi avaliado como potencial baixo de impacto ambiental, visto que transforma resíduos sólidos combustíveis em gases com potencial danoso ao ambiente. Em contrapartida, o processo de Incineração foi avaliado como potencial alto de impacto ambiental pois é utilizado para resíduos químicos com elevado grau de toxicidade e/ou periculosidade e gera gases com alto potencial danoso ao ambiente.

A destinação de resíduos para Aterros de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP) foi estimada como um alto potencial de impacto ambiental, considerando que estes enterram resíduos com alta toxicidade e/ou periculosidade. Um ARIP necessita de gerenciamento constante, visto que o acúmulo de resíduos enterrados gera lodos, gases e efluentes com alto potencial danoso ao ambiente.

## 5.2 Alternativas de Melhoria do Sistema de Gestão

Considerando as informações coletadas e as análises realizadas no tópico 5.1, são propostas alternativas de melhoria no sistema de gestão na forma de ações a serem tomadas pelos colaboradores do centro de resíduos, mediante viabilidade de implementação. Estas ações encontram-se organizadas de acordo com a sua finalidade, sendo alternativas de melhoria em relação à destinação final e em relação ao gerador.

### 5.2.1 Alternativas de melhoria em relação à destinação final

O Quadro 15 apresenta as alternativas em relação às destinações finais de impacto alto e médio ao ambiente.

Quadro 15 - Alternativas de melhoria para destinações finais avaliadas como alto e médio impacto ambiental

<b>Destinação Final</b>	<b>Alternativas de Melhoria</b>
ETE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar plantas de tratamento nas dependências do CGTRQ</li> <li>• Realizar um levantamento de outros resíduos de solventes orgânicos que podem ser reciclados diretamente no CGTRQ</li> <li>• Realizar um levantamento de ETEs que utilizem novas tecnologias de tratamento menos agressivas ao ambiente</li> </ul>
Coprocessamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar um levantamento de empresas que utilizem novas tecnologias de tratamento dos gases gerados menos agressivas ao ambiente</li> </ul>
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar um levantamento de empresas que utilizem novas tecnologias de tratamento dos gases gerados menos agressivas ao ambiente</li> </ul>
ARIP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar um levantamento de empresas que utilizem novas tecnologias de tratamento dos gases gerados menos agressivas ao ambiente</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implementação de plantas de tratamento diretamente nas dependências do CGTRQ é uma alternativa com elevado potencial de benefício para a universidade, em termos ambientais, dado que o centro possui área disponível para construção e que a operação da planta poderia ser realizada por alunos e colaboradores da UFRGS. Adicionalmente, esta planta poderia funcionar como piloto para novas pesquisas em métodos de tratamento mais eficientes, incentivando as atividades de pesquisa e reduzindo o potencial de danos ao meio ambiente.

A UFRGS não possui viabilidade de implementação dos processos de coprocessamento, incineração e aterros. Dessa forma, a alternativa proposta foi baseada em manter relações com empresas terceirizadas que priorizem, na prestação do seu serviço, a utilização de tecnologias que proporcionem o menor impacto ambiental possível. Para isso, seria necessário realizar um levantamento das empresas disponíveis no mercado e as avaliar com base nas suas tecnologias empregadas nos processos e de tratamento dos seus resíduos.

### 5.2.2 Alternativas de melhoria em relação ao gerador

O órgão responsável pela produção do resíduo deve tomar a consciência sobre o impacto ambiental proporcionado pelo seu resíduo antes mesmo da sua geração. Dessa forma, as alternativas de melhoria em relação ao gerador foram fundamentadas na conscientização ambiental visando a não geração e o reaproveitamento do resíduo.

O treinamento em gestão de resíduos é realizado a cada 6 meses para calouros universitários, ou sob demanda específica para colaboradores de laboratório. Este treinamento apresenta o histórico do CGTRQ, uma visão geral do processo de gestão de resíduos, as destinações finais utilizadas, orientações gerais de acondicionamento inicial de resíduos e rotulagem. Porém, o CGTRQ recebe constantemente resíduos que possuem destinações finais de alto impacto ambiental que poderiam não ter sido gerados ou ter sido

encaminhados a destinações finais menos danosas ao ambiente. O descumprimento dos padrões do processo de gestão e más práticas de laboratório resultam nesta geração de resíduo desnecessária, como o acúmulo de reagentes fora da data de validade que são encaminhados para ARIP, o acondicionamento inicial realizado de forma incorreta, a rotulagem realizada de forma incorreta ou ainda resíduos com potencial de reaproveitamento que foram contaminados por outros resíduos sem esse potencial.

Assim, a alternativa de melhoria foi baseada em complementar os enfoques de treinamento, visando abordar a situação da geração de resíduos da UFRGS e cada etapa do processo de gestão em detalhes. Ainda que o gerador do resíduo não participe das etapas posteriores ao acondicionamento inicial, a compreensão do processo como um todo pode ajudar a mitigar o descumprimento dos padrões de processo. A descrição da classificação dos resíduos químicos conforme o Quadro 2, que não é abordada no treinamento, também pode contribuir para a compreensão do gerador sobre seus resíduos e destinações finais. O Quadro 16 apresenta os novos enfoques sugeridos para o treinamento.

Quadro 16 - Enfoques já utilizados no treinamento e enfoques sugeridos para complementação

<b>Enfoques Padrão</b>	<b>Enfoques Sugeridos</b>
Histórico do CGTRQ	Visão detalhada dos dados de recebimento de resíduos
Contextualização Legal	Visão detalhada do processo de gestão de resíduos
Visão geral do processo de gestão de resíduos	Descrição das classes de resíduos químicos, conforme o padrão utilizado para definir as destinações finais
Boas práticas de laboratório	Impactos ambientais atrelados às destinações finais
Orientações de acondicionamento inicial e rotulagem	-
Destinações finais utilizadas	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os responsáveis pelos laboratórios da UFRGS não possuem acesso aos dados quantitativos de seus resíduos, assim, foi sugerida a formulação e emissão de relatórios anuais para cada laboratório interessado com o objetivo de disponibilizar sua situação com relação à geração de resíduos. Um relatório analítico pode ser de grande utilidade para tomadas de decisão sobre as atividades que geram os resíduos químicos, ficando a critério dos responsáveis prezar pela não geração e reaproveitamento de resíduos.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A análise do processo de gestão e dos dados coletados no centro de resíduos da UFRGS possibilitou o estudo do caso em relação às quantidades de resíduos produzidas, de cada tipo, e aos tratamentos e destinações finais utilizados pela universidade. Com base nesse entendimento, foi possível avaliar alternativas de melhoria para o gerenciamento utilizado, com o objetivo de promover vantagens ambientais, que possam ser implementadas através de ações dos colaboradores do CGTRQ.

A realização de estudos de implementação de métodos de tratamento menos agressivos possui grande potencial de aplicação nas dependências do centro de resíduos, da mesma forma que o estudo em relação a outros solventes orgânicos com potencial de reciclagem. Além disso, a implementação de plantas piloto de tratamentos pode ser operacionalizada através de programas de bolsa e estágio. Contudo, este estudo não levou em consideração o fator financeiro para viabilização de implementação.

O diagnóstico em relação ao gerenciamento de resíduos evidenciou a quantidade de resíduos produzidos pela universidade, em condições normais de operação, da ordem de 60 toneladas por ano. Desta quantia, os resíduos líquidos aquosos foram os mais produzidos no período analisado, constituindo, em média, 50% da produção de resíduos da UFRGS. Também foi possível identificar a origem da maior parte dos resíduos, sendo o Campus do Vale responsável por 73% da produção de resíduos. Da mesma forma, concluiu-se que as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são as destinações finais mais utilizadas, considerando que a universidade encaminha, em média, 43% dos seus resíduos produzidos para elas.

As alternativas de melhoria propostas em relação ao gerador focaram diretamente na sua conscientização ambiental. A atualização do treinamento traz uma visão mais detalhada em relação ao treinamento aplicado aos usuários de laboratório, de forma que estes possam compreender, em detalhes, os impactos ambientais resultantes das destinações finais utilizadas. A elaboração de relatórios de dados quantitativos de geração de resíduos para cada laboratório fomenta a tomada de consciência por parte de seus responsáveis, com a expectativa que estes instituem em seus locais de trabalho a conscientização sobre o impacto gerado pelos tratamentos e disposições de seus resíduos.

Finalmente, conclui-se que o processo de gestão de resíduos da UFRGS é eficiente, ainda que apresente oportunidades de melhoria em termos ambientais. Estudos sobre a viabilidade econômica de implementação poderia ser fator final necessário para que o CGTRQ aderisse a práticas de tratamento de resíduos com tecnologias mais recentes, que priorizem a mitigação de danos ao ambiente.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC Nº 222**, 2018. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194)>. Acesso em: 17 mar. 2023.

AMARAL, S; MACHADO, P; PERALBA, M; CAMARA, M; SANTOS, T; BERLEZE, A; FALCÃO, H; MARTINELLI, M; GONÇALVES, R; OLIVEIRA, E; BRASIL, J; ARAÚJO, M; BORGES, A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do instituto de química da UFRGS. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p.419-423, 2001.

AMORIM, L; OLIVEIRA, F; DIAS, F; CAMACHO, R. **Efluentes produzidos em laboratórios da UERN: um estudo de caso**. Natal. 2010.

ANTONIASI, Beatriz; SILVA, Mariana Cristina Kempa. A importância do gerenciamento de resíduos perigosos em uma universidade: estudo de caso dos laboratórios de ensino e pesquisa. **Sistemas & Gestão**, Niterói, v.12, n. 2, p.183-191, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.157**, 1987. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5981/nbr10157-aterros-de-residuos-perigosos-criterios-para-projeto-construcao-e-operacao-procedimento>>. Acesso em 17 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**, 2004. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/170/abnt-nbr10004-residuos-solidos-classificacao>>. Acesso em 17 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.725-1**, 2009. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/28749/nbr14725-1-produtos-quimicos-informacoes-sobre-seguranca-saude-e-meio-ambiente-parte-1-terminologia>>. Acesso em 17 mar. 2023.

BAIRD, C. **Química Ambiental**, 4a ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BENEDITO, Y; PAULA, V; OTENIO, M; AZEVEDO, A; MOTTA, E; CAMPOS, R. **Manual de gerenciamento de resíduos químicos EMBRAPA**. Juiz de Fora, MG. 2018. 113p.

BRASIL, **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras providências. Regulamentada pelo Decreto Nº 99.274 de 06 de junho de 1990. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL, Resolução CONAMA Nº 358, de 29 de abril de 2005. **Diário Oficial da União**, nº84, Seção 1, p 63-65, 4 de maio de 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL, Resolução CONAMA No 430, 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Acondicionamento intermediário e transferência de resíduos**. Porto Alegre. 2018. Procedimento Operacional Padrão interno nº 4 (POP-6). 1p. Documento em Word.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Coleta e recebimento de resíduos**. Porto Alegre. 2018. Procedimento Operacional Padrão interno nº 1 (POP-1). 5p. Documento em Word.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Infraestrutura**. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/index.php/infraestrutura>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Institucional**. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/index.php/institucional>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Organização**. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/index.php/organizacao>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Preparo de embalagens para reutilização**. Porto Alegre. 2018. Procedimento Operacional Padrão interno nº 4 (POP-4). 1p. Documento em Word.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Rotulagem e acondicionamento inicial de resíduos**. Porto Alegre. 2018. Procedimento Operacional Padrão interno nº 2 (POP-2). 3p. Documento em Word.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Separação registro de resíduos químicos**. Porto Alegre. 2018. Procedimento Operacional Padrão interno nº 4 (POP-5). 1p. Documento em Word.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Serviços**. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/index.php/servicos>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA UFRGS. **Treinamento em gestão de resíduos Químicos**. 2021. 28 lâminas. Apresentação em PowerPoint.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991

CUNHA, Carlos Jorge da. O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do departamento de química da UFPR. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p.424-427, 2001.

GÁLVEZ, J; RODRÍGUEZ, S; GASCA, C; BANDALA, E; LEAL, S. Purificação de águas por fotocálise heterogênea: estado da arte. **Eliminação de contaminantes por fotocátalise heterogênea**. Ed. 1. La Plata: Miguel Blesa, 2001. Capítulo 3, p.51-76

GERBASE, A; COELHO, F; MACHADO, Patrícia. FERREIRA, Vitor. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p.3, 2005.

GILONI-LIMA, Patricia Carla; LIMA, Vanderlei Aparecido de. Gestão integrada de resíduos químicos em instituições de ensino superior. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p.1595-1598, 2008.

LIMA, Ivo Costa de. **Gerenciamento de resíduos químicos de laboratórios: estudo de caso do Instituto de Química da UFRJ**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia ambiental). UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

MARINHO, C; BOZELLI, R; ESTEVES, F. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. **Eclética Química**, São Paulo, v. 36, n.2, p.85-104, 2011.

MENACHO, Julio César Rolemberg. **Gerenciamento de resíduos químicos perigosos e não-perigosos para o Departamento de Engenharia Química da UFRN**. 2016. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Química). UFRN, Natal, 2016.

MOYERS, Betty; WU, Jy S. Remoção de precursores orgânicos por oxidação de permanganato e coagulação de alumínio. **Water Research**, Londres, v.19, n.3, p.309-314, 1985.

NOLASCO, Felipe Rufine; TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino. **Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações**. 2006. 7p. Nota técnica.

OLIVEIRA, A; BRAGA, A; VILLARDI, J; KRAUSS, T. Gerenciamento de resíduos em laboratórios de uma universidade pública brasileira: um desafio para a saúde ambiental e a saúde do trabalhador. **Saúde e Debate**, Rio de Janeiro, v.43, n.3, p.63-77, dezembro 2019.

OLIVEIRA, Greice Vanin. Gestão de Resíduos Químicos Laboratoriais na UFRGS. In: **SALÃO EDUFRGS** (3. Ed. : 2016 set 12-16 : UFRGS, Porto Alegre, RS). 2016.

PELIZZETI, E; MINERO, C; CARLIN, V; BORGARELLO, E. Descontaminação fotocatalítica de solos. 1992. **Chemosphere**, Londres, v.25, n.3, p.343-351, 1992.

REIS, Patrícia Moreira dos. **Gerenciamento de resíduos químicos nas universidades federais brasileiras**. 2014. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Química). UFSJ, São João del-Rei, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Lei no 14.528, de 16 de abril de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 17 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=269249>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SANTOS, J; PAZ, M; BENIGNO, A. Programas de gerenciamento de resíduos químicos em universidades brasileiras. In: **CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO** (5 Ed. :2010, Instituto Federal de Alagoas, Maceió, AL). 2010.

SASSIOTTO, Maria Lucia Passarelli. **Manejo de resíduos de laboratórios químicos em universidades - estudo de caso do departamento de química da UFScar**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SOUSA, C; CAMPOS, J; OLIVEIRA, B. Panorama do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil e no Nordeste após a implementação do PNRS. **Revista científica ANAP**, Brasília, v.9, n.15, p.39-50, 2016.

SOUZA, Raoni de Lucena. **Gerenciamento de resíduos químicos no Instituto de Química da UFF em Niterói-RJ**. 2020. Dissertação (Mestrado em Defesa e Segurança Civil). UFF, Niterói, 2020.

TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p.732-738, 2005.

TEIXEIRA, C; JARDIM, W. **Processos Oxidativos Avançados: conceitos teóricos**. Campinas. 2004. Caderno temático do Laboratório de Química Ambiental da UNICAMP. 83p.

VEIGA, T; ANDRÉ, S; TAKAYANAGUI, A. Aspectos do manejo de resíduos químicos em instituição do ensino superior. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v.9, n.11, p.36-45, 2013.

## ANEXO A

Figura A1: Rótulo padrão para identificação de resíduos químicos sólidos.

	<b>CGTRQ</b> <small>cgtrq@iq.ufrgs.br</small> <a href="http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/">http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/</a> Ramal: 7362	
<b>RESÍDUO QUÍMICO SÓLIDO</b>		
Descrever a composição do resíduo sólido:		
Data inicial de envase    /    /		
( <input type="checkbox"/> ) Inflamável ( <input type="checkbox"/> ) Corrosivo ( <input type="checkbox"/> ) Tóxico ( <input type="checkbox"/> ) Reativo		
<b>FONTE GERADORA DO RESÍDUO QUÍMICO</b>		
Unidade: ( <input type="checkbox"/> ) Grad. ( <input type="checkbox"/> ) Pesq. ( <input type="checkbox"/> ) Serviço		
Departamento:		
Laboratório:		
Prédio:	Sala:	Ramal Lab:
Responsável Legal:		
Responsável Técnico:		

Fonte: Disponível na Página Online do CGTRQ.

Figura A2: Rótulo padrão para identificação de solventes orgânicos passíveis de purificação.

	<b>CGTRQ</b> cgtrq@iq.ufrgs.br http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/ Ramal: 7362	
<b>SOLVENTES ORGÂNICOS PASSÍVEIS DE PURIFICAÇÃO</b>		
Assinale qual técnica foi utilizada na geração do resíduo:		
<input type="checkbox"/> ROTA-EVAPORAÇÃO	<input type="checkbox"/> UM COMPONENTE	
<input type="checkbox"/> LAVAGEM DE MATERIAL	<input type="checkbox"/> OXIDADO	
<input type="checkbox"/> EXTRAÇÃO	<input type="checkbox"/> COM ÁGUA	
<input type="checkbox"/> CROMATOGRAFIA	<input type="checkbox"/> USO EM SOLUÇÕES	
Descrever o <b>Solvente</b> em ordem <u>crescente</u> de <b>ponto</b> de <b>ebulição</b> :		
Descrever o <b>Soluto</b> em ordem <u>decrecente</u> de <b>concentração</b> :		
Data inicial de envase    /    /		
<input type="checkbox"/> <b>Inflamável</b> <input type="checkbox"/> <b>Corrosivo</b> <input type="checkbox"/> <b>Tóxico</b> <input type="checkbox"/> <b>Reativo</b>		
<b>FONTE GERADORA DO RESÍDUO QUÍMICO</b>		
Unidade:		<input type="checkbox"/> Grad. <input type="checkbox"/> Pesq. <input type="checkbox"/> Serviç
Departamento:		
Laboratório:		
Prédio:	Sala:	Ramal Lab:
Responsável Legal:		
Responsável Técnico:		

Fonte: Disponível na Página Online do CGTRQ.







Figura A6: Rótulo padrão para identificação de matéria prima para reciclagem.

	<b>CGTRQ</b> <small>cgtrq@iq.ufrgs.br</small>	
<small>http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/ Ramal: 7362</small>		
<b>MATÉRIA PRIMA PARA RECICLAGEM</b>		
Assinale qual material entregue:		
<input type="checkbox"/> Papel	<input type="checkbox"/> Oleo Vegetal	<input type="checkbox"/> Oleo Mineral
<input type="checkbox"/> Plástico	<input type="checkbox"/> Vaselina Líquida	<input type="checkbox"/> Querosene
<input type="checkbox"/> Metal	<input type="checkbox"/> Glicerina Líquida	<input type="checkbox"/> Diesel ou Biodiesel
<input type="checkbox"/> Vidro	<input type="checkbox"/> Gasolina	<input type="checkbox"/> Mercúrio Metálico
<small>Obs: As embalagens não podem ser reutilizadas para outros fins após a sua utilização e devem seguir os procedimentos adequados para serem recicladas</small>		
<input type="checkbox"/> Inflamável <input type="checkbox"/> Corrosivo <input type="checkbox"/> Tóxico <input type="checkbox"/> Reativo		
<b>FONTE GERADORA DO RESÍDUO QUÍMICO</b>		
Unidade:		<input type="checkbox"/> Grad. <input type="checkbox"/> Pesq. <input type="checkbox"/> Serviço
Departamento:		
Laboratório:		
Prédio:	Sala:	Ramal Lab:
Responsável Legal:		
Responsável Técnico:		

Fonte: Disponível na Página Online do CGTRQ.

Figura A7: Rótulo padrão para identificação de reagentes não desejáveis.

		<b>Centro de Gestão e Tratamento de Resíduos Químicos</b>					
<a href="http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/">http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/</a>		Ramal: 7362		cgtrq@ufrgs.br			
<b>FONTE DOADORA DO PRODUTO QUÍMICO</b>							
Unidade:		( ) Grad. ( ) Pesq. ( ) Serviço					
Departamento:					Prédio:		
Laboratório:				Sala:		Ramal:	
Responsável Legal:							
Responsável Técnico:							
<b>Periculosidade:</b>		( ) Inflamável ( ) Corrosivo ( ) Tóxico ( ) Reativo					
<b>REAGENTE NÃO DESEJÁVEL (substância química não mais utilizada ou vencida)</b>							
Item	Quant	Nome Produto Químico	Fórmula Química	Marca	Pureza	Validade	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							

Fonte: Disponível na Página Online do CGTRQ.

Figura A8: Rótulo padrão para identificação de resíduos líquidos desconhecidos.

	<b>CGTRQ</b> <small>cgtrq@iq.ufrgs.br</small>	
<small>http://www.iq.ufrgs.br/cgtrq/ Ramal: 7362</small>		
<b>RESÍDUO LÍQUIDO DESCONHECIDO</b>		
<small>Caso houver alguma pista da composição favor descrever abaixo:</small>		
SOLVENTE:		
SOLUTO:		
<small>Caso houver alguma pista dos itens citados favor descrever abaixo:</small>		
pH: _____ Miscível em água: ( ) SIM; ( ) NÃO.		
Densidade em relação a água: ( ) >1; ( ) <1; ( ) =1.		
Inflamável: ( ) SIM; ( ) NÃO.		
Apresenta CI: ( ) SIM; ( ) NÃO. Teste chama c/cobre		
Apresentada COR: ( ) SIM; ( ) NÃO.		
Apresenta FASE: ( ) SIM; ( ) NÃO.		
<b>FONTE GERADORA DO RESÍDUO QUÍMICO</b>		
Unidade: _____ ( ) Grad. ( ) Pesq. ( ) Serviço		
Departamento:		
Laboratório:		
Prédio:	Sala:	Ramal Lab:
Responsável Legal:		
Responsável Técnico:		

Fonte: Disponível na Página Online do CGTRQ.