

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – CCET
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – DQ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC

FELIPE DOMINGUES QUATRONI

**TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS EM LABORATÓRIOS
DIDÁTICOS**

Uma revisão sobre a Gestão, Tratamento e Disposição final

São Carlos – SP
2025

FELIPE DOMINGUES QUATRONI

**TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS EM LABORATÓRIOS
DIDÁTICOS**

Uma revisão sobre a Gestão, Tratamento e Disposição final

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Bacharelado em Química com ênfase em Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Cerasi Urban

São Carlos – SP
2025

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS****DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQ/CCET**

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905

Telefone: (16) 33518206 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 15/2025/DQ/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso**Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)****FOLHA DE APROVAÇÃO****FELIPE DOMINGUES QUATRONI****TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS EM LABORATÓRIOS DIDÁTICOS UMA REVISÃO SOBRE A GESTÃO, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL****Trabalho de Conclusão de Curso****Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos**

São Carlos, 26 de fevereiro de 2025

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Profa Dra. Roberta Cerasi Urban
Membro da Banca 1	MSc. Gabriel Marcondes Ferraz
Membro da Banca 2	Dr. Jonatas Schadeck Carvalho



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Samuel Schwab, Professor(a)**, em 28/02/2025, às 14:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **1763880** e o código CRC **8A6BD981**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.001933/2024-38

SEI nº 1763880

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS****DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQ/CCET**

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905

Telefone: (16) 33518206 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-ADP nº 15/2025/DQ/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso**Ata da Defesa Pública (GDP-TCC-ADP)**

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro de 2025, realizou-se a Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso do estudante Felipe Domingues Quatroni do Curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos, devidamente matriculada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, perante a Banca Examinadora, composta pela professora Dra. Roberta Cerasi Urban, MSc. Gabriel Marcondes Ferraz e Dr. Jonatas Schadeck Carvalho segundo o estabelecido nas Normas para apresentação de Trabalho de Conclusão do Curso.

Após a apresentação e arguições, a Banca deliberou, segundo os critérios estabelecidos nas normas supracitadas:

Nome do Docente	Função	Nota
Profa Dra. Roberta Cerasi Urban	Orientador	9,5
MSc. Gabriel Marcondes Ferraz	Membro da Banca 1	9,5
Dr. Jonatas Schadeck Carvalho	Membro da Banca 2	9,5

Com isso, o Trabalho foi considerado aprovado, com nota final 9,5.

São Carlos, 28 de fevereiro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Samuel Schwab, Professor(a)**, em 28/02/2025, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **1763878** e o código CRC **CF140EF4**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.001933/2024-38

SEI nº 1763878

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Ata, versão de 02/Agosto/2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, à minha noiva e à minha orientadora, que me deram todo o apoio ao longo da graduação e na realização deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela oportunidade de estudar e adquirir conhecimento, além de todas as experiências que moldaram minha trajetória.

Aos meus pais, Fernando e Juscelena, minha base e meu maior suporte. Sou grato por todo o amor, incentivo e ensinamentos que me proporcionaram ao longo da vida. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha noiva, Francielli, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando nos momentos difíceis e me incentivando a seguir em frente. Seu carinho, compreensão e incentivo foram fundamentais para que eu pudesse superar desafios e concluir essa etapa.

À minha fiel companheira, Lili, que esteve ao meu lado nos momentos de estudo e dedicação, trazendo leveza e alegria ao meu dia a dia.

Um agradecimento especial à Profa. Dra. Roberta Cerasi Urban, cujo apoio e orientação foram essenciais para a realização deste trabalho. Sua dedicação, paciência e experiência foram fundamentais para minha formação e crescimento acadêmico. Também sou grato aos professores Dr. Ricardo Samuel Schwab e Dr. Elton Fabiano Sitta, que me auxiliaram imensamente ao longo deste percurso.

Agradeço à UFSCar por ter me proporcionado não apenas conhecimento teórico, mas também alguns dos melhores anos da minha vida, nos quais pude me reinventar como pessoa, fortalecendo meus valores e ideais. A todos os departamentos que fizeram parte da minha formação, e, em especial, ao Departamento de Química, que, com muito orgulho, digo que fez parte da minha história e crescimento profissional.

Agradeço ao Laboratório de Físico-Química da Faculdade de Tecnologia da Unicamp, onde tive a oportunidade de aprender muito sobre gerenciamento e tratamento de resíduos. Minha gratidão à minha supervisora Anjaina F. de Albuquerque, por todo o suporte, paciência e ensinamentos valiosos que contribuíram para o meu desenvolvimento.

Por fim, sou grato a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa jornada. Muito obrigado!

RESUMO

Os resíduos químicos são substâncias descartadas após o uso em processos laboratoriais, industriais ou acadêmicos. Devido a características como toxicidade, corrosividade e inflamabilidade, seu gerenciamento adequado é essencial para garantir a segurança e a preservação ambiental. Regulamentações como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), as normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e os padrões técnicos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelecem diretrizes para a classificação, manipulação e destinação correta desses materiais. O descarte inadequado pode contaminar o solo, a água e o ar, afetando ecossistemas e representando riscos à saúde humana. Por isso, é indispensável adotar medidas eficazes para minimizar esses impactos. O gerenciamento de resíduos químicos envolve etapas fundamentais, como segregação, armazenamento temporário interno e externo, rotulagem, transporte e disposição final. Alguns resíduos pouco agressivos, como certos sais solúveis e soluções diluídas, podem ser descartados na pia ou no lixo comum, desde que dentro dos padrões ambientais estabelecidos. No entanto, outros exigem tratamento prévio para reduzir sua periculosidade. Ácidos e bases devem ser neutralizados, metais tóxicos precisam ser precipitados para evitar contaminação e agentes oxidantes devem ser reduzidos devido ao risco de explosão. Compostos orgânicos perigosos, como aldeídos e fenóis, podem ser degradados para diminuir sua toxicidade. Já resíduos altamente tóxicos ou persistentes no meio ambiente, como solventes halogenados e substâncias de difícil degradação, devem ser enviados para incineração, onde são destruídos a altas temperaturas. Um agravante são os resíduos não identificados, cujo gerenciamento se torna mais complexo e perigoso. Para esses casos, são necessários testes preliminares para identificar suas características físicas e químicas, garantindo uma disposição final segura e adequada. A gestão correta dos resíduos químicos é essencial para reduzir impactos ambientais e garantir segurança nos laboratórios. Seguir normas técnicas, atender às regulamentações ambientais e investir em conscientização e capacitação são medidas fundamentais para um descarte responsável, promovendo um ambiente mais sustentável e seguro.

Palavras-chave: Resíduos Químicos. Preservação Ambiental. Tratamento de Resíduos. Disposição final.

ABSTRACT

Chemical waste consists of substances discarded after use in laboratory, industrial, or academic processes. Due to characteristics such as toxicity, corrosiveness, and flammability, proper management is essential to ensure safety and environmental preservation. Regulations such as the National Solid Waste Policy (PNRS), resolutions of the National Environmental Council (CONAMA), standards of the National Health Surveillance Agency (ANVISA) and technical guidelines of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) establish directives for classifying, handling, and properly disposing of these materials. Improper disposal can contaminate soil, water, and air, affecting ecosystems and posing risks to human health. Therefore, it is essential to adopt effective measures to minimize these impacts. Managing chemical waste involves key steps such as segregation, temporary internal and external storage, labeling, transportation, and final disposal. Some low-risk waste, such as certain soluble salts and diluted solutions, can be disposed of in the sink or regular trash, provided they meet environmental standards. However, other types require prior treatment to reduce their hazard. Acids and bases must be neutralized, toxic metals must be precipitated to prevent contamination, and oxidizing agents should be reduced due to explosion risks. Hazardous organic compounds, such as aldehydes and phenols, can be degraded to lower their toxicity. Highly toxic or environmentally persistent waste, such as halogenated solvents and hard-to-degrade substances, must be sent for incineration and destroyed at high temperatures. Unidentified waste is another challenge that makes management more complex and dangerous. In such cases, preliminary tests are necessary to determine their physical and chemical properties, ensuring a safe and appropriate final disposal. Proper chemical waste management is essential to reduce environmental impacts and ensure laboratory safety. Following technical standards, complying with environmental regulations, and investing in awareness and training are fundamental measures for responsible disposal, promoting a more sustainable and secure environment.

Keywords: Chemical Waste. Environmental Preservation. Waste Treatment. Final Disposal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas essenciais do gerenciamento de resíduos segundo a PNRS (Lei nº 12.305/2010).....	20
Figura 2 – Pictogramas do Sistema Globalmente Harmonizado.....	22
Figura 3 – Diagrama diamante de Hommel	23
Figura 4 – Aldeído.....	32
Figura 5 – Fenol	37
Figura 6 – Fluxograma para categorização de produtos químicos desconhecidos.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de Incompatibilidade química	54
Tabela 2 – Limites de descarte de substâncias em corpos hídricos	56
Tabela 3 – Pontos de Ebulição dos solventes mais comuns	76
Tabela 4 – Tabela de Substâncias controladas pela Polícia Federal	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resíduos que podem ser descartados diretamente na pia.....	27
Quadro 2 – Resíduos que podem ser descartados diretamente no lixo	28
Quadro 3 – Listagem do pH ou faixas de pH ideais para precipitação, específicas para cada metal.	38
Quadro 4 – Substâncias recomendadas para disposição direta em aterro para produtos químicos perigosos	82
Quadro 5 – Substâncias recomendadas para disposição direta em incinerador para produtos químicos perigosos	82

LISTA DE REAÇÕES

Reação 1 – Neutralização de ácidos com carbonato (CO_3^{2-})	58
Reação 2 – Neutralização de bases com ácido clorídrico (HCl).....	58
Reação 3 – Neutralização de bases com ácido sulfúrico (H_2SO_4)	58
Reação 4 – Redução de hidrogênio com bissulfito (HSO_3^-)	60
Reação 5 – Redução de permanganato (MnO_4^-) com bissulfito (HSO_3^-)	60
Reação 6 – Redução de dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) com bissulfito (HSO_3^-)	60
Reação 7 – Redução de iodato (IO_3^-) com bissulfito (HSO_3^-)	60
Reação 8 – Decomposição de aldeídos	62
Reação 9 – Oxidação do cianeto (CN^-) para cianato (CNO^-)	64
Reação 10 – Oxidação do Fe II para Fe III	64
Reação 11 – Formação do tiocianato de férrico ($\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$).....	65
Reação 12 – Oxidação do iodeto (I^-).....	65
Reação 13 – Decomposição de <i>peróxidos</i> com sulfato ferroso (FeSO_4)	66
Reação 14 – Precipitação de metais com sulfetos (S^{2-})	72
Reação 15 – Precipitação de metais com hidróxidos (OH^-)	72
Reação 16 – Precipitação de metais com silicatos (SiO_3^-).....	73
Reação 17 – Oxidação de Sulfetos (S^{2-})	78
Reação 18 – Oxidação de Tióis (RSH)	78

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DEGR – Departamento de Gestão de Resíduos da UFSCar
- DWW – *Dangerous when wet* (Perigosos quando molhado)
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- GHS – *Globally Harmonized System* (Sistema Globalmente Harmonizado)
- NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
- NFPA – *National Fire Protection Association* (Associação Nacional de Proteção contra Incêndios)
- NOS – *Not otherwise specified* (Não especificado de outra forma)
- ONU – Organização das Nações Unidas
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
- UV – Ultravioleta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. MOTIVAÇÃO	16
3. OBJETIVOS	17
4. RESÍDUO QUÍMICO	17
5. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR DESCARTE INCORRETO DE RESÍDUOS QUÍMICOS	18
6. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	19
6.1. Segregação e Acondicionamento	20
6.2. Rotulagem	21
6.3. Armazenamento temporário	23
6.4. Transporte de produtos ou resíduos perigosos	25
6.5. Disposição final	25
7. RESÍDUOS DE FÁCIL DESTINAÇÃO	26
8. TRATAMENTO E DESCARTE DE RESÍDUOS NO LABORATÓRIO GERADOR	28
8.1. Reagentes Controlados da Polícia Federal	29
8.2. Ácidos e Bases sem metais tóxicos	30
8.3. Agentes Oxidantes e Redutores	31
8.4. Aldeídos	31
8.5. Aminas Aromáticas	32
8.6. Compostos formadores de peróxidos	33
8.7. Cianetos	35
8.8. Fármacos	36
8.9. Fenóis	37
8.10. Metais tóxicos	38
8.11. Solventes	40
8.12. Sulfetos	40
8.13. Resíduos que podem ser destinados diretamente para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração	41
8.14. Resíduos Não Identificados (RSI)	42
8.14.1. Procedimentos de testes para RSI	42
8.14.2. Procedimento CETESB	46

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS	49
ANEXO 1 – Incompatibilidades Química	54
ANEXO 2 – Limites de descarte de substâncias em corpos hídricos.....	56
ANEXO 3 – Passo a passo dos tratamentos	57
A3.1. Ácidos e Bases sem metais tóxicos	57
A3.2. Agentes Oxidantes e Redutores.....	59
A3.3. Aldeídos.....	61
A3.4. Aminas Aromáticas	62
A3.5. Cianetos.....	63
A3.6. Compostos formadores de peróxidos	64
A3.7. Fármacos.....	66
A3.8. Fenóis	69
A3.9. Metais tóxicos	71
A3.9.1. Teste para a presença de metais em sobrenadantes.	73
A3.10. Solventes	75
A3.11. Sulfetos	77
ANEXO 4 – Substâncias controladas pela Polícia Federal.....	79
ANEXO 5 – Substâncias que podem se mandadas diretamente para incineração oi aterro segundo a CETESB.....	82

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos químicos são substâncias ou materiais resultantes de processos industriais, laboratoriais, agrícolas e até mesmo domésticos, que envolvem a manipulação de produtos químicos em diferentes etapas de produção e utilização (ABNT, 2023). Esses resíduos podem apresentar características diversas, como corrosividade, toxicidade, reatividade inflamabilidade e patogenicidade, o que torna seu manejo correto essencial para a segurança humana e do meio ambiente (ABNT, 2004).

O descarte inadequado de resíduos químicos é um dos principais agentes de contaminação ambiental, causando impactos diretos sobre o solo, a água e o ar. No solo, resíduos químicos podem alterar sua composição, podendo torná-lo infértil e tóxico para a fauna e flora locais. Na água, o descarte de resíduos químicos perigosos pode contaminar as fontes de água potável e prejudicar organismos aquáticos. No ar, gases ou partículas voláteis liberadas por resíduos químicos podem contribuir para problemas respiratórios e até mesmo para o agravamento do efeito estufa (JUNIOR; SOUZA, 2023).

Além dos impactos ambientais, a exposição prolongada a substâncias químicas perigosas, seja por trabalhadores em indústrias ou pela população em áreas próximas a locais de descarte inadequado, pode provocar doenças graves, como câncer, problemas neurológicos e distúrbios no sistema reprodutivo (KATO; GARCIA; WÜNSCH FILHO, 2007).

No Brasil, essa questão tem ganhado maior visibilidade com o avanço das discussões sobre sustentabilidade e preservação ambiental. A criação de políticas como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) reforça a importância de uma gestão adequada dos resíduos, incluindo os resíduos químicos (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – Lei nº 12.305/2010) estabelece diretrizes para o manejo, tratamento e disposição final de resíduos, promovendo a responsabilidade compartilhada entre empresas, consumidores e poder público. Essa política incentiva práticas como a redução na geração, o reaproveitamento e a reciclagem, além de exigir que todo gerador seja responsável pelo resíduo até sua disposição final. Seu principal instrumento é o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), um documento técnico que identifica a quantidade e o tipo de resíduo gerado, além de definir procedimentos ambientalmente adequados. Sua elaboração é obrigatória para setores como indústria, saúde, saneamento e construção civil, mas sua aplicação é recomendada para todos os segmentos geradores.

No ambiente acadêmico, o PGRS pode orientar políticas de gestão em laboratórios químicos, promovendo conscientização e incentivando pesquisas sobre gerenciamento de resíduos (SANTOS; JUNIOR, 2024).

Dessa forma, a conscientização sobre a importância de práticas responsáveis no tratamento e descarte de resíduos químicos é essencial. Não se trata apenas de uma questão técnica, mas também de uma mudança de mentalidade, que exige uma colaboração entre governo, empresas, instituições acadêmicas e a sociedade como um todo.

2. MOTIVAÇÃO

A escolha do tema desta monografia foi fortemente influenciada pela minha experiência de estágio na Faculdade Técnica (FT) da UNICAMP, onde atuei no preparo de aulas, na gestão do laboratório e principalmente no manejo de resíduos químicos gerados durante aulas e pesquisas.

Durante esse período, tive a oportunidade de vivenciar uma perspectiva diferente das práticas laboratoriais, uma visão que muitas vezes nos escapa como alunos, e pude notar que, frequentemente, tanto estudantes quanto pesquisadores não refletem sobre como será a disposição final dos resíduos gerados durante suas atividades.

Durante minha formação na UFSCar, o tema "Química Verde" foi amplamente discutido, com os professores nos incentivando a buscar alternativas sustentáveis para procedimentos e a refletir sobre os resíduos que geramos. Este assunto, especialmente no contexto brasileiro atual, adquire uma relevância ainda maior já que o país enfrenta diversas crises ambientais, como eventos climáticos extremos causados pelo aquecimento global que está diretamente relacionado com a poluição que geramos.

Dessa forma, a decisão de revisar o manejo de resíduos nos laboratórios didáticos surge como uma tentativa de conscientizar e direcionar tanto alunos quanto pesquisadores da importância de adotar práticas responsáveis em relação ao descarte correto de resíduos e de como fazê-lo dependendo de cada substância. A disposição inadequada pode gerar graves impactos ambientais, e aumentar a conscientização sobre essa questão é um passo fundamental para mitigar esses efeitos e contribuir para um futuro mais sustentável.

3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar alternativas viáveis e práticas para o tratamento dos resíduos mais comuns em laboratórios químicos, visando à redução dos riscos causados pelo descarte inadequado. Além disso, propõe uma breve revisão dos principais conceitos sobre resíduos químicos em laboratórios, abordando sua classificação, as normas vigentes que os regulamentam e as melhores práticas para armazenamento, rotulagem e descarte seguro.

4. RESÍDUO QUÍMICO

Segundo a norma técnica ABNT NBR 16.725 de 2023, resíduos químicos são materiais descartados que contêm substâncias químicas, provenientes de processos industriais, laboratoriais, agrícolas e outros setores, incluindo residências. Esses resíduos podem apresentar propriedades perigosas, como toxicidade, corrosividade, inflamabilidade e reatividade, tornando seu gerenciamento e descarte adequados fundamentais para proteger a saúde pública e o meio ambiente (ABNT, 2004)

Os resíduos químicos são classificados em quatro categorias conforme sua periculosidade (ABNT, 2004). Resíduos Classe I são considerados perigosos e pertencem ao Grupo B, conforme a Resolução CONAMA nº 283 de 2001. Eles apresentam características como toxicidade, reatividade, inflamabilidade, patogenicidade e/ou corrosividade.

Já os Resíduos Classe II são não perigosos e podem ser divididos em duas subclasses. Os Classe II A (Não Inertes) não se enquadram como perigosos nem como inertes, podendo apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os Classe II B (Inertes) são aqueles que, ao serem testados segundo as normas ABNT NBR 10007 e ABNT NBR 10006, não apresentam constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando aspectos como cor, turbidez, dureza e sabor.

Em laboratórios de ensino e pesquisa, as principais fontes de resíduos químicos incluem reagentes vencidos, soluções e produtos de reações gerados durante diversas análises. Esses resíduos apresentam grande variedade de composição, muitas vezes contendo substâncias altamente tóxicas para a saúde humana e o meio ambiente (SANTOS; JUNIOR, 2024). Diante disso, a implementação de ações eficazes para o gerenciamento, tratamento e disposição

adequada desses resíduos tornou-se cada vez mais essencial para minimizar os impactos ambientais (AIRES; PIMENTA, 2019)

Para regulamentar a gestão de resíduos em diferentes setores, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305/2010. Essa política define diretrizes para a redução, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente adequada de resíduos, promovendo a responsabilidade compartilhada entre geradores, transportadores e destinatários finais.

No contexto laboratorial, a PNRS reforça a necessidade de práticas como a substituição de reagentes perigosos por alternativas menos agressivas, a recuperação de solventes e a neutralização de substâncias antes do descarte, garantindo maior segurança e conformidade ambiental (SANTOS; JUNIOR, 2024).

5. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR DESCARTE INCORRETO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

O descarte inadequado de resíduos químicos impacta o meio ambiente, contaminando solo e água. Substâncias tóxicas podem infiltrar-se no solo, atingindo lençóis freáticos e corpos d'água, comprometendo a qualidade da água potável e afetando ecossistemas aquáticos (FERREIRA; et al., 2019). Além disso, a decomposição de certos resíduos libera gases como metano e compostos voláteis orgânicos (VOCs, *Volatile Organic Compounds*), que contribuem para o efeito estufa e prejudicam a qualidade do ar (MORAES; et al., 2017). O despejo irregular também afeta a biodiversidade, causando a morte de organismos aquáticos e alterando cadeias alimentares (FERREIRA; et al., 2019). A exposição a essas substâncias pode provocar doenças respiratórias, problemas dermatológicos e câncer (MORAES; et al., 2017).

Muitas indústrias ainda enfrentam dificuldades na gestão adequada de resíduos, seja por falta de infraestrutura, custos elevados ou desconhecimento das normas ambientais (MORAES; et al., 2017). Algumas utilizam a comercialização de resíduos recicláveis para minimizar passivos ambientais (MORAES; et al., 2017). A educação ambiental é essencial para conscientizar a população sobre o descarte responsável, evitando problemas como inundações causadas pelo acúmulo de lixo e a emissão de gases tóxicos em aterros inadequados (FERREIRA; et al., 2019).

Para mitigar esses impactos, medidas como reciclagem e reaproveitamento de substâncias em processos industriais podem reduzir significativamente a quantidade de resíduos

descartados (MORAES; et al., 2017). Campanhas de conscientização também desempenham um papel fundamental na redução do descarte inadequado (FERREIRA; et al., 2019). A adoção de tecnologias limpas na indústria contribui para a diminuição da geração de resíduos perigosos (MORAES; et al., 2017), enquanto políticas públicas eficazes, com fiscalização rigorosa e incentivos, são fundamentais para a preservação ambiental (FERREIRA; et al., 2019).

Em outubro de 2018, na cidade de Charqueada-SP, uma explosão em uma indústria química (Biocapital Participações) causou a morte de três pessoas (VIEIRA, 2018). A CETESB foi acionada para verificar o risco de vazamento químico e enviou uma equipe ao local. Até o fim da tarde do acidente, a área permanecia interditada para a perícia. Segundo Vieira (2018) havia indicação de deslocamento de massa de ar na entrada do reator e CETESB já havia aplicado multas à empresa por infrações ambientais anteriores, incluindo despejo inadequado de efluentes no solo (R\$ 822 mil) e emissão de odores (R\$ 15 mil). Esse caso evidencia a recorrência de práticas inadequadas no manejo de resíduos químicos.

Diante desses desafios, a adoção de medidas eficazes para a gestão e destinação correta dos resíduos químicos é essencial para garantir um meio ambiente mais saudável e seguro para as futuras gerações.

6. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

O gerenciamento de resíduos é essencial para a gestão ambiental, envolvendo a manipulação segura de materiais não recicláveis ou de difícil decomposição, incluindo substâncias perigosas (PNRS, 2010). Esse processo abrange a identificação, classificação, armazenamento, transporte e disposição final dos resíduos, conforme normas e regulamentos rigorosos, para minimizar impactos ambientais e proteger a saúde pública (PNRS, 2010).

A PNRS (2010) enfatiza que o gerenciamento de resíduos deve ser feito de forma sistemática, abrangendo a segregação, tratamento e disposição adequados, visando reduzir os impactos ambientais e os riscos à saúde, a Figura 1 mostra as etapas essenciais para o gerenciamento de resíduos, seja em indústria, laboratórios, ou outros centros geradores.

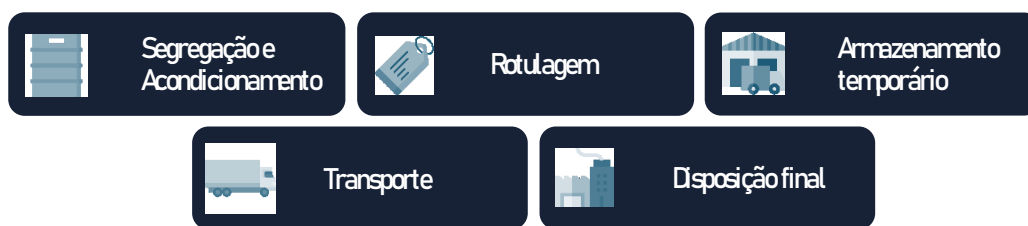


Figura 1 - Etapas essenciais do gerenciamento de resíduos segundo a PNRS (Lei nº 12.305/2010)
Fonte: adaptado de CEMIG, 2021

6.1. Segregação e Acondicionamento

A segregação e o acondicionamento de resíduos químicos são fundamentais para garantir a segurança ambiental e proteger a saúde pública. A segregação deve ser rigorosa para evitar a contaminação de resíduos não perigosos com os perigosos, prevenindo a classificação errônea e facilitando a disposição final (BRANDÃO; ARAUJO, 2019).

Nas unidades geradoras, a segregação deve ser realizada diariamente, preferencialmente no momento da geração, separando os resíduos perigosos dos não perigosos, considerando o estado físico e a compatibilidade. Além disso, deve-se sempre avaliar opções de reutilização, reciclagem ou doação (BUTANTAN, 2014).

Misturas químicas devem ser evitadas, e, quando necessárias, devem ser consultadas tabelas de incompatibilidade (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017). A incompatibilidade química (Anexo 1) é um fator crítico, pois substâncias podem reagir perigosamente quando misturadas, causando explosões, liberação de gases tóxicos ou corrosão (ANVISA, 2018). Conhecer as propriedades das substâncias e consultar as fichas de segurança (FDS) é fundamental para prevenir incidentes e garantir um armazenamento seguro (WINDER; ZAREI, 2000).

O acondicionamento adequado também é essencial para garantir a segurança. Os recipientes devem ser resistentes, bem vedados e compatíveis com os resíduos para evitar vazamentos e riscos ambientais (ANVISA, 2018). Além disso, a rotulagem correta é imprescindível para facilitar o manuseio seguro. Algumas orientações da RDC nº 222 para o acondicionamento incluem:

- Bombonas e caixas de papelão devem atender às normas ISO 9001 de qualidade, garantindo rigidez, durabilidade e resistência adequadas ao armazenamento seguro dos resíduos;

- Utilizar barreiras físicas para separar os resíduos, prevenindo a dispersão em caso de rompimento dos recipientes e minimizando riscos de contaminação;
- Manter os recipientes sempre fechados, exceto durante a manipulação, para evitar vazamentos, liberação de vapores ou contaminação por substâncias externas;
- Armazenar os resíduos conforme suas incompatibilidades químicas, garantindo que não ocorram reações perigosas indesejadas, como liberação de gases tóxicos, combustão ou explosões;
- Não exceder 75% da capacidade dos recipientes, prevenindo transbordamentos e reduzindo o risco de derramamentos durante a movimentação e o transporte.

6.2. Rotulagem

A rotulagem correta de resíduos químicos é crucial para garantir a segurança no manuseio e descarte desses materiais. Rótulos claros fornecem informações sobre a composição, os perigos e as instruções de manuseio, ajudando a prevenir acidentes e reações químicas perigosas (PNRS, 2010; CARLSTON et al., 2016).

A ABNT NBR 16.725 de 2023 determina o conteúdo obrigatório para a rotulagem de resíduos químicos, tanto perigosos quanto não perigosos. Resíduos perigosos devem conter informações como nome, telefone do gerador, composição química, pictograma de risco, palavras de advertência, frases de perigo e de precaução. Isso garante a rastreabilidade da fonte geradora do resíduo, além de permitir que outras pessoas o identifiquem rapidamente e adotem os devidos cuidados. Enquanto, para resíduos não perigosos, a etiqueta deve incluir nome, telefone do gerador e a frase “ESTE RESÍDUO QUÍMICO NÃO É CLASSIFICADO COMO PERIGOSO” (BUTANTAN, 2014).

A Portaria nº 229 de 2011 adotou o uso do Sistema Globalmente Harmonizado (*Globally Harmonized System*, GHS) em rótulos de resíduos, com pictogramas padronizados e fichas de segurança para comunicar os riscos físicos, à saúde e ambientais. A padronização melhora a segurança e facilita o comércio internacional (ONU, 2019). O GHS utiliza nove pictogramas, cada um representando um risco químico específico, apresentados em um losango vermelho com fundo branco e símbolo preto (ONU, 2019).

Perigo - Classes de Perigo do GHS		
 -Oxidantes -Peróxidos Orgânicos	 -Toxicidade aguda (severa)	 -Carcinogênico -Sensibilizante à respiração -Toxicidade à reprodução -Toxicidade ao órgão Ativo -Mutagenicidade
 -Inflamáveis -Auto-reativos -Pirofóricos -Auto-aquecíveis -Emite gás inflamável	 -Corrosivos	 -Irritante -Sensibilizante dérmico -Toxicidade aguda (perigosa)
 -Explosivos -Reativos -Peróxidos orgânicos	 -Gases sob pressão	 -Perigoso ao meio ambiente

Figura 2 – Pictogramas do Sistema Globalmente Harmonizado
Fonte: ATIVAFLEX, 2024.

Outra ferramenta muito utilizada nos laboratórios para identificação de perigos de uma substância é o diagrama diamante de Hommel, oriundo do Sistema de Classificação de Perigo da *National Fire Protection Association* – NFPA (Associação Nacional de Proteção contra Incêndios). Ele é uma ferramenta visual usada para classificar riscos químicos em saúde, inflamabilidade e reatividade, facilitando a identificação rápida dos perigos em ambientes laboratoriais e industriais (NFPA, 2019).



Figura 3 - Diagrama diamante de Hommel
 Fonte: ATIVAFLEX, 2024.

6.3. Armazenamento temporário

O armazenamento temporário de resíduos químicos pode ser classificado em interno e externo. O armazenamento interno ocorre no próprio local de geração, como laboratórios, até que os resíduos sejam tratados ou transportados, exigindo organização e segregação para minimizar riscos (ABNT, 1993). Já o armazenamento externo acontece em áreas específicas fora do local de geração, projetadas para garantir segurança e conformidade com normas ambientais, servindo como etapa intermediária antes do tratamento, reciclagem ou descarte adequado (ABNT, 1993)

O armazenamento interno de resíduos químicos ocorre no local de geração até sua disposição final, seguindo normas e legislações específicas, como a ABNT NBR 12.809 de 1993. Em universidades e institutos de pesquisa, esse armazenamento geralmente ocorre nos próprios laboratórios, o que pode aumentar riscos à segurança. Para evitar acidentes, os resíduos devem ser organizados conforme critérios de incompatibilidade e segregação adequado (SANTOS; JUNIOR, 2024)

O armazenamento externo de resíduos químicos, também chamado de abrigo externo, é utilizado para guardar resíduos que não puderam ser tratados ou que já passaram por um

tratamento antes da disposição final. Esse local deve estar devidamente sinalizado, isolado e estruturado conforme as normas ABNT NBR 11.174 de 1990 e ABNT NBR 12.235 de 1992, garantindo segurança e evitando riscos ambientais. Além disso, deve ter fácil acesso para a coleta e seguir critérios de segregação, acondicionamento e identificação, conforme regulamentações da Anvisa e do CONAMA.

Alguns aspectos técnicos do abrigo de resíduos químicos segundo as normas ABNT NBR 11.174 e 12.235 de 1990 e 1992 respectivamente:

- Evitar a incidência direta de luz solar para prevenir o aquecimento excessivo dos resíduos, reduzindo riscos de decomposição térmica, liberação de vapores tóxicos ou reações indesejadas;
- O local deve ser construído em alvenaria, fechado e equipado com aberturas para ventilação adequada, garantindo a contenção segura dos resíduos e evitando o acúmulo de gases inflamáveis ou tóxicos, enquanto a tela de proteção impede a entrada de insetos e outros vetores;
- O piso deve ser convergente para canaletas, permitindo o escoamento de resíduos em caso de vazamento. Essas canaletas devem estar conectadas a uma caixa de contenção seguida de uma caixa de captação para o recolhimento seguro dos resíduos derramados;
- As paredes devem possuir acabamento liso, resistente, lavável, impermeável e de cor clara, facilitando a higienização, evitando o acúmulo de contaminantes e permitindo melhor visibilidade de vazamentos ou sujeira;
- As portas devem abrir para fora e possuir proteção inferior para impedir a entrada de vetores e roedores, evitando contaminações e garantindo uma saída rápida em caso de emergência;
- Deve haver um armário para armazenamento adequado de EPIs e extintores de incêndio, garantindo fácil acesso a equipamentos de proteção e combate a incêndios em emergências;
- A instalação deve possuir um chuveiro de emergência e lava-olhos para o pronto atendimento em caso de contato com substâncias perigosas, minimizando riscos à saúde dos trabalhadores.

6.4. Transporte de produtos ou resíduos perigosos

O transporte de produtos e resíduos perigosos é uma atividade crítica que exige rigorosos protocolos de segurança e conformidade com regulamentações específicas. Sua importância está na prevenção de acidentes ambientais e riscos à saúde pública, garantindo a segurança de pessoas, propriedades e ecossistemas ao longo das rotas de transporte. Além disso, uma gestão eficiente minimiza a contaminação e impactos negativos, promovendo a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental (ANTT, 2001)

No Brasil, o transporte de produtos perigosos é regulamentado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), conforme a Lei 10.233, de 5 de junho de 2001. As diretrizes para o transporte desses materiais estão estabelecidas na Resolução ANTT nº 5.947, que determina requisitos legais conforme a quantidade transportada, seja ela limitada por veículo, embalagem interna ou artigos, ou acima dos limites estabelecidos.

A ABNT NBR 7.500 de 2017 define os símbolos de identificação de produtos químicos perigosos em veículos e embalagens, indicando os riscos e cuidados necessários no transporte. Seguindo recomendações da ONU, a norma classifica os produtos em nove classes de risco, como explosivos, gases, inflamáveis, oxidantes, tóxicos, radioativos, corrosivos e outros perigos diversos.

A identificação no transporte rodoviário é feita por rótulos de risco em embalagens e painéis de segurança nos veículos, contendo símbolos, natureza do risco e a respectiva classe ou subclasse. Produtos não perigosos não necessitam dessa sinalização (ABNT, 2017).

6.5. Disposição final

A disposição final de resíduos químicos é um aspecto crucial da gestão ambiental, com foco em métodos como incineração e aterro para tratar resíduos que não podem ser reciclados ou reutilizados (PNRS, 2010). Para resíduos químicos Classe I ou II A, existem dois principais métodos de disposição final, sendo eles a incineração e o aterro para resíduos perigosos (ANVISA, 2018).

A incineração é um método eficaz para a disposição final de resíduos químicos perigosos, envolvendo a queima controlada a altas temperaturas (ANVISA, 2018). Ela oferece vantagens como a redução de volume dos resíduos, destruição de compostos perigosos, e a recuperação de energia gerada pelo calor (NAP, 2011). No entanto, a incineração pode gerar

emissões atmosféricas prejudiciais, como dioxinas e furanos, que requerem sistemas de controle eficazes para filtração dos gases gerados, além de demandar gestão de cinzas resultantes, que podem conter metais tóxicos e outros contaminantes (BALERA; et al., 2012)

O aterro é uma alternativa para resíduos químicos que não podem ser incinerados. Ele envolve o depósito dos resíduos em áreas específicas, projetadas com medidas de segurança como impermeabilização, sistemas de drenagem para tratar chorume, e monitoramento contínuo para evitar contaminação ambiental (ANVISA, 2018). Porém, o aterro tem desvantagens, como a necessidade de grandes áreas de terra, o que pode ser um problema em regiões urbanas, e o monitoramento a longo prazo para garantir a segurança ambiental. (NAP, 2011).

A escolha entre incineração e aterro depende da natureza dos resíduos e das condições locais (OLIVEIRA, 2018). Ambos os métodos requerem rigorosos controles e regulamentações para garantir que a disposição final dos resíduos químicos seja segura e sustentável, minimizando os riscos à saúde pública e ao meio ambiente (ANVISA, 2018).

7. RESÍDUOS DE FÁCIL DESTINAÇÃO

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e as normas ABNT NBR 10004 e 12809, resíduos classificados como não perigosos (Classe II) podem ser descartados no lixo comum ou esgoto. A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 estabelece critérios para o lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água, complementando a Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Essas normas definem limites máximos de poluentes para evitar danos ambientais e à saúde pública.

Segundo a ABNT NBR 10004 de 2024, o descarte de resíduos químicos na rede de esgoto ou lixo comum só é permitido se não apresentarem características perigosas, como inflamabilidade, reatividade ou toxicidade. Além disso, substâncias classificadas como agudamente tóxicas ou tóxicas, conforme os anexos D e E da ABNT NBR 10004 de 2004, não devem ser descartadas dessa forma.

A volatilidade e o odor do resíduo também são fatores relevantes. Compostos com odores fortes podem representar riscos de exposição e devem ser tratados antes do descarte (OLIVEIRA, 2018). No caso de soluções aquosas, elas devem estar diluídas a no máximo 5% e descartadas sob fluxo contínuo de água corrente, garantindo que o pH esteja entre 6,0 e 8,0.

Caso contrário, é necessária a neutralização prévia para evitar impactos ambientais (OLIVEIRA, 2018).

Resíduos sólidos comuns que não contenham produtos químicos perigosos devem ser segregados dos recicláveis e perfurocortantes no momento da geração. Após a separação, devem ser acondicionados em sacos plásticos pretos, preenchidos até dois terços de sua capacidade e descartados corretamente (BUTANTAN, 2014).

Os quadros 1 e 2 foram elaborados com base na Resolução CONAMA nº 430 de 2011 e no NAP (1995), apresentando cátions de baixa toxicidade que podem ser descartados como resíduos comuns.

Há, contudo, exceções. O metanol, embora seja um álcool de cadeia curta, é tóxico e não pode ser descartado na pia (OLIVEIRA, 2018). Já os fosfatos (PO_4^{3-}), apesar de não serem altamente tóxicos, devem ter seu descarte controlado, pois podem causar eutrofização e prejudicar o equilíbrio ecológico (FILHO, et al., 2020).

Quadro 1- Resíduos que podem ser descartados diretamente na pia

Orgânicos	Açúcares	
	Aminoácidos e sais de ocorrência natural	
	Ácido cítrico e seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH_4)	
	Ácido láctico e seus sais (Na, K, Mg, Ca, NH_4)	
	Ácidos carboxílicos: com menos de 6 carbonos e seus sais de NH_4 , Na e K	
	Álcoois: com menos de 5 carbonos	
Inorgânicos	Cátions	Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , H^+ , K^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , Sn^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} e Zn^{2+} .
	Anions	BO_3^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, Br^- , CO_3^{2-} , Cl^- , HSO_3^- , I^- , OH^- , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , OCN^- e SCN^- .

Fonte: adaptado de CONAMA, 2011 e NAP, 1995.

Quadro 2- Resíduos que podem ser descartados diretamente no lixo

Orgânicos	Ácido cítrico e seus sais de Na, K, Mg, Ca, NH ₄	
	Ácido láctico e seus sais de Na, K, Mg, Ca, NH ₄	
	Açúcares: sacarose, glicose, frutose, amido.	
	Aminoácidos e sais de ocorrência natural	
Inorgânicos	Boratos	Na, K, Mg, Ca
	Carbonatos	Na, K, Mg, Ca, Sr, NH ₄
	Cloretos	Ca, Na, K, Mg
	Óxidos	B, Mg, Ca, Sr, Al, Si, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn
	Sílica não contaminada	
	Sulfatos	Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, NH ₄
Materiais não contaminados com produtos químicos perigosos	Frascos de vidro e plástico, limpos e sem rótulos	
	Papel filtro	
	Toalhas de papel usadas para limpar derramamentos	
	Areia ou vermiculita utilizadas para absorver derramamentos	

Fonte: adaptado de CONAMA, 2011 e NAP, 1995.

8. TRATAMENTO E DESCARTE DE RESÍDUOS NO LABORATÓRIO GERADOR

O tratamento adequado de resíduos químicos é essencial para minimizar impactos ambientais e riscos à saúde pública (OLIVEIRA, 2018). Recomenda-se evitar o acúmulo de substâncias que possam ser neutralizadas ou destruídas no ambiente de trabalho, promovendo um descarte mais seguro e eficiente (PNRS, 2010).

O tratamento químico deve reduzir ou eliminar a periculosidade dos resíduos antes de sua disposição final, seja por incineração, disposição em aterro industrial ou descarte como resíduo comum. Esse procedimento deve ser realizado no local de geração dos resíduos, sob a supervisão de um docente responsável e sempre que possível, é fundamental aplicar a política dos 3R's (recuperar, reutilizar e reciclar) para minimizar os impactos ambientais (PNRS, 2010).

No Anexo 3, encontram-se os procedimentos detalhados para o tratamento, destacando pontos cruciais e cuidados necessários durante o processo, além das reações químicas, orientações e recomendações para garantir a segurança tanto do usuário quanto do meio ambiente.

8.1. Reagentes Controlados da Polícia Federal

Antes de tratar resíduos químicos, é crucial considerar aqueles gerados a partir de substâncias controladas (MJSP, 2022). Resíduos controlados são materiais resultantes de processos industriais ou analíticos que contêm substâncias químicas sujeitas a controle e que podem ser reaproveitados no processo produtivo ou viabilizam a separação desses compostos (MJSP, 2022).

A destruição desses produtos deve ser realizada com precaução para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, empregando métodos adequados e em conformidade com as normas da ABNT e as diretrizes dos órgãos ambientais e de saúde competentes (MJSP, 2022)

Os produtos químicos listados no Anexo 1 da Portaria MJSP nº 204 de 2022 (Anexo 4 desse documento), com exceção daqueles incluídos na “Lista VII”, estão sujeitos a controle e fiscalização em todas as atividades mencionadas no artigo 1º da Lei nº 10.357/2001, quando as transações envolverem quantidades superiores a um grama ou um mililitro.

Alguns produtos formulados à base de substâncias químicas controladas estão isentos de controle, exceto nos casos de exportação ou reexportação para Bolívia, Colômbia e Peru. As isenções incluem:

- Soluções contendo solventes orgânicos, desde que a concentração total das substâncias controladas não ultrapasse 60%, com exceção do cloreto de etila.
- Óleo de sassafrás, outros óleos similares ou preparações com safrol e/ou piperonal em concentrações individuais iguais ou inferiores a 4%.
- Solução eletrolítica de bateria com até 40% de ácido sulfúrico, destinada ao varejo e comercializada em embalagens de até um litro, sendo o limite de isenção de 200 litros por mês para pessoas jurídicas e cinco litros para pessoas físicas (MJSP, 2022).

Dessa forma, para que esses reagentes possam ser destinados a aterros ou à incineração, é necessário que estejam dentro do limite máximo de concentração estabelecido pela referida portaria.

8.2. Ácidos e Bases sem metais tóxicos

Ácidos e bases são substâncias essenciais e amplamente utilizadas em laboratórios, desempenhando papéis fundamentais em diversas reações químicas. Sua principal característica é a capacidade de doar ou aceitar íons hidrogênio (H^+), o que altera o pH das soluções e afeta diretamente a reatividade química dos compostos (ATKINS et al., 2018). No entanto, seu manuseio exige cuidados rigorosos devido aos riscos associados. Os ácidos, por exemplo, são altamente corrosivos e podem causar queimaduras graves na pele e nos olhos, além de emitir vapores tóxicos que afetam o sistema respiratório. Já as bases, embora menos voláteis, apresentam grande risco para tecidos biológicos, podendo provocar lesões severas e complicações oculares irreversíveis (CETESB, 2010).

Além disso, a diluição inadequada ou a mistura incorreta dessas substâncias pode resultar em reações violentas, gerando liberação de calor excessivo e formação de gases tóxicos, o que torna essencial a adoção de medidas de segurança no manuseio (ARMOUR, 2003).

O tratamento seguro de resíduos ácidos e básicos sem metais tóxicos é feito através da neutralização até pH neutro (6,0 ~ 8,0). Para os ácidos, a neutralização é realizada por meio da adição controlada de uma solução básica. Além do uso de hidróxidos, é possível a utilização de bases fracas para minimizar o aumento de temperatura e deixar a reação menos violenta, como o carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 10% m/v, que reage de maneira mais branda e minimiza a liberação de calor até atingir pH neutro (MÜLLER, 2016). Durante a reação, é comum a liberação de dióxido de carbono (CO_2), exigindo um controle cuidadoso para evitar efervescência excessiva (MÜLLER, 2016).

Para resíduos básicos, como hidróxidos e aminas, o procedimento é semelhante, mas utiliza ácidos diluídos para neutralização. De acordo com Armour (2003), ácido sulfúrico (H_2SO_4) 3 mol.L⁻¹ ou ácido clorídrico (HCl) 6 mol.L⁻¹ são comumente empregados para ajustar o pH da solução até a faixa adequada de descarte. No entanto, como apontado por Müller (2016), uma dificuldade ocorre com bases pouco solúveis, sendo que sua precipitação é alcançada através da adição de hidróxido de sódio (NaOH) até um limite específico.

Após a neutralização, a solução resultante pode ser descartada na pia sob fluxo contínuo de água, desde que não contenha outras substâncias perigosas. Qualquer precipitado formado deve ser filtrado, seco e encaminhado para incineração ou aterro de resíduos perigosos (CETESB, 2010).

8.3. Agentes Oxidantes e Redutores

Os resíduos químicos contendo agentes oxidantes devem passar por um tratamento adequado antes do descarte para minimizar os riscos ambientais e à saúde (CETESB 2010). Agentes oxidantes, como bromatos, cloratos, peróxidos e dicromatos, são amplamente utilizados em processos industriais e laboratoriais, desempenhando funções importantes na desinfecção e em diversas reações químicas. No entanto, sua alta reatividade pode torná-los perigosos, causando corrosão, queimaduras e, em certas condições, até explosões (ARMOUR, 2003).

Para neutralizar esses compostos, um processo de redução química pode ser aplicado, utilizando espécies como sulfito (SO_3^{2-}), metabissulfito ($\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$), bissulfito (HSO_3^-) e tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) (ARMOUR, 2003). O metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) é um dos reagentes mais utilizados devido à sua eficácia, disponibilidade e custo (SANTOS; et al., 2011).

O tratamento envolve a adição gradual do agente oxidante a uma solução aquosa de metabissulfito de sódio, promovendo sua redução sob agitação. A solução é então acidificada com ácido sulfúrico para garantir a conversão completa dos compostos oxidantes (ARMOUR, 2003). Após essa etapa, o pH é ajustado utilizando carbonato de sódio, evitando um ambiente excessivamente ácido, o que poderia gerar novos riscos (MÜLLER, 2016).

Segundo a CETESB (2010), caso haja presença de metais como cromo, manganês ou molibdênio, uma etapa adicional é necessária, utilizando sulfeto de sódio (Na_2S) para precipitação desses metais (Tópico 8.10.).

O precipitado formado ao longo do processo deve ser separado por filtração e destinado a aterros específicos ou incineração, conforme as diretrizes ambientais. O líquido remanescente passa por uma etapa final de oxidação com hipoclorito de sódio (NaClO) e hidróxido de sódio (NaOH) e após um novo processo de filtração, a solução neutralizada pode ser descartada no esgoto, desde que atendidos os parâmetros de segurança estabelecidos pelas normas ambientais (CETESB, 2010).

8.4. Aldeídos

Os aldeídos, compostos orgânicos com o grupo funcional $-\text{CHO}$, são amplamente utilizados na indústria e em processos laboratoriais, mas apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente (NAP, 1995).

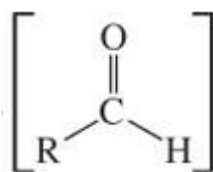


Figura 4 - Aldeído
Fonte: AUGUSTO, 2015.

Muitos são irritantes respiratórios, e compostos como formaldeído e acroleína são tóxicos e voláteis. A oxidação de aldeídos para ácidos carboxílicos correspondentes é uma alternativa viável, uma vez que os ácidos tendem a ser menos tóxicos e voláteis (CETESB, 2010).

Segundo NAP (1995), a oxidação do aldeído é realizada em um balão de fundo redondo, onde o permanganato de potássio (KMnO_4) é adicionado lentamente, controlando a temperatura. Após a descoloração do permanganato, o excesso é adicionado, mantendo a temperatura estável até que a cor roxa desapareça completamente. A solução é acidificada e, com bissulfito de sódio (NaHSO_3), o dióxido de manganês (MnO_2) é dissolvido (NAP, 1995).

A solução resultante é descartada após neutralização do pH, e os resíduos sólidos devem ser destinados a aterros ou incineração (CETESB, 2010).

8.5. Aminas Aromáticas

As aminas aromáticas, como a anilina, são compostas orgânicas caracterizados pela presença de um grupo amino ligado a um anel aromático (KLEIN, 2016). Elas são amplamente utilizadas na fabricação de corantes e produtos químicos, mas apresentam riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A exposição a essas substâncias pode causar irritação na pele e nos olhos e, em casos mais graves, afetar o sistema hematológico e estar associada ao desenvolvimento de câncer. No meio ambiente, as aminas aromáticas podem se degradar lentamente, contaminando solos e corpos d'água, o que impacta negativamente a fauna aquática e a qualidade dos ecossistemas (CETESB, 2010).

Segundo NAP (1995) a degradação dessas substâncias depende da sua estrutura química. No caso das aminas simples, a oxidação por permanganato de potássio (KMnO_4) em meio ácido pode ser uma alternativa para sua destruição (NAP, 1995). Após o tratamento adequado e a neutralização do pH, os resíduos líquidos podem então ser descartados de forma segura no sistema de esgoto doméstico. Já os resíduos sólidos gerados devem ser destinados a aterros de

produtos perigosos ou incinerados, garantindo a eliminação dos contaminantes de maneira ambientalmente correta (NAP, 1995; CESTESB, 2010).

Uma alternativa para o tratamento das aminas aromáticas é o uso da diazotização seguida de protonação com ácido hipofosforoso (H_3PO_2), um método eficaz para a desaminação dessas substâncias. Contudo, esse procedimento é mais complexo do que a oxidação, exigindo etapas adicionais (NAP, 1995).

A diazotização é uma reação química que converte aminas aromáticas primárias em sais de diazônio, por meio da reação com nitrito de sódio em um meio ácido. Esses sais de diazônio, que são intermediários instáveis, são amplamente utilizados na síntese de corantes azoicos e em várias outras reações orgânicas (PAVIA et al., 1982).

8.6. Compostos formadores de peróxidos

Os compostos formadores de peróxidos são substâncias químicas que reagem com o oxigênio do ar, formando peróxidos orgânicos instáveis. Esses compostos estão presentes em solventes industriais, reagentes laboratoriais e produtos de limpeza, representando riscos significativos devido à sua alta reatividade e potencial explosivo (CETESB, 2013)

A exposição a essas substâncias pode causar irritação na pele, olhos e trato respiratório, além de queimaduras e danos aos tecidos (CETESB, 2013). Em ambientes laboratoriais e industriais, a formação de peróxidos pode levar a explosões espontâneas, aumentando o risco de incêndios e acidentes graves (NAP, 2011). No meio ambiente, esses compostos podem contaminar solos e corpos d'água, afetando organismos aquáticos e a flora local (CETESB, 2013).

Segundo Acuri (1999), o armazenamento e manuseio de compostos formadores de peróxidos exigem cuidados rigorosos para evitar riscos sendo, a inspeção visual e testes químicos periódicos, essenciais para detectar a formação de peróxidos antes que atinjam níveis perigosos.

O tempo de armazenamento também deve ser controlado. Alguns compostos, como éter divinílico, divinil acetileno, éter isopropílico e potássio, podem explodir espontaneamente sem necessidade de concentração por evaporação e, por isso, devem ser descartados em até três meses após a abertura (ACURI, 1999). Já substâncias que podem formar peróxidos por destilação ou evaporação, como acetal, acetaldeído e cumeno, devem ser testadas ou descartadas após seis meses. Certos compostos, como ácido acrílico, acrilonitrila e estireno,

apresentam risco de polimerização violenta e requerem monitoramento rigoroso, sendo recomendado o descarte após seis meses para líquidos e doze meses para gases (ACURI, 1999).

A adoção dessas medidas reduz significativamente os riscos associados a esses compostos, garantindo um ambiente mais seguro e prevenindo acidentes graves durante o manuseio e descarte (ACURI, 1999).

A detecção de peróxidos em solventes é essencial para evitar riscos de explosões e reações inesperadas. Existem diferentes métodos para essa análise, como o teste com tiocianato ferroso ($\text{Fe}(\text{SCN})_2$) e o teste com iodeto de potássio (KI), que indicam a presença e a concentração de peróxidos na amostra (NAP, 2011).

No método com tiocianato ferroso ($\text{Fe}(\text{SCN})_2$), uma solução de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$) é acidificada com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e reagida com tiocianato de amônio (NH_4SCN) antes da adição do solvente a ser testado. A formação de uma coloração vermelha confirma a presença de peróxidos (NAP, 2011).

Já no método com iodeto de potássio, uma solução contendo ácido acético e iodeto de sódio ou potássio é misturada ao solvente. A mudança de coloração para amarelo indica uma baixa concentração de peróxidos, enquanto uma tonalidade marrom sugere uma concentração elevada (NAP, 2011).

É importante considerar que esses testes são mais eficazes para substâncias relativamente simples, podendo ocorrer falsos positivos devido à presença de outros compostos oxidantes. Quando os materiais testados são insolúveis nas soluções de análise, um solvente auxiliar, como isopropanol isento de peróxidos, pode ser utilizado para melhorar a detecção (ACURI, 1999).

A remoção de peróxidos é realizada por meio de uma solução redutora preparada com sulfato ferroso, ácido sulfúrico e água. A amostra deve ser agitada com essa solução para garantir a decomposição completa dos peróxidos. Esse processo pode ser conduzido em um funil de separação, com agitação contínua, ou em um frasco fechado, sendo necessário testar novamente a amostra para confirmar a eliminação total dos peróxidos antes do descarte seguro (ARMOUR, 2003).

Segundo Acuri (1999), outra técnica envolve a agitação do solvente contendo peróxido durante alguns minutos com uma mistura equimolar de sulfato ferroso (FeSO_4) e bissulfato de sódio (NaHSO_4). Após a agitação, deve-se realizar um teste para detecção da presença de peróxido. Esse processo introduz água e pode necessitar de tratamento posterior com dessecante, se a água for indesejada.

A alumina básica ativada, além de sua ação como desidratante, permite também a eliminação de derivados peroxidados. A capacidade de eliminação depende do teor de água no solvente a ser tratado e se aplica a solventes solúveis (exceto álcoois secundários) ou pouco solúveis em água. Para tratar cerca de 100 a 400 ml de solvente, normalmente é suficiente passá-lo por meio de uma coluna de alumina básica ativada. O solvente deve ser retestado após passar pela coluna para confirmar a remoção dos peróxidos (ACURI, 1999).

A inibição da formação de peróxidos é uma estratégia fundamental para aumentar a segurança no armazenamento e manuseio de compostos peroxidáveis. Sempre que possível, esses compostos devem ser armazenados e manipulados sob atmosfera inerte, como nitrogênio ou argônio, para minimizar a exposição ao oxigênio do ar

8.7. Cianetos

Os cianetos são compostos químicos altamente tóxicos que contêm o íon cianeto (CN^-), como o cianeto de potássio (KCN) e o cianeto de sódio (NaCN). Essas substâncias podem causar sérios danos à saúde, incluindo dificuldade respiratória, convulsões e até a morte (CETESB, 2010). No meio ambiente, a contaminação por cianetos pode afetar solos e corpos d'água, representando uma ameaça para organismos aquáticos e ecossistemas devido ao seu alto potencial tóxico (AMOUR, 2003).

Para o tratamento desses resíduos, Armour (2003) recomenda que a solução deve ser preparada em meio aquoso, garantindo que a concentração não ultrapasse 2% m/v. A neutralização ocorre com a adição de hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$), ou água sanitária, em meio básico, prevenindo a liberação de gás cianídrico (HCN), que é altamente tóxico e volátil. A reação deve ser mantida por 24 horas para garantir a completa degradação do cianeto (AMOUR, 2003)

Após esse período, o pH da solução é ajustado com ácido sulfúrico ou ácido clorídrico, realizando pequenas adições para evitar aquecimento excessivo. O teste para verificar a presença residual de cianeto é essencial antes do descarte. Esse teste envolve a adição de sulfato ferroso (FeSO_4) e cloreto férrico (FeCl_3), formando um precipitado azul caso ainda haja cianeto na solução. Se o teste indicar a presença do composto, mais hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) deve ser adicionado até a degradação completa (NAP, 1995)

Uma vez confirmada a eliminação do cianeto, a solução pode ser descartada no esgoto, desde que atenda aos parâmetros de segurança exigidos. Resíduos sólidos gerados no processo

devem ser devidamente destinados a aterros de produtos perigosos ou incinerados, conforme regulamentação ambiental, garantindo um descarte seguro e minimizando os impactos ambientais (AMOUR, 2003)

8.8. Fármacos

Os fármacos são substâncias amplamente utilizadas para tratar, prevenir e diagnosticar doenças, abrangendo classes como antibióticos, anti-inflamatórios, analgésicos e agentes quimioterápicos (SILVA; et al., 2003). Cada tipo de medicamento apresenta mecanismos de ação específicos e pode gerar diferentes impactos ambientais quando descartado de forma inadequada. O descarte incorreto desses compostos pode resultar na contaminação de ecossistemas aquáticos, contribuir para o aumento da resistência antimicrobiana e expor organismos a substâncias tóxicas (SILVA; et al., 2003).

Os fármacos, quando ainda em suas embalagens originais, podem ser descartados em farmácias por meio da logística reversa. De acordo com o Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, os consumidores devem levar medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, juntamente com suas embalagens, a pontos de coleta específicos, como farmácias e drogarias que disponibilizam coletores apropriados. Além disso, resíduos contendo menos de 1% de fármacos não são considerados substâncias controladas pela Portaria MJSP Nº 204/2022 e podem ser enviados diretamente para incineração, sem necessidade de tratamento prévio.

O tratamento de resíduos farmacêuticos pode ser realizado por diferentes processos, incluindo ozonização, radiação ultravioleta (UV), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) ou a combinação dessas técnicas. A abordagem combinada se destaca como a mais eficiente na degradação de compostos orgânicos presentes nos fármacos (BISOGNIN, 2018).

Entre as opções de tratamento, a ozonização é um dos métodos mais utilizados, pois o ozônio atua como um potente agente oxidante, rompendo as ligações químicas dos compostos farmacêuticos (SILVA, 2018). A radiação UV também é eficaz ao degradar substâncias orgânicas por meio da quebra de suas ligações moleculares. O peróxido de hidrogênio, por sua vez, promove a oxidação dos fármacos, potencializando a remoção de compostos persistentes, principalmente quando combinado com UV. A integração dessas técnicas, como a combinação de O₃, UV e H₂O₂, aumenta significativamente a eficiência do tratamento, alcançando taxas de degradação de até 100% para compostos específicos (BISOGNIN, 2018).

Esses processos são altamente eficazes na degradação de resíduos farmacêuticos e podem ser aplicados em estações de tratamento de efluentes para reduzir a presença de micropoluentes persistentes no ambiente (BISOGNIN, 2018). Esses micropoluentes são substâncias químicas de difícil degradação que, mesmo em baixas concentrações, apresentam toxicidade e potencial de bioacumulação, podendo causar impactos ambientais e à saúde humana (SOARES; SOUZA, 2020).

Após o tratamento, o sobrenadante pode ser descartado em esgoto doméstico, desde que não possua outras substâncias perigosa e o pH seja neutralizado.

8.9. Fenóis

Os fenóis são compostos orgânicos caracterizados pela presença de um grupo hidroxila (-OH) ligado a um anel aromático. Esses compostos são amplamente utilizados na indústria química, mas apresentam alta toxicidade (Klein, 2016).

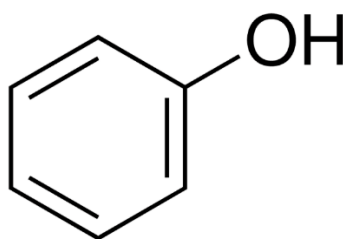


Figura 5 – Fenol
Fonte: MERCK, 2024.

Podem causar irritação na pele, olhos e trato respiratório, além de efeitos sistêmicos graves por absorção cutânea ou ingestão. No meio ambiente, os fenóis são persistentes e contaminam solos e águas, causando prejuízos à fauna e flora aquática. O descarte inadequado pode resultar em poluição e riscos à saúde pública (CETESB, 2010).

A degradação de fenóis pode ser realizada por meio da reação de Fenton, que utiliza peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e sulfato ferroso ($FeSO_4$) para promover a oxidação dos compostos orgânicos (AGUIAR; et al., 2007). Durante esse processo, o pH do meio deve ser cuidadosamente ajustado para garantir a eficiência da reação (CETESB, 2010).

A adição controlada de H_2O_2 deve ser feita lentamente, com agitação constante e sob controle de temperatura, evitando reações indesejadas. Após a reação, a solução deve repousar por um período adequado antes de ajustar o pH final para garantir que o sobrenadante possa ser descartado de forma segura no esgoto doméstico (AGUIAR; et al., 2007).

Caso a degradação não seja viável, o resíduo pode ser encaminhado diretamente para incineração, garantindo um descarte seguro. No entanto, é essencial manter o resíduo em sua embalagem original para minimizar riscos durante o transporte e manuseio (CETESB, 2010).

8.10. Metais tóxicos

Metais tóxicos representam um sério risco à saúde humana e ao meio ambiente. A exposição a esses elementos pode causar danos ao sistema nervoso, rins e pulmões, além de aumentar o risco de câncer (CAMPOS, 2021). No meio ambiente, acumulam-se em solos e corpos d'água, comprometendo a flora, a fauna e a qualidade da água, afetando toda a cadeia alimentar (CAMPOS, 2021). Devido a esses riscos, seu manuseio e descarte devem seguir normas rigorosas para garantir a proteção ambiental e da saúde pública.

A remoção de metais de efluentes é frequentemente realizada por precipitação química, devido à simplicidade do processo. Esse método consiste na adição de um agente coagulante, seguida do ajuste do pH, promovendo a reação dos íons metálicos dissolvidos com o agente precipitante. Como resultado, os metais tornam-se insolúveis, formando uma fase sólida, geralmente na forma de hidróxidos ou sulfetos metálicos (REIS; et al., 2022).

A precipitação por hidróxidos é a mais utilizada, pois é um processo de baixo custo, eficiente e de fácil controle (REIS; et al., 2022). O pH ideal para a precipitação varia conforme o metal, dentro de uma faixa específica (Tabela 1). Se o pH estiver abaixo dessa faixa, o metal permanece solúvel; se ultrapassar o limite superior, pode formar complexos solúveis e voltar a se dissolver (NAP, 2011). Na indústria, o cal (CaO) é amplamente empregada devido ao seu baixo custo e facilidade de manuseio no tratamento de águas residuais (REIS; et al., 2022).

Quadro 3 - Listagem do pH ou faixas de pH ideais para precipitação, específicas para cada metal.

Cátions	Faixa de pH	Cátions	Faixa de pH	Cátions	Faixa de pH
Ag ⁺²	9 – 14	In ⁺³	6 – 13	Sc ⁺³	8 – 14
Al ⁺³	7 – 8	Ir ⁺⁴	6 – 8	Se ⁺⁴	Precipita como sulfeto
As ⁺³	Precipita como sulfeto	Mg ⁺²	9 – 14	Se ⁺⁶	Precipita como sulfeto
As ⁺⁵	Precipita como sulfeto	Mn ⁺²	8 – 14	Sn ⁺²	7 – 8
Au ⁺³	7 – 8	Mn ⁺⁴	7 – 14	Sn ⁺⁴	7 – 8
Be ⁺²	7 – 8	Mo ⁺⁶	Precipita como sal de Ca	Ta ⁺⁵	1 – 10
Bi ⁺³	7 – 14	Nb ⁺⁵	1 – 10	Te ⁺⁴	Precipita como sulfeto
Cd ⁺²	7 – 14	Ni ⁺²	8 – 14	Te ⁺⁵	Precipita como sulfeto
Co ⁺²	8 – 14	Os ⁺⁴	7 – 8	Th ⁺⁴	6 – 14

Cr⁺³	7 – 14	Pb⁺²	7 – 8	Ti⁺³	8 – 14
Cu⁺	9 – 14	Pd⁺²	7 – 8	Ti⁺⁴	8 – 14
Cu⁺²	7 – 14	Pd⁺⁴	7 – 8	Ti⁺³	9 - 14
Fe⁺²	7 – 14	Pt⁺²	7 – 8	V⁺⁴	7 – 8
Fe⁺³	7 – 14	Re⁺³	6 – 14	V⁺⁵	7 – 8
Ga⁺³	7 – 8	Re⁺⁷	Precipita como sulfeto	W⁺⁶	Precipita como sal de Ca
Ge⁺⁴	6 – 8	Rh⁺³	7 – 8	Zn⁺²	7 – 8
Hf⁺⁴	6 – 7	Ru⁺³	7 – 14	Zr⁺⁴	6 – 7
Hg⁺	8 -14	Sb⁺³	7 - 8		
Hg⁺²	8 – 14	Sb⁺⁵	7 – 8		

Fonte: adaptado de NAP, 2011.

A precipitação por sulfetos, embora menos aplicada em larga escala, apresenta vantagens como a baixa solubilidade dos sulfetos metálicos e a remoção seletiva dos metais, possibilitando sua recuperação (YE; et al., 2017). O processo pode ser realizado elevando o pH da solução para 7 com um hidróxido, seguido da adição de um excesso de solução de sulfeto de sódio a 20% (NAP, 1995).

Além disso, os precipitados de sulfeto tendem a ser mais estáveis do que os hidróxidos metálicos, que podem sofrer instabilidades durante o tratamento (YAN; et al., 2017). No entanto, essa técnica exige um controle rigoroso da concentração de sulfeto na solução, pois concentrações excessivas podem ser tóxicas para microrganismos e causar corrosividade ao meio ambiente se não tratadas antes da disposição final (REIS; et al., 2022).

Independentemente do método utilizado, é necessário testar a presença de resquícios de metais tóxicos no sobrenadante antes do descarte em rede de esgoto. Essa análise pode ser realizada por diferentes abordagens, desde o uso de instrumentos sofisticados, como ICP-MS, até métodos mais simples, como análises químicas específicas para metais, conhecidas como marchas analíticas. O anexo 3 (Tópico “A3.9.1. Teste para a presença de metais em sobrenadantes”) apresenta o passo a passo para a identificação de alguns dos metais mais comuns.

É importante destacar que metais nobres, como ouro, prata e platina, devido ao seu alto valor econômico e baixa reatividade, devem ser recuperados e reciclados, evitando sua disposição final. Por outro lado, metais altamente tóxicos, como mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio, devido à sua capacidade de bioacumulação e aos graves riscos que representam para a saúde humana e ambiental, devem ser separados de outros resíduos e destinados de forma específica e segura.

8.11. Solventes

Os solventes são substâncias líquidas amplamente utilizadas para dissolver ou diluir outros compostos sem alterar sua estrutura química. Suas propriedades, como polaridade, ponto de ebulição e solubilidade, os tornam indispensáveis para diversos processos industriais e laboratoriais (PENIDO; et al., 2022). No entanto, muitos solventes apresentam riscos significativos à saúde humana e ao meio ambiente. A exposição a solventes voláteis pode causar intoxicação, danos ao sistema nervoso central e problemas respiratórios (CETESB, 2010). Portanto, a gestão adequada desses resíduos é essencial para minimizar tais impactos.

Segundo a CETESB (2010), uma das principais formas de destinação de solventes contaminados é a incineração, especialmente no caso dos solventes orgânicos halogenados. No entanto, muitos solventes são classificados como produtos químicos controlados, conforme estabelecido pela Portaria MJSP nº 204 de 2022. Isso exige que sejam diluídos a concentrações mais baixas antes do envio para incineração, o que pode aumentar o volume de resíduos gerados e elevar os custos do processo.

Uma alternativa mais sustentável para o tratamento desses resíduos é a recuperação dos solventes para reutilização. De acordo com Coletti (2017), esse processo pode ser realizado por meio da destilação, utilizando equipamentos como o rotaevaporador. Nesse método, os solventes são separados das impurezas com base em suas temperaturas específicas de evaporação. A recuperação de solventes não apenas reduz o impacto ambiental, mas também representa uma estratégia economicamente vantajosa. Além de garantir a obtenção de produtos de alta qualidade, a destilação demonstrou ser ambientalmente mais sustentável e aproximadamente 12 vezes mais econômica do que a incineração (COLETTI, 2017).

8.12. Sulfetos

Os sulfetos são compostos que contêm o ânion sulfeto (S^{2-}) e estão presentes em diversos minerais e processos industriais. Sua solubilidade depende do cátion ao qual estão ligados: enquanto sulfetos de sódio e potássio são solúveis em água, sulfetos de metais pesados, como sulfeto de ferro (FeS) e sulfeto de chumbo (PbS), são insolúveis (NAP, 1995). Muitos desses compostos são amplamente utilizados na mineração e na metalurgia, mas apresentam riscos ambientais e de saúde, pois podem liberar gás sulfídrico (H_2S), que é altamente tóxico e

inflamável. No meio ambiente, os sulfetos podem contaminar solos e corpos d'água, além de comprometer a qualidade do ar devido à emissão de gases sulfurados (AMOUR, 2003).

Segundo a CETESB (2010), diversos sulfetos metálicos apresentam alta estabilidade, permitindo seu descarte em aterros apropriados ou por incineração. No entanto, sulfetos de sódio e potássio em solução requerem tratamento prévio, pois podem ser tóxicos para microrganismos e corrosivo ao meio (REIS et al., 2022). De acordo com Amour (2003), uma opção para esse tratamento consiste na adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH) e hipoclorito de sódio (NaClO), seguida de um período de agitação para garantir a completa oxidação do sulfeto a sulfato. Após essa etapa, o sobrenadante deve ser testado antes do descarte em esgoto doméstico, enquanto qualquer resíduo sólido gerado deve ser encaminhado para aterros de produtos perigosos ou incineração (AMOUR, 2003).

8.13. Resíduos que podem ser destinados diretamente para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração

Resíduos destinados diretamente a aterros ou incineração devem ser quimicamente estáveis e apresentar pH próximo da neutralidade, a fim de evitar a corrosão de equipamentos e reações perigosas no meio ambiente (BUTANTAN, 2014). Além disso, não podem ser agentes oxidantes ou redutores fortes, pois isso aumenta o risco de combustão espontânea, explosões ou reações inesperadas com outros materiais (NAP, 2011).

No estado de São Paulo, a CETESB é responsável pela fiscalização, controle e licenciamento das atividades que geram resíduos químicos. Em caso de dúvidas sobre a destinação adequada de determinado resíduo, a CETESB pode ser consultada para esclarecimentos. Atualmente, a instituição dispõe de 1.013 fichas técnicas com diretrizes específicas para diferentes substâncias, indicando os métodos apropriados de disposição final.

O Anexo 5 apresenta a lista de substâncias identificadas a partir da análise dessas fichas, especificando quais podem ser destinadas a aterros ou incineradas sem a necessidade de tratamento prévio.

A decisão entre o tratamento e a disposição final de resíduos envolve diversos fatores, incluindo os custos associados aos reagentes necessários para o tratamento, a complexidade dos processos envolvidos e as despesas relacionadas ao transporte e disposição dos resíduos. Em alguns casos, é possível otimizar os custos de tratamento utilizando um resíduo para tratar outro (OLIVEIRA, 2018)

8.14. Resíduos Não Identificados (RSI)

A caracterização de resíduos é essencial para garantir um descarte seguro. Todos os produtos químicos utilizados ou gerados devem ser identificados e armazenados corretamente, com registro de sua origem (CARLSTON; et al., 2024).

Materiais desconhecidos exigem testes para identificação, pois instalações de descarte não aceitam substâncias sem classificação (NAP, 2011). A análise deve ser feita no laboratório, reduzindo custos e garantindo conformidade regulatória. Como a segurança é prioridade, é essencial o uso de equipamentos de proteção, especialmente para amostras antigas que podem sofrer alterações químicas (NAP, 2011).

Antes da disposição do resíduo, as instalações especializadas exigem informações como estado físico, solubilidade, pH, inflamabilidade, reatividade, presença de oxidantes, sulfetos, cianetos, halogênios e outros componentes tóxicos (ABNT, 2023).

8.14.1. Procedimentos de testes para RSI:

Compostos desconhecidos podem ser extremamente perigosos, exigindo precauções rigorosas ao manuseá-los. Sempre utilize Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como jaleco, óculos de proteção e luvas adequadas (NAP, 2011). Além disso, deve-se trabalhar em uma capela de exaustão para evitar a inalação de gases nocivos, sempre trabalhando com cautela, pequenas quantidades de reagentes e utilizando soluções diluídas para minimizar riscos (NAP, 2011).

O livro *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals* (Práticas Prudentes no Laboratório: Manuseio e Descarte de Produtos Químicos) apresenta uma série de testes simples para identificar as características de resíduos desconhecidos, conforme descritos a seguir:

1. Descrição Física

Ao analisar um material desconhecido, é essencial descrever suas características físicas, incluindo:

- Estado físico: sólido ou líquido;
- Cor: especificar a tonalidade observada;
- Consistência (para sólidos): granular, cristalina, pulverulenta, entre outras;
- Viscosidade (para líquidos): baixa, média ou alta viscosidade;

- Clareza da solução (para líquidos): transparente, translúcida ou opaca;
- Materiais de múltiplas fases: se o líquido apresentar duas ou três camadas, descrever cada uma separadamente, estimando a porcentagem aproximada do total para cada camada.

2. Reatividade com Água

- Adicionar cuidadosamente uma pequena quantidade do material desconhecido a alguns mililitros de água;
- Observar possíveis reações, como:
 - Evolução de calor
 - Liberação de gases
 - Formação de chama

3. Solubilidade em Água

- Determinar se o material se dissolve na água;
- Se for um líquido insolúvel, observar sua densidade em relação à água:
 - Se flutuar, é menos denso.
 - Se afundar, é mais denso.

A maioria dos líquidos orgânicos não halogenados tem densidade menor que a da água.

4. Determinação do pH

- Testar o material com fitas de pH;
- Se a substância for solúvel em água, testar o pH de uma solução aquosa a 10% m/v.

5. Inflamabilidade (Ignitabilidade)

- Colocar uma pequena amostra do material (<5 mL) em uma bandeja de alumínio.
- Aplicar uma fonte de ignição (como um maçarico de propano) por 0,5 segundo.
 - Se o material sustentar a combustão, ele é um líquido inflamável (ponto de fulgor < 60°C).
 - Se não inflamar, repetir o teste por 1 segundo:
 - Se queimar, é um material combustível (ponto de fulgor entre 60°C e 93°C).

6. Presença de Oxidantes

- Molhar um papel de amido-iodeto com ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L⁻¹ e adicionar uma pequena porção do material desconhecido;
 - Mudança para roxo escuro indica a presença de oxidantes.
- Na falta de papel de amido-iodeto, misturar 0,1 a 0,2 g de iodeto de sódio (NaI) ou potássio (KI) em 1 mL de solução ácida a 10% do desconhecido;
 - Desenvolvimento de cor amarelo-marrom confirma a presença de um oxidante.
- Para hidroperóxidos em solventes orgânicos insolúveis em água:
 - Mergulhar papel de amido-iodeto no solvente e deixar secar;
 - Adicionar uma gota de água sobre o papel;
 - Mudança para cor escura indica hidroperóxidos.

7. Presença de Peróxidos

Os seguintes testes detectam a maioria dos compostos peróxidos, incluindo hidroperóxidos:

- Teste com ácido acético e iodeto de potássio:
 - Misturar 1 a 3 mL do líquido a ser testado com um volume igual de ácido acético (CH₃COOH);
 - Adicionar algumas gotas de solução de iodeto de potássio (KI) a 5% e agitar;
 - Aparecimento de cor amarela a marrom indica peróxidos.
- Teste com iodeto de potássio a 10%:
 - Misturar 1 mL de solução de iodeto de potássio KI a 10% com 10 mL do líquido desconhecido.
 - Desenvolvimento de cor amarela sugere peróxidos.
- Teste com amido e ácido clorídrico (HCl):
 - Misturar 0,5 mL da amostra com 1 mL de solução de KI a 10% e 0,5 mL de ácido clorídrico (HCl) diluído.
 - Mudança para azul ou azul-escuro em 1 minuto confirma presença de peróxidos.

Observação: Não aplicar esses testes em materiais como potássio metálico, que podem conter peróxidos inorgânicos perigosos devido ao risco de reações violentas.

8. Presença de Sulfeto

- Utilizar tiras de teste comerciais para sulfeto;
- Caso as tiras não estejam disponíveis:
 - Se o pH da solução aquosa for maior que 10, adicionar algumas gotas de ácido clorídrico (HCl) concentrado à amostra;
 - Segurar um papel de acetato de chumbo ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) umedecido com água destilada sobre a amostra;
 - Mudança para marrom-escuro indica a presença de sulfeto de hidrogênio (H_2S).

Observação: Esse teste gera vapores tóxicos e deve ser realizado em capela de exaustão.

9. Presença de Cianeto (Testar apenas se o pH for maior que 10)

- Utilizar tiras de teste comerciais;
- Caso as tiras não estejam disponíveis:
 - Misturar 2 mL da amostra com 1 mL de água destilada, 1 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 10%, 1 mL de sulfato ferroso 10% e 1 mL de cloreto férrico (FeCl_3) 5%.
 - Acidificar com ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.
 - Cor azul indica cianeto.

Observação: Realizar em local bem ventilado devido à toxicidade do cianeto de hidrogênio formado.

10. Presença de Halogênios

- Aquecer um fio de cobre até que fique vermelho-brilhante na chama.
- Resfriar o fio em água destilada ou deionizada e mergulhá-lo na amostra desconhecida.
- Aquecer novamente o fio na chama.
- A presença de halogênios é indicada por uma coloração verde ao redor do fio na chama.

Após realizar os testes, deve-se seguir a rota indicada no fluxograma abaixo para determinar o tipo de resíduo e garantir sua disposição final adequada. A sequência de testes

permite classificar o risco do produto químico desconhecido. As siglas utilizadas incluem "DWW" (*dangerous when wet*), para substâncias perigosas quando molhadas, e "NOS" (*not otherwise specified*), referente a produtos não especificados de outra forma.

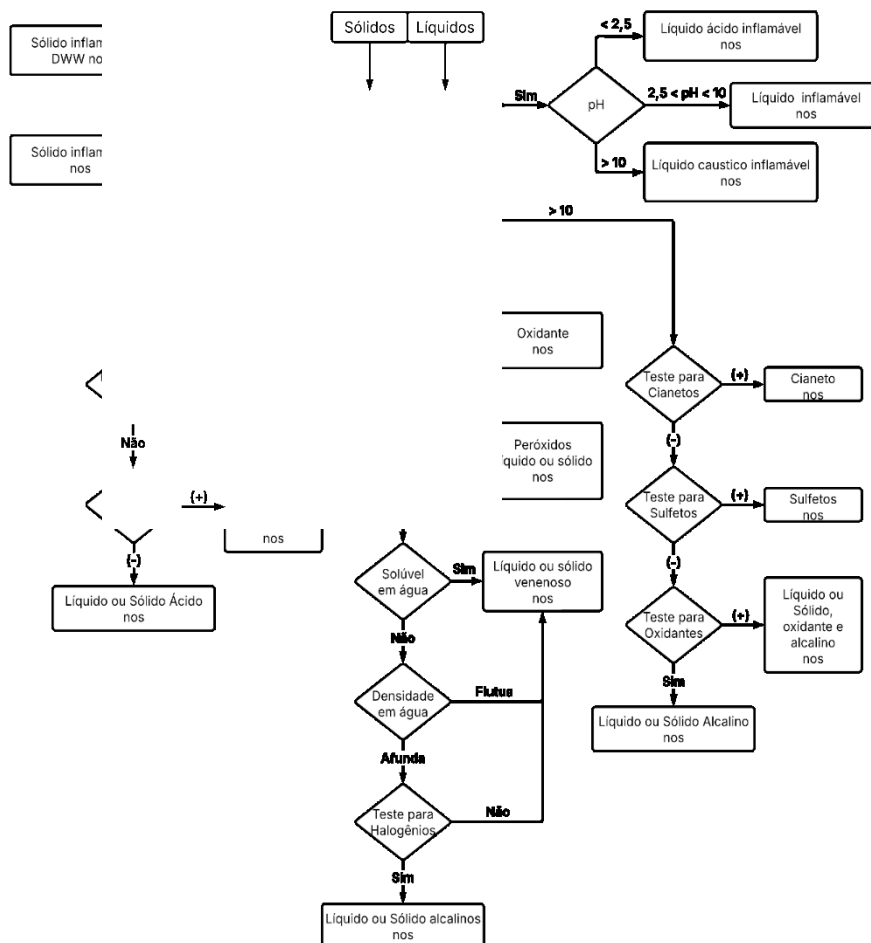


Figura 6 - Fluxograma para categorização de produtos químicos desconhecidos
Fonte: adaptado de NAP, 2011

8.14.2. Procedimento CETESB:

A CETESB disponibiliza online uma planilha macro em Excel para identificação de produtos desconhecidos. Esse arquivo pode ser encontrado no site da CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/manual-de-produtos-quimicos/>), na aba "APRESENTAÇÃO", com o nome "PROGRAMA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS". Através de análises simples, a tabela sugere possíveis composições do produto desconhecido. Os testes são divididos em 25 categorias:

- **Categorias 1 e 2:** Determinam se o produto é orgânico ou inorgânico por meio de oxidação com dicromato e posterior redução com iodo.
- **Categorias 3 a 9:** Identificam o estado físico e a solubilidade, classificando a substância como líquido solúvel, insolúvel (flutua ou afunda), sólido solúvel, sólido insolúvel (flutua ou afunda) ou gás.
- **Categoria 10:** Determina a coloração.
- **Categoria 11:** Avalia o odor.
- **Categorias 12 e 13:** Testam a viscosidade.
- **Categorias 14 e 15:** Verificam a liberação de vapores.
- **Categorias 16 e 17:** Determinam o ponto de fulgor, se maior ou menor que 30 °C.
- **Categoria 18:** Avalia a reatividade com água.
- **Categoria 19:** Observa a formação de fumos.
- **Categoria 20:** Testa se há polimerização.
- **Categorias 21 e 22:** Medem o pH.
- **Categoria 23:** Verifica se a substância causa lacrimejamento.
- **Categoria 24:** Avalia a formação de espuma.
- **Categoria 25:** Classifica a substância quanto ao risco.

Cada categoria contém instruções detalhadas sobre os testes e considerações necessárias na própria planilha. Ao final, a planilha pode ser preenchida com os resultados dos testes, gerando uma lista das substâncias prováveis. O programa é gratuito, intuitivo e auxilia na identificação de compostos desconhecidos.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento adequado de resíduos químicos gerados em laboratórios didáticos é uma necessidade essencial para minimizar os impactos ambientais e garantir a segurança dos envolvidos nas atividades laboratoriais. A destinação inadequada desses resíduos pode acarretar sérias consequências, como a contaminação do solo, da água e do ar, além de apresentar riscos à saúde humana e comprometer a biodiversidade. Assim, a adoção de práticas corretas no manuseio, segregação, tratamento e descarte final dos resíduos é fundamental para evitar danos irreversíveis ao meio ambiente.

Dependendo da natureza dos resíduos, diferentes abordagens podem ser adotadas para sua disposição final. Alguns compostos de baixa periculosidade, como certos sais solúveis e soluções diluídas, podem ser descartados diretamente na pia ou no lixo comum, desde que estejam dentro dos padrões ambientais estabelecidos. No entanto, muitos resíduos exigem tratamento prévio para minimizar seus riscos. Processos como a neutralização de ácidos e bases, a precipitação de metais pesados e a degradação de compostos orgânicos garantem que substâncias nocivas sejam transformadas em produtos menos agressivos. Para resíduos altamente tóxicos ou de difícil degradação, a incineração e o encaminhamento para aterros controlados são opções seguras, desde que realizadas dentro dos padrões ambientais estabelecidos.

Dessa forma, a gestão eficiente dos resíduos químicos exige o comprometimento de todos os envolvidos, desde pesquisadores e estudantes até instituições acadêmicas e órgãos reguladores. Somente com a adoção de práticas seguras, sustentáveis e alinhadas às normativas vigentes será possível reduzir os impactos ambientais e garantir um futuro mais seguro para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004:2004**. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 11174:1990**. Tratamento de resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro, 1990.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12235:1992**. Manuseio e destinação de resíduos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12809:1993**. Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16725:2023**. Diretrizes para classificação e gerenciamento de resíduos. Rio de Janeiro, 2023.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7500:2017**. Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT. NBR 17100-1:2023**. Gerenciamento de resíduos - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2023.
- ACURI, A. S. A.; et al. **Substâncias peroxidáveis**. 1. ed. São Paulo: Fundacentro, 1999. p. 23-46.
- AGUIAR, A.; et al. **Mecanismo e aplicações da reação de Fenton assistida por compostos fenólicos redutores de ferro**. Química Nova, 30(3), jun. 2007.
- AIRES, C. F.; PIMENTA, H. C. D. **AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS PELO MÉTODO FMEA**. Anais eletrônicos do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, Brasil, 2019.
- ANDRADE, J. C.; ALVIM, T. R. **Química analítica básica: o papel da química analítica clássica na formação do químico**. Revista Chemkeys, Campinas, SP, n. 9, p. 1–16, 2018.
- ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001**. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes terrestres e a criação da Agência Nacional de Transportes Terrestres. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 06 jun. 2001.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018**. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 29 mar. 2018.
- ARMOUR, M.A. **Hazardous laboratory chemicals disposal guide**. 3ª ed. CRC Press LLC, 2003. p. 7–8 (Acetone); p. 30–33 (Aluminum Chloride Anhydrous); p. 48–49 (Ammonium Sulfide Solution); p. 57–59 (Arsenic Compounds); p. 63–65 (Azides and Acyl Azides); p. 64–

66 (Barium Compounds); p. 116 (Cadmium Compounds); p. 169–171 (Cyanides); 226–227 (Diethyl Sulfate); p. 268–270 (Ethylenimine); p. 276–278 (Formaldehyde Solution); p. 283–285 (Hexane); p. 297–300 (Hydrogen Peroxide); p. 312–314 (Iodine); p. 351–352 (Mercury Compounds); p. 354–355 (Methanol); p. 415–416 (Oxalic Acid); p. 446–448 (Phenol); p. 493–494 (Potassium Chromate); p. 497–499 (Potassium Dichromate); p. 505–506 (Potassium Nitrate); p. 507–509 (Potassium Nitrite); p. 542–543 (Sodium Azide); p. 544–545 (Sodium Borohydride); p. 552–553 (Sodium Dichromate); p. 557–558 (Sodium Fluoride); p. 567–568 (Sodium Nitrate); p. 569–571 (Sodium Nitrite); p. 577–578 (Sodium Sulfide); p. 587–588 (Sulfuric Acid); p. 610–611 (Tin(IV) Chloride); p. 616–617 (Toluene).

ATIVAFLEX. **Etiquetas GHS**. Disponível em: <https://ativaflex.com.br/etiquetas-ghs/>, 2024. Acesso em: fevereiro de 2025.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed, 2018. p. F72-F82.

AUGUSTO, J. Aldeídos e Cetonas. 2015. Disponível em: <https://www.iqm.unicamp.br/arquivos/Aula%2015%20Aldeidos%20e%20Cetonas%20PDF.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2025

BALERA, F. P.; et al. **Nota Técnica: Impactos da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos. Defensoria Pública do Estado de São Paulo**. 2012. Disponível em: <https://www.defensoria.sp.def.br/documents/20122/85c03006-d52d-7df3-baf8-b9caeccbc9fe?utm>. Acesso em: fevereiro de 2025.

BRANDÃO, C. M.; ARAÚJO, D. S. de; VASCONCELOS, N. S. L. S. **Minimização de resíduos químicos: percepção ambiental de docentes e aplicação de princípios de química verde em laboratórios de ensino**. Acta Tecnológica, v. 13, p. 17, 2019.

BISOGNIN, R.P. **Degradação de fármacos em efluente de uma estação de tratamento de esgoto sanitário utilizando processos avançados**. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18994/TES_PPGEC_2018_BISOGNIN_RAMIRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: dezembro de 2024

CAMPOS, E. A.; et al. **Exposição a metais em população adulta residente em áreas industriais: revisão sistemática da literatura**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 26, n. 6, jun. 2021.

CARLSTON, J. P.; et al. **Segregação e acondicionamento de produtos químicos: implantação de um sistema seguro na área de química de proteínas do laboratório de bioquímica e biofísica – Instituto Butantan**. Orbital: The Electronic Journal of Chemistry, v. 8, n. 8, 2016.

CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. **CARTILHA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**. 2021. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/11/cartilha-gerenciamento-de-residuos.pdf>. Acesso em: janeiro de 2025.

CETESB, São Paulo. **Lista completa de todos os produtos químicos**. 2010. Disponível em: https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/produto_consulta_completa.asp?_gl=1*117h4j*

_ga*MTE2NDk1MjkxOS4xNzM4OTE0NzEw*_ga_LKGHYK9JV5*MTczOTI4MzQwMi4xMC4xLjE3MzkyODM3ODAuMC4wLjA. Acesso em: fevereiro, 2025. p. 01-07

CETESB, São Paulo. **Manual de Produtos Químicos**. 2013 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/guia-tecnico-emergencias-quimicas.pdf>. 2013. Acesso em: janeiro, 2025.

CETESB, São Paulo. **Oxidantes e peróxidos orgânicos**. 2010. Disponível em: <https://cetesbhomolog.sp.gov.br/emergencias-quimicas/aspectos-gerais/perigos-associados-as-substancias-quimicas/oxidantes-e-peroxido-organicos/>. Acesso em: fevereiro de 2025.

COLETTI, G. F. **Recuperação de solventes orgânicos no CENA/USP: diagnóstico, avanços e eficiência ambiental**. 2016. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-19052017-101820/publico/GuilhermeFurlanColetti_Revisada.pdf. Acesso em: fevereiro de 2025.

FAGNANI, E. E.; GUIMARÃES, J. R. **Waste management plan for higher education institutions in development countries: the continuous improvement cycle model**. Journal of Cleaner Production, v. 147, p. 11, 2017.

FERREIRA, R. S.; et al. **Impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos sólidos urbanos**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, Ano 04, Ed. 09, v. 03, pp. 51-72, setembro de 2019. ISSN: 2448-0959.

FILHO, R. J. B.; et al. **Eutrofização dos corpos hídricos do Brasil e sua classificação**. Anais da I Jornada Acadêmica das Engenharias, v. 1, n. 1, 2020.

FREITAS, J. S. **Remoção de íons metálicos de soluções aquosas, por apatitas sintéticas, usando o método de troca iônica em coluna**. Ecletica Quím., 25, 2000.

GADELHA, J. E. F. D. S.; et al. **Consequências da eutrofização em corpos hídricos**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 3, 2022.

INSTITUTO BUTANTAN. **Guia prático de descarte de resíduos**. 2014. Disponível em: https://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2016/02/Butantan_guia_pratico.pdf. Acesso em: fevereiro de 2025.

JUNIOR, R.S.; SOUZA, R.R. **Overview of impacts caused by improper disposal of solid waste on biodiversity**. Journal of Environmental Analysis and Progress. v. 08, n. 02, pags. 062-069, 2023.

KATO, M.; GARCIA, E.G.; WÜNSCH FILHO, V. **Exposição a agentes químicos e a Saúde do Trabalhador**. Revista Brasil Saúde Ocupacional, São Paulo, vol. 32, nº 116, pags. 06-10, 2007.

KLEIN, D. **Química Orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2016. v. 1, p. 572-575.

KLEIN, D. **Química Orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2016. v. 2, p. 253-255.

MAIELLO, A.; BRITO, A.L.N.P.; VALLE, T.F. **Implementation of the Brazilian National Policy for Waste Management**. Brazilian Journal of Public Administration, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, pags. 24-51, 2018.

MERCK. Fenol. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sial/16016>, 2024. Acesso em: fevereiro de 2025

MJSP, Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Portaria nº 204, de 22 de agosto de 2022**. Regulamenta procedimentos sobre transporte de produtos perigosos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 23 ago. 2022.

MORAES, M. A.; et al. **Análise dos custos ambientais relacionados com a gestão de resíduos em indústrias químicas**. RACE, Joaçaba, v. 16, n. 2, p. 505-522, maio/ago. 2017.

MÜLLER, A. C. **Procedimentos para gerenciamento de resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados gerados no laboratório de química - CEFET/Araxá**. 2016. Disponível em: <https://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/05/Ana-Cecilia-Muller.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2025.

NAP, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. **Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals**. Washington, DC: The National Academies Press, 1995. p. 141-145; 162-171.

NAP, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. **Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals**. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. p. 187-212.

NFPA, National Fire Protection Association. **NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response**. Massachusetts, USA, 2017.

OLIVEIRA, M. B. O. **Manual de Boas Práticas de Laboratório**. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), 2018. Disponível em: <https://www.uergs.edu.br/upload/arquivos/201901/02150629-manual-boas-praticas-de-laboratorio-uergs-site.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2025.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)**. Revisão 08. Nova York e Geneva, USA, 2019.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. J. **Introduction to Organic Laboratory Techniques: A Contemporary Approach**. 2nd ed., Saunders Coll. Publ., 1982, 271.

PENIDO, R. G.; et al. **Solventes sustentáveis para processos químicos**. Rev. Virtual Quim., 2022, 14(3), 537-551.

PNRS, Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 03 ago. 2010.

REIS, J. M. D.; et al. **Técnicas de remoção de metais de águas residuárias: uma revisão de literatura.** Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e5251126100, 2022.

SANTOS, F. A.; et al. **Tratamento de efluente de galvanoplastia por meio da biossorção de cromo e ferro com escamas da pinha da Araucaria angustifolia.** REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(4), 499-504, dez. 2011.

SANTOS, L. O.; JUNIOR, J. G. R. **Programa de Gestão de Resíduos em Laboratórios Químicos de Ensino, Pesquisa e Extensão: uma Revisão das Normatizações Brasileiras de Resíduos.** Revista Virtual Química, 2024, v. 16, n. 6, p. 876-888.

SILVA, A. M. **Tratamento de efluente domissanitário sintético por meio da ozonização convencional e catalítica heterogênea.** 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23556>. Acesso em: fevereiro de 2025.

SILVA, V. W. P.; et al. **Descarte de medicamentos e os impactos ambientais: uma revisão integrativa da literatura.** Ciência & Saúde Coletiva, 28(4), 07 abr. 2023.

SOARES, A.F.S.; SOUZA, L.P.S. **MICROPOLUENTES E ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO EXISTENTE NO CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS NO ÂMBITO DO DIREITO SANITÁRIO,** 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/V-018.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2025

VIEIRA, B. **Explosão em indústria química no interior de SP deixa três mortos.** Folha de S. Paulo, 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/10/explosao-em-industria-quimica-no-interior-de-sp-deixa-tres-mortos.shtml>. Acesso em: fevereiro de 2024.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa.** 5 ed. Mestre Jou, 1981. p. 213-231; 327-384.

WANG, Z.; et al. **Potential Safety Hazards Associated with Using Acetonitrile and a Strong Aqueous Base.** Org. Process Res. Dev., 2017, v. 21, n. 10, p. 1501–1508.

ANEXO 1 – Incompatibilidades Química

Tabela 1 - Tabela de Incompatibilidade química

Substância	Incompatibilidade
Acetileno	Cloro, bromo, flúor, cobre, prata e mercúrio
Ácido acético	Ácido crômico, nítrico e perclórico, etileno glicol, peróxidos, permanganatos.
Acetona	Mistura de ácido nítrico e sulfúrico concentrado, peróxido de hidrogênio.
Ácido crômico	Ácido acético, naftaleno, cânfora, glicerol, turpentine, álcool, outros líquidos inflamáveis.
Ácido hidrocianico	Ácido nítrico, álcalis.
Ácido fluorídrico anidro, fluoreto de hidrogênio	Amônia (aquosa ou anidra).
Ácido nítrico	Ácido acético, anilina, óxido de cromo VI, ácido cianídrico, sulfeto de hidrogênio líquido e gases inflamáveis, ácido crômico.
Ácido oxálico	Prata e mercúrio.
Ácido perclórico	Anidrido acético, álcoois, bismuto e suas ligas, papel, madeira.
Ácido sulfúrico	Clorato, perclorato, permanganato, água.
Alquil alumínio	Água
Amônia anidra	Mercúrio, cloro, hipoclorito de cálcio, iodo, bromo, ácido fluorídrico.
Anidrido acético	Compostos contendo hidroxil, tais como etilenoglicol, ácido perclórico.
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrogênio.
Azida sódica	Chumbo, cobre e outros metais.
Bromo e cloro	Benzeno, hidróxido de amônio, benzina de petróleo, hidrogênio, acetileno, etano, propano, butadienos, pós-metálicos.
Carvão ativado	Hipoclorito de sódio e oxidantes (dicromatos, permanganatos, ácido nítrico, ácido sulfúrico).
Cianetos	Ácidos e álcalis.
Cloratos, percloratos, clorato de potássio	Sais de amônio, ácidos, metais em pó, matérias orgânicas particuladas, substâncias combustíveis.
Cloro	Amônia, acetileno, butadieno, butano, outros gases de petróleo, hidrogênio, Carbetto de sódio, turpentine, benzeno, metais finamente divididos, benzinas e outras frações do petróleo.
Cobre metálico	Acetileno, peróxido de hidrogênio, azidas.
Dióxido de cloro	Amônia, metano, fósforo, sulfeto de hidrogênio.
Flúor	Manter isolado de outros produtos químicos.
Fósforo	Enxofre, compostos oxigenados, cloratos, percloratos, nitratos, permanganatos
Halogênios (flúor, cloro, bromo e iodo)	Amoníaco, acetileno e hidrocarbonetos
Hidrazida	Peróxido de hidrogênio, ácido nítrico e outros oxidantes
Hidrocarbonetos (butano, propano, tolueno)	Ácido crômico, flúor, cloro, bromo, peróxidos
Iodo	Acetileno, hidróxido de amônio, hidrogênio
Mercúrio	Acetileno, ácido fulmínico, amônia
Metais alcalinos	Dióxido de carbono, tetracloro de carbono, outros hidrocarbonetos clorados

Nitrato de amônio	Ácidos, pós-metálicos, líquidos inflamáveis, cloretos, enxofre, compostos orgânicos em pó
Nitrato de sódio	Nitrato de amônio e outros sais de amônio
Líquidos inflamáveis	Ácido nítrico, nitrato de amônio, óxido de cromo VI, peróxidos, flúor, cloro, bromo, hidrogênio
Óxido de cálcio	Água
Óxido de cromo VI	Ácido acético, glicerina, benzina de petróleo, líquidos inflamáveis, naftaleno
Oxigênio	Óleos, graxas, hidrogênio, líquidos, sólidos e gases inflamáveis
Perclorato de potássio	Ácidos
Permanganato de potássio	Glicerina, etilenoglicol, ácido sulfúrico
Peróxido de hidrogênio	Cobre, cromo, ferro, álcoois, acetonas, substâncias combustíveis
Peróxido de sódio	Ácido acético, Anidrido acético, benzaldeído, etanol, metanol, etilenoglicol, acetatos de metila e etila, furfural
Prata e sais de prata	Acetileno, ácido tartárico, ácido oxálico, compostos de amônio
Sódio	Dióxido de carbono, tetracloreto de carbono, outros hidrocarbonetos clorados
Sulfeto de hidrogênio	Ácido nítrico fumegante, gases oxidantes

Fonte: ANVISA, 2018.

ANEXO 2 - Limites de descarte de substâncias em corpos hídricos

Tabela 2 – Limites de descarte de substâncias em corpos hídricos

Parâmetros Orgânicos	Concentração Máxima (mg/L)
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroeteno	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Parâmetros Inorgânicos	Concentração Máxima (mg/L)
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Merúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn

Fonte: CONAMA, 2011

ANEXO 3 – Passo a passo dos tratamentos

A3.1. Ácidos e Bases sem metais tóxicos

(Tratamento adaptado de: CETESB, 2010 e ARMOUR, 2003)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).
-

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro;
- **Para sólidos:** Em capela de exaustão, solubilizar em um recipiente contendo água da torneira até obter uma solução de no máximo 5% m/v, adicionando pequenas quantidades do sólido gradualmente e tomando cuidado com o aquecimento. Se necessário, pode-se utilizar um banho de gelo;
- **Para soluções concentradas:** Em capela de exaustão, diluir em um recipiente contendo água da torneira, adicionando pequenas quantidades da solução concentrada até atingir uma concentração de 5% v/v, sempre adicionando o ácido à água, e nunca o contrário, para evitar reações violentas. Caso necessário, pode-se utilizar um banho-maria para controlar a temperatura;
- **Para soluções já diluídas:** Prosseguir para a etapa de neutralização do composto.

3. Procedimento e Disposição

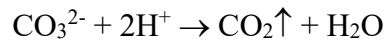
Ácidos

Acético, bórico, clorídrico, nítrico, perclórico, sulfúrico, entre outros.

- Após a diluição do ácido para uma solução a 5% m/v ou v/v, preparar uma solução básica a 10% m/v;
 - Recomenda-se o uso de carbonato de sódio (Na_2CO_3), pois é facilmente encontrado em lojas de produtos para piscinas a um custo acessível. Além disso, por ser uma base fraca, a reação de neutralização ocorre de forma menos violenta,

minimizando o aumento de temperatura devido à liberação de dióxido de carbono (CO₂), conforme a reação:

Reação 1 - Neutralização de ácidos com carbonato (CO₃²⁻)



Fonte: VOGEL, 1981.

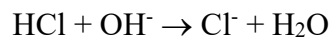
- Neutralizar o ácido, fazendo pequenas adições no recipiente contendo a base diluída até que o pH esteja entre 6,0 e 8,0;
- Filtrar qualquer precipitado ou impureza que se formar durante o processo;
 - O precipitado deve ser seco e, posteriormente, encaminhado para descarte em um aterro de produtos perigosos ou incinerado;
- Descartar a solução neutralizada na pia, sob fluxo contínuo de água corrente.

Bases

Aminas, amônia, carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, entre outros.

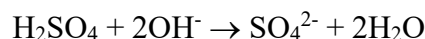
- Após a diluição da base para uma solução a 5% m/v ou v/v, neutralizar a solução utilizando pequenas adições de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 3 mol.L⁻¹ ou Ácido Clorídrico (HCl) 6 mol.L⁻¹;
- Ajustar o pH para um valor entre 6,0 e 8,0;
- Filtrar qualquer precipitado ou impureza que se formar durante o processo;
- O precipitado deve ser seco e, posteriormente, encaminhado para descarte em um aterro de produtos perigosos ou incinerado;
- Descartar a solução neutralizada na pia, sob fluxo contínuo de água corrente.

Reação 2 - Neutralização de bases com ácido clorídrico (HCl)



Fonte: VOGEL, 1981.

Reação 3 - Neutralização de bases com ácido sulfúrico (H₂SO₄)



Fonte: VOGEL, 1981.

4. Observações

- Tomar cuidado durante a diluição e a neutralização de ácidos e bases fortes, o processo é extremamente exotérmico gerando altas temperaturas;
- Durante a neutralização ocorrerá a liberação de gases devido à ação do carbonato;
- A neutralização de bases sólidas com baixa solubilidade em água (por exemplo, hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2)) deve ser realizada adicionando pequenas quantidades do produto diretamente em uma solução diluída de ácido forte (por exemplo, ácido clorídrico (HCl) a 10%). Esse método permite que a solubilização e a neutralização ocorram simultaneamente. O mesmo procedimento pode ser aplicado a ácidos sólidos, utilizando soluções básicas para a neutralização.

A3.2. Agentes Oxidantes e Redutores

(Tratamento adaptado de: CETESB, 2010 e ARMOUR, 2003)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos);
- O manuseio inadequado pode resultar em incêndios, explosões e liberação de gases tóxicos.

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

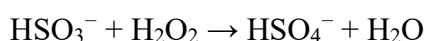
3. Procedimento e Disposição

Agentes oxidantes como bromatos, cloratos, cloritos, hipocloritos, cromatos, dicromatos, iodatos, periodatos, peróxidos, hidroperóxidos inorgânicos, molibdatos, manganatos e permanganatos podem ser reduzidos por soluções de sulfito, bissulfito, hipossulfito ou metabissulfito de sódio.

Dentre esses, o metabissulfito é o mais recomendado pois é fácil de encontrar e barato.

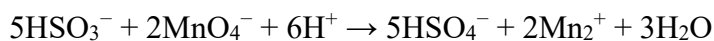
- Em um béquer, adicionar um terço do volume com uma solução aquosa de metabissulfito de sódio (Na₂S₂O₅) 50%;
- Gradualmente, sob agitação, adicionar o agente oxidante até uma formar uma solução 5% m/v ou v/v;
- Acidificar a solução com Ácido Sulfúrico 3 mol.L⁻¹ até pH 2 para que ocorra a reação;
- Ajustar o pH com carbonato de sódio, fazendo pequenas adições para evitar o superaquecimento da solução até pH 6,0 a 8,0;
- Caso a solução contenha cromo, manganês ou molibdênio, tratar com uma solução a 20% de sulfeto de sódio (Na₂S) até não se observar mais a formação de precipitado;
 - Filtrar o precipitado;
 - Para cada 10 mL do sobrenadante, adicionar 100 mL de solução 1% de hidróxido de sódio (NaOH) e 175 mL de uma solução a 2,0-2,5% de hipoclorito de sódio (NaClO) (água sanitária);
 - Deixar em agitação por 12 horas;
 - Filtrar qualquer precipitado ou impureza que se formar durante o processo e testar se ocorreu a precipitação completa
 - O precipitado deve ser seco e, posteriormente, encaminhado para descarte em um aterro de produtos perigosos ou incinerado;
- Descartar a solução neutralizada na pia, sob fluxo contínuo de água corrente.

Reação 4 - Redução de hidrogênio com bissulfito (HSO₃⁻)



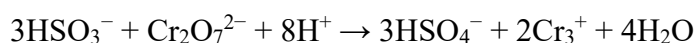
Fonte: VOGEL, 1981.

Reação 5 - Redução de permanganato (MnO₄⁻) com bissulfito (HSO₃⁻)



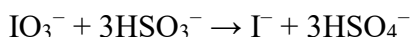
Fonte: VOGEL, 1981.

Reação 6 - Redução de dicromato (Cr₂O₇²⁻) com bissulfito (HSO₃⁻)



Fonte: VOGEL, 1981.

Reação 7 - Redução de iodato (IO₃⁻) com bissulfito (HSO₃⁻)



Fonte: VOGEL, 1981.

A3.3. Aldeídos

(Tratamento adaptado de: NAP, 1995).

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

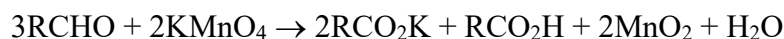
- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão, manta de aquecimento e pHmetro.

3. Procedimento e Disposição

- Em um balão de fundo redondo de 1 L, adicionar 100 mL de água e 0,1 mol de aldeído.
 - O sistema deve estar equipado com termômetro, funil de gotejamento, agitador, banho de vapor e, se o aldeído for volátil ($PF < 100^{\circ}\text{C}$), um condensador.
- Preparar uma solução de 12,6 g (0,08 mol, 20% de excesso) de permanganato de potássio (KMnO_4) em 250 mL de água.
- Adicionar aproximadamente 30 mL dessa solução ao meio reacional ao longo de 10 minutos.
 - Caso a temperatura ultrapasse 45°C , resfriar a solução.
- Ajustar da temperatura e adição do restante do permanganato:
 - Se a solução não apresentar reação imediata (elevação de temperatura e descoloração do permanganato), aquecer em banho de vapor até que a cor roxa desapareça.
- O restante da solução de permanganato deve ser adicionado lentamente, mantendo a temperatura cerca de 10°C abaixo do ponto de descoloração.
- Em seguida, aquecer a mistura a $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ e mantenha a agitação por uma hora ou até que a cor roxa desapareça completamente.
- Resfriar a mistura à temperatura ambiente e acidifique com ácido sulfúrico $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- Adicionar pelo menos 8,3 g (0,08 mol) de bissulfito de sódio (NaHSO_3), mantendo a temperatura entre $20\text{-}40^{\circ}\text{C}$, até a completa descoloração da solução e dissolução do dióxido de manganês sólido.

- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Reação 8 - Decomposição de aldeídos



Fonte: NAP, 1985.

4. Observações

- Nunca adicionar ácido sulfúrico concentrado diretamente ao permanganato, pois pode formar o explosivo heptóxido de dimanganês (Mn_2O_7).
- Para aldeídos insaturados, como a acroleína, utilizar 4 mols de permanganato por mol de aldeído para garantir a oxidação tanto do grupo aldeído quanto da ligação dupla $\text{C}=\text{C}$.

A3.4. Aminas Aromáticas

(Tratamento adaptado de: NAP, 1995)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

3. Procedimento e Disposição

A decomposição depende da estrutura da amina. Para aminas simples, a destruição pode ser realizada através da oxidação por permanganato de potássio (KMnO_4) em meio ácido:

- Diluir o resíduo de amina aromática para $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ em 3 litros de uma solução ácido sulfúrico (H_2SO_4) $3,5 \text{ mol.L}^{-1}$;
- Adicionar 1 L de permanganato de potássio (KMnO_4) $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$, e a solução é deixar em repouso à temperatura ambiente por 8 horas;

- O excesso de permanganato é reduzido pela adição lenta de bissulfito de sódio (NaHSO_3) até que a cor púrpura desapareça;
- Ajustar o pH com carbonato de sódio (Na_2CO_3), fazendo pequenas adições para evitar o superaquecimento da solução, até pH 6,0 a 8,0;
- O sobrenadante pode ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para aterro de produtos perigosos ou incineração.

A3.5. Cianetos

(Tratamento adaptado de: AMOUR, 2003)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

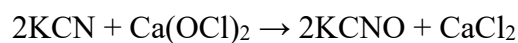
- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.
- **Para sólidos:** Em capela de exaustão, solubilizar em um recipiente contendo água da torneira até obter uma solução de no máximo 0,5% m/v;
- **Para soluções concentradas:** Em capela de exaustão, diluir em um recipiente contendo água da torneira, adicionando pequenas quantidades da solução concentrada até atingir uma concentração de 0,5% v/v;
- **Para soluções já diluídas:** Prosseguir para a etapa de tratamento do composto.

3. Procedimento e Disposição

- Para cada 1 g de cianeto, adicionar 70 mL de uma solução de hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 65% (m/v) em meio básico (Solução contendo 10 g/L de hidróxido de sódio (NaOH) para evitar formação do ácido cianídrico (HCN));
- Deixar reagindo por 24 horas;
- Ajustar o pH com uma solução de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 3 mol.L⁻¹ ou Ácido Clorídrico (HCl) 6 mol.L⁻¹, fazendo pequenas adições para evitar o superaquecimento da solução até pH 6,0 a 8,0.

- Testar a solução para resquícios de cianeto;
 - Adicionar uma gota do resíduo tratado em um tubo de ensaio seguido de 2 gotas de uma solução de sulfato ferroso (FeSO₄) a 5% (m/v) e aquecer em um bico de Bunsen por 30 a 60 segundos. Resfriar a solução até a temperatura ambiente e adicionar 2 gotas de uma solução de cloreto férrico (FeCl₃) a 1% (m/v). Acidificar a solução com ácido clorídrico (HCl) 6 mol.L⁻¹;
 - Se o cianeto estiver presente, será formado um precipitado azul. Nesse caso, adicionar mais hipoclorito de cálcio para assegurar a completa remoção total dos íons cianeto;
- A solução poderá ser descartada em esgoto doméstico após testada para resquícios de cianeto;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Reação 9 - Oxidação do cianeto (CN⁻) para cianato (CNO⁻)



Fonte: VOGEL, 1981.

Reação 10 – Oxidação do Fe II para Fe III



Fonte: VOGEL, 1981.

A3.6. Compostos formadores de peróxidos

(Tratamento adaptado de: ACURI, 1999)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

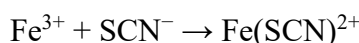
- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

- **Detecção de peróxido:**

Método de detecção de peróxido com Tiocianato Ferroso:

- Em um tubo de ensaio, adicionar 5 mL de uma solução 1% m/v de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$);
- Acidificar, adicionando 0,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,5 mol.L⁻¹ seguido de 0,5 mL de tiocianato de amônio 0,1 mol.L⁻¹;
- Adicionar 6 mL do solvente a ser testado e agitar levemente;
- A coloração vermelha indica a presença de peróxidos.

Reação 11 – Formação do tiocianato de férrico ($\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$)



Fonte: VOGEL, 1981.

Método de detecção de peróxido com Iodeto de Potássio:

- Em um tubo de ensaio, adicionar 1,0 mL de ácido acético (CH_3COOH) e 100 mg de iodeto de sódio (NaI) ou potássio (KI);
- Adicionar de 1,0 mL do solvente a ser testado e agitar levemente;
 - Se a solução assumir uma coloração amarelada, indica uma baixa concentração de peróxidos na amostra;
 - Se a solução assumir uma coloração marrom, indica uma alta concentração de peróxidos na amostra;
- Deve-se preparar também um branco, utilizando-se n-hexano puro (ou um outro composto que não forme peróxido) para comparação.

Reação 12 – Oxidação do iodeto (I^-)



Fonte: VOGEL, 1981.

- Esses testes são aplicáveis apenas a substâncias relativamente simples.
- Alguns compostos orgânicos também podem atuar como oxidantes, levando a um falso positivo para peróxidos.

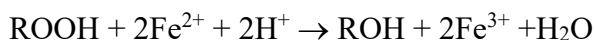
- No caso de materiais peroxidáveis insolúveis na solução de teste, pode ser necessário o uso de um solvente auxiliar, como isopropanol isento de peróxidos, para facilitar a análise.

3. Procedimento e Disposição

Sempre trabalhar com soluções diluídas de até 2% m/v ou menos de preferência.

- Para remover o peróxido, deve-se preparar uma solução redutora misturando 60 g de sulfato ferroso (FeSO₄), 60 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e 110 mL de água.
- A amostra deve ser agitada com essa solução para garantir a completa decomposição do peróxido.
- O solvente e a solução redutora podem ser misturados em um funil de separação e agitados por alguns minutos ou, alternativamente, agitados vigorosamente em um frasco até que não seja mais detectada a presença de peróxido.

Reação 13 – Decomposição de peróxidos com sulfato ferroso (FeSO₄)



Fonte: NAP, 1985.

4. Dicas para inibir a formação de peróxidos:

- Se possível, armazene e manipule-os sob atmosfera inerte.
- Os éteres podem ser estabilizados com a adição de 0,001% de substâncias como hidroquinona, difenilamina, polihidroxifenóis, aminofenóis ou arilaminas.
- O éter etílico pode ser estabilizado com resina Dowex-1R, enquanto o éter isopropílico é estabilizado com 100 ppm de 1-naftol.
- O tetraidrofurano é estabilizado com hidroquinona, e o dioxano, com cloreto estânico ou sulfato ferroso.
- Além disso, a adição de raspas de cobre metálico reduz a concentração de peróxidos previamente formados.

A3.7. Fármacos

(Tratamento adaptado de: BISOGNIN, 2018; SILVA, 2018)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila), jaleco.
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos);

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão, pHmetro, agitador magnético, gerador de ozônio, fotorreator equipado com uma lâmpada OSRAM de mercúrio de baixa pressão UV-C ($\lambda=253,7$ nm) de 15 W de potência em tubo de quartzo transparente.
- **Condições:** Segundo Bisognin (2018), o ajuste do pH para 7 e a manutenção da temperatura em 20 °C são condições ideais para otimizar as reações de oxidação. Nessas condições, os processos de oxidação avançada são rápidos e eficazes na degradação de fármacos, alcançando resultados significativos em 7,5 e 15 minutos após a aplicação dos tratamentos.

3. Procedimento e Disposição

Fármacos, quando em suas embalagens originais, podem ser descartados em farmácias por meio da logística reversa. Além disso, resíduos contendo menos de 1% de fármacos podem ser enviados diretamente para incineração, sem necessidade de tratamento prévio. O tratamento de fármacos pode ser feito por quatro métodos: ozonização, radiação ultravioleta (UV), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) ou pela combinação desses três processos. De acordo com Bisognin (2018), essa última abordagem é a mais eficaz na degradação dos compostos orgânicos presentes nos fármacos.

Opção 1 - Ozônio (O₃)

- O ozônio é um potente agente oxidante que reage com os fármacos presentes no efluente, rompendo suas ligações químicas.
- A dosagem recomendada é de 0,9 mgO₃/mgCOD durante 15 minutos para a degradação dos fármacos.
- Embora a ozonização isolada apresente boa eficiência, sua eficácia pode ser limitada pela concentração de matéria orgânica dissolvida. Para garantir a degradação completa

de compostos mais persistentes, é comum combinar o ozônio com radiação UV ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Opção 2 - Radiação Ultravioleta (UV)

- A radiação UV atua diretamente sobre os compostos orgânicos, rompendo suas ligações moleculares;
- Recomenda-se o uso de radiação UV-C, com comprimento de onda de 254 nm e potência de 15 W, aplicada por 15 minutos para a degradação dos fármacos;
- Apesar de eficaz em alguns casos, a fotólise isolada por UV pode não ser suficiente para a degradação completa de fármacos mais resistentes. A combinação com outros oxidantes, como O_3 e H_2O_2 , pode aumentar significativamente a eficiência do processo;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Opção 3 - Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2)

- O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um potente agente oxidante que atua na decomposição de fármacos por meio da oxidação de seus grupos funcionais;
- Recomenda-se a utilização de 30 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) P.A. (300 volumes) por litro de resíduo farmacêutico a 1%, deixando reagir por 24 horas. Depois, deve-se adicionar de um terço do volume de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) com uma solução aquosa de metabissulfito de sódio a 50% para neutralizar o excesso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2);
- Em combinação com radiação UV, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gera radicais hidroxila ($\bullet OH$), que são altamente reativos e eficazes na destruição dos fármacos. Concentrações de 25 mg/L¹ de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) melhoram a degradação dos fármacos em comparação com UV isolada.
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Opção 4 - Combinação de Processos (O₃/UV, H₂O₂/UV e O₃/H₂O₂/UV)

- A combinação de ozônio (O₃), UV e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) resulta em um efeito sinérgico, maximizando a degradação dos fármacos e aumentando a eficiência do processo;
- A combinação O₃/H₂O₂/UV se destaca como a mais eficaz, alcançando reduções de até 100% para compostos como clindamicina, ofloxacina e sulfadiazina. Para outros compostos como paracetamol, trimetoprima e sulfametoxazol, a degradação variou entre 97,40% e 99,96%;
- Além de promover a degradação dos fármacos, esta combinação também favorece a mineralização dos compostos, com uma redução de até 60,52% no carbono orgânico total (COT), indicando a quebra dos compostos em fragmentos menores e menos tóxicos;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

4. Observações

- Os processos oxidativos avançados com ozônio, radiação UV e peróxido de hidrogênio mostraram-se altamente eficazes na degradação de fármacos em efluentes. A combinação O₃/H₂O₂/UV se destacou pela sua superioridade, permitindo a degradação de até 100% dos compostos e proporcionando uma significativa mineralização. Esses processos são promissores para o tratamento de resíduos farmacêuticos em estações de tratamento de esgoto, contribuindo para a redução de micropoluentes persistentes no ambiente (Bisognin, 2018).

A3.8. Fenóis

(Tratamento adaptado de: CETESB, 2010)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

3. Procedimento e Disposição

A degradação pode ser realizada através da reação de Fenton:

- Em um balão de 200 mL com 3 bocas, equipado com agitador, funil gotejante e termômetro, adicionar 2,35 g de sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em 75 mL do resíduo de fenol 0,05 M.
- Ajustar o pH na faixa de 5 a 6 com ácido sulfúrico (H_2SO_4);
 - O pH ideal para a reação é de 3 a 4, mas como ocorrem formações de ácidos durante o processo, a reação deve ser iniciada com um pH ligeiramente maior;
- Adicionar lentamente 41 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30% (m/v) com agitação constante, durante 1 hora;
 - Manter a temperatura na faixa de 50 a 60°C, ajustando a velocidade de adição ou utilizando banho de gelo, se necessário;
- Parar o aquecimento e continuar a agitação por mais 2 horas até que a temperatura atinja 25°C;
- Deixar a solução descansar por 12 horas;
- Ajustar o pH com carbonato de sódio (Na_2CO_3), adicionando aos poucos para evitar o superaquecimento da solução até pH 6,0 a 8,0;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ter seu pH neutralizado.
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração

4. Observações

- A ordem dos reagentes é fundamental. A pré-mistura de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e sulfato ferroso (FeSO_4) pode resultar em uma explosão violenta;
- O resíduo pode ser encaminhado diretamente para incineração, mantendo-se na embalagem original.

A3.9. Metais tóxicos

(Tratamento adaptado de: CETESB, 2010; VOGEL, 1981; NAP, 2011)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

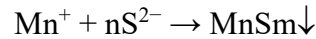
3. Procedimento e Disposição

- Identificar o metal presente na solução.
- Precipitar os metais como sais insolúveis, utilizando hidróxido de sódio, carbonato de sódio ou sulfeto de sódio para elevar o pH até o nível ideal para cada metal de acordo com a Tabela 5 - Listagem do pH ou faixas de pH ideais para precipitação, específicas para cada metal.

Opção 1

- Em um béquer acoplado a um pHmetro, dissolver o resíduo em água de torneira para preparar uma solução de até 10% m/v ou v/v;
- Adicionar lentamente hidróxido de sódio (NaOH) 2 mol.L⁻¹ até atingir um pH de 7,0;
- Fazer pequenas adições de uma solução a 20% de sulfeto de sódio (Na₂S) até que não se observe mais a formação de precipitado;
- Filtrar o precipitado formado;
- Para cada 10 mL do sobrenadante, adicionar 100 mL de solução aquosa a 1% de hidróxido de sódio (NaOH) e 175 mL de uma solução a 2,0-2,5% de hipoclorito de sódio (NaClO) (água sanitária doméstica);
- Deixar a mistura em agitação por 12 horas;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ser testado;
- Destinar o resíduo sólido de metais não tóxicos para descarte de resíduos de construção civil e os de metais tóxicos para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Reação 14 – Precipitação de metais com sulfetos (S^{2-})

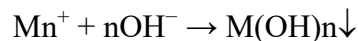


Fonte: adaptado de VOGEL, 1981.

Opção 2

- Em um béquer acoplado a um pHmetro, dissolver o resíduo em água de torneira para preparar uma solução de até 10% m/v ou v/v.
- Adicionar lentamente hidróxido de sódio (NaOH) 2 mol.L⁻¹ até atingir a faixa de pH de precipitação específica para cada metal;
- Deixar a solução em repouso por 5 minutos para garantir a precipitação completa do hidróxido;
- Filtrar o precipitado formado;
- Ajustar o pH da solução utilizando uma solução de ácido sulfúrico 3 mol.L⁻¹ ou ácido clorídrico 6 mol.L⁻¹, realizando adições lentas até o pH 6,0 a 8,0;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ser testado;
- Destinar o resíduo sólido de metais não tóxicos para descarte de resíduos de construção civil e os de metais tóxicos para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Reação 15 – Precipitação de metais com hidróxidos (OH^-)

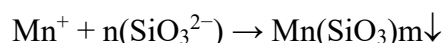


Fonte: adaptado de VOGEL, 1981.

4. Observações

- Antimônio, Cadmio e Chumbo também podem ser precipitados na forma de silicatos, utilizando metassilicato (SiO_3^{2-}).
 - Para precipitar na forma de silicato, pode-se adicionar cerca de 1 grama de metassilicato de sódio (Na_2SiO_3) para cada 100 mL de resíduo contendo o metal, neutralizar o meio com ácido sulfúrico 2 mol.L⁻¹ até pH 7,0 e aquecer a solução até 80 °C por 20 minutos. Deixar em repouso por um dia e depois filtrar o precipitado, enquanto a solução pode ser descartada em pia após o teste para metais.

Reação 16 – Precipitação de metais com silicatos (SiO_3^-)



Fonte: adaptado de VOGEL, 1981.

- Para sais de Arsenio, adicionar uma 1 g de tioacetamida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$) para cada 100 mL de resíduo. Acidificar o meio com ácido clorídrico (HCl), aquecer até a ebulição e manter sob agitação por 30 minutos. Filtrar o precipitado, testar e descartar o sobrenadante;
- É fundamental testar o sobrenadante após a precipitação do metal para garantir que não haja contaminação residual na solução. Esse controle pode ser realizado coletando uma amostra do sobrenadante e repetindo o processo de precipitação, ou ainda por meio de uma marcha analítica específica para cada metal.

A3.9.1. Teste para a presença de metais em sobrenadantes.

(Testes adaptados de: ANDRADE; ALVIM, 2018)

Antimônio

Adicione em um tubo de ensaio 3 gotas do sobrenadante, seguido por 3 gotas de uma solução de tioacetamida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L⁻¹. Aqueça em banho-maria. Se aparecer um precipitado amarelo de sulfeto de antimônio (SnS_2), isso indica que ainda há resquícios de antimônio no sobrenadante.

Arsenio

Em um tubo de ensaio, adicionar 3 gotas do sobrenadante, 3 gotas de uma solução de tioacetamida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 M. Aqueça em banho-maria. O aparecimento de um precipitado branco sulfeto de arsênio (As_2S_5) indica a presença residual de arsênio no sobrenadante.

Cádmio

Em um tubo de ensaio, adicionar 3 gotas do sobrenadante, 3 gotas de uma solução de tioacetamida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L⁻¹. Aqueça em banho-maria. O aparecimento de um precipitado amarelo (CdS) indica a presença residual de cádmio no sobrenadante.

Chumbo

Adicione 3 gotas do sobrenadante a um tubo de ensaio, seguido por 3 gotas de uma solução de tioacetamida (C_2H_5NS) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L^{-1} . Aqueça em banho-maria. Se ocorrer um precipitado preto (PbS), isso indica a presença de resquícios de chumbo no sobrenadante.

Cobre

Adicionar 3 gotas do sobrenadante a um tubo de ensaio, seguido por 3 gotas de uma solução de tioacetamida (C_2H_5NS) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L^{-1} . Aquecer em banho-maria. Se aparecer um precipitado preto (CuS), isso indica que ainda há resquícios de cobre no sobrenadante.

Cromo

Adicionar 3 gotas do sobrenadante a um tubo de ensaio, seguido por 3 gotas de hidróxido de sódio (NaOH) 3 mol.L^{-1} e 3 gotas de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 3 % (v/v). Aquecer em banho-maria e adicionar 3 gotas de nitrato de bário ($BaNO_3$). Se aparecer um precipitado amarelo ($BaCrO_4$), isso indica que ainda há resquícios de cromo no sobrenadante.

Ferro

Adicionar 3 gotas do sobrenadante a um tubo de ensaio, seguido por 3 gotas de ácido clorídrico HCl 6 mol.L^{-1} , seguido de 3 de tiocianato de amônio (NH_4SCN). Se aparecer um precipitado vermelho ($[Fe(SCN)]^{2+}$), isso indica que ainda há resquícios de ferro no sobrenadante.

Mercúrio

Adicione em um tubo de ensaio 3 gotas do sobrenadante, 3 gotas de uma solução de tioacetamida (C_2H_5NS) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L^{-1} . Aqueça em banho-maria. A formação de um precipitado preto (HgS) indica a presença de mercúrio residual.

Níquel

Adicione em um tubo de ensaio 3 gotas do sobrenadante e 3 gotas de uma solução 1% de dimetilglioxima (DMG) em propanol. A coloração vermelha ($Ni(DMG)_2$) indica a presença de níquel residual

Zinco

Adicione em um tubo de ensaio 3 gotas do sobrenadante, seguido por 3 gotas de uma solução de tioacetamida (C_2H_5NS) 10% (m/v) e 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L⁻¹. Aqueça em banho-maria. Se aparecer um precipitado branco (ZnS), isso indica que ainda há resquícios de zinco no sobrenadante.

A3.10. Solventes

(Tratamento adaptado de: CETESB, 2010)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** Destilador rotativo a vácuo.

3. Procedimento e Disposição

Apenas o etanol e o isopropanol podem ser descartados na pia, enquanto os demais solventes devem ser verificados na tabela de reagentes controlados da Polícia Federal (vide ANEXO 4) para determinar se podem ser enviados à incineração, observando as concentrações permitidas para cada substância.

Caso a concentração exceda o limite permitido, o resíduo será classificado como resíduo controlado, sendo necessário diluí-lo, preferencialmente com um solvente que não seja controlado. Sempre que possível, a recuperação desses produtos é recomendada. Quando a recuperação não for viável, deve-se optar pela incineração ou aterro adequado.

A recuperação pode ser realizada por meio de destilação, utilizando um destilador a vácuo (destilador rotativo a pressão reduzida). Esses solventes podem ser recuperados de várias linhas de pesquisa e determinações analíticas, como HPLC e GC, sendo reutilizados no laboratório.

Tabela 3 - Pontos de Ebulição dos solventes mais comuns

Solvente	Ponto de Ebulição
Acetato de etila	77°C
Acetona	56°C
Clorofórmio	61°C
Etanol	78°C
Metanol	65°C
n-Hexano	69°C
Tolueno:	111°C

Fonte: adaptado de CETESB, 2010

Assegure-se de que todas as partes do destilador rotativo estejam montadas corretamente: balão de evaporação, condensador, coletor de destilado, e selos:

- Conectar o destilador ao sistema de vácuo e ao banho-maria;
- Certificar de que não há vazamentos no sistema;
- Verificar os níveis de água no banho-maria e no sistema de resfriamento do condensador;
- Colocar a amostra no balão de evaporação, sem exceder a capacidade do balão (geralmente até 50% do volume total);
- Conectar o balão ao sistema de destilação e fixe-o corretamente;
- Ajustar a temperatura do banho-maria de acordo com o ponto de ebulição do solvente a ser destilado;
 - Acetato de etila: ajuste o banho-maria para aproximadamente 75-80°C;
 - Acetona: ajuste o banho-maria para aproximadamente 70-85°C;
 - Clorofórmio: ajuste o banho-maria para aproximadamente 55-65°C;
 - Etanol: ajuste o banho-maria para aproximadamente 90-105°C;
 - Metanol: ajuste o banho-maria para aproximadamente 80-95°C;
 - n-Hexano: ajuste o banho-maria para aproximadamente 65-70°C;
 - Tolueno: ajuste o banho-maria para aproximadamente 105-115°C;
- A temperatura do banho deve ser geralmente 20-30°C acima do ponto de ebulição do solvente;
- Ligar a bomba de vácuo e ajuste a pressão para criar um vácuo adequado no sistema;
- Monitorar a pressão para garantir que está estável e dentro do alcance seguro para a amostra e o equipamento;

- Ligar a rotação do balão de evaporação. A rotação ajuda a aumentar a área de superfície da amostra e facilita a evaporação;
- Monitorar o processo de destilação. O solvente evaporado será condensado no condensador e coletado no frasco de recepção;
- Ajustar a velocidade de rotação e a pressão de vácuo conforme necessário para otimizar o processo;
- Quando a destilação estiver concluída, desligue a rotação e, em seguida, desligue o vácuo lentamente para evitar respingos;
- Desconectar o balão de evaporação com cuidado e colete o destilado do frasco de recepção e, se necessário, repita o processo para recuperar mais solvente;
- Limpar todas as partes do destilador rotativo com solventes apropriados e assegure-se de que o equipamento esteja seco e pronto para a próxima utilização.

4. Observações

- O resíduo pode ser encaminhado diretamente para incineração, mantendo-se na embalagem original e respeitando os limites de concentração segundo a Polícia Federal.

A3.11. Sulfetos

(Tratamento adaptado de: NAP, 1995 e AMOUR, 2003)

1. Cuidados

- Utilizar óculos de proteção, luvas (nitrila) e jaleco;
- Trabalhar em capela com fluxo de ar ligado;
- Manusear com cuidado, nunca preenchendo vidrarias/recipientes até o volume máximo (deixar sempre 20% do volume total livre para evitar derramamentos).

2. Preparação

- **Equipamentos necessário:** capela de exaustão e pHmetro.

3. Procedimento e Disposição

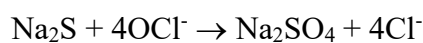
Para sulfetos metálicos

- Sulfetos de metais tóxicos podem ser descartados em aterros ou incinerados devido à sua alta estabilidade.

Para sulfetos de sódio e potássio

- Para cada 10 mL do sobrenadante, adicione 100 mL de solução aquosa a 1% de hidróxido de sódio (NaOH) e 175 mL de uma solução a 2,0-2,5% de hipoclorito de sódio (NaClO) (água sanitária doméstica);
- Deixar a mistura em agitação por 12 horas;
- O sobrenadante poderá ser descartado em esgoto doméstico após ser testado;
- Destinar qualquer resíduo sólido para Aterro de Produtos Perigosos ou Incineração.

Reação 17 – Oxidação de Sulfetos (S^{2-})

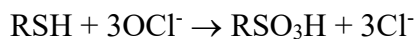


Fonte: NAP, 1985.

4. Observações

- Pode ser utilizado para tratamento de outros resíduos metálicos para precipitação;
- O procedimento também funciona para tratar Tióis.

Reação 18 – Oxidação de Tióis (RSH)



Fonte: NAP, 1985.

ANEXO 4 – Substâncias controladas pela Polícia Federal

Tabela 4 – Tabela de Substâncias controladas pela Polícia Federal

Lista	Códigos	Substâncias
	001	1-Fenil-2-Propanona
	002	1-Fenetil-N-Fenilpiperidin-4-Amina (Anpp)
	003	3,4-Metilenodioxifenil-2-Propanona
	004	3,4-Mdp-2-P Metil Glicidato (Pmk Glicidato)
	005	3,4-Mdp-2-P Metil Ácido Glicídico (Pmk Ácido Glicídico)
	006	Ácido Antranílico
	007	Ácido Fenilacético
	008	Ácido Lisérgico
	009	Ácido N-Acetilntranílico
	010	Alfa-Fenilacetoacetnitrilo (Apaan)
	011	Alfa-Fenilacetoacetamida (Apa)
Lista I	012	Anidrido Antranílico
	013	Anidrido Propiônico
“Produtos químicos, precursores de drogas, sujeitos a controle e fiscalização a partir de 1 (um) grama ou 1 (um) mililitro, em concentração igual ou superior a 1%.”	014	Efedrina
	015	Ergometrina
	016	Ergotamina
	017	Etafedrina
	018	Gama-Butirolactona
	019	Isosafrol
	020	Mapa (Metil Alfa-Fenilacetoacetato)
	021	Metilergometrina
	022	N-Fenetil-4-Piperidinona (Npp)
	023	N-Metilefedrina
	024	N-Metilpseudoefedrina
	025	Óleo De Sassafrás, Outros Óleos Essenciais Similares Ou Preparações Contendo Safrol E/Ou Piperonal
	026	Piperidina
	027	Piperonal
	028	Pseudoefedrina
	029	Safrol
Lista II	030	1,2-Dicloroetano
Solventes, capazes de serem empregados na preparação de drogas, sujeitos a controle e fiscalização a partir de 1 (um) grama ou 1 (um) mililitro. São isentas de controle as soluções à base de solventes orgânicos cuja concentração total das substâncias químicas controladas não ultrapasse 60% (sessenta por cento), exceto cloreto de etila, sujeito a controle em qualquer concentração;	031	Acetato De Etila
	032	Acetona
	033	Cloreto De Etila
	034	Cloreto De Metileno
	035	Clorofórmio
	036	Éter Etilico
	037	Metiletilcetona
	038	Tolueno
Lista III	039	Aminopirina
	040	Benzocaína
	041	Cafeína
“Fármacos, adulterantes e diluentes capazes de serem	042	Diltiazem
	043	Dipirona

empregados na preparação de	044	Fenacetina
drogas, sujeitos a controle e	045	Hidroxizina
fiscalização a partir de 1 (um)	046	Levamisol
grama ou 1 (um) mililitro, em	047	Lidocaína
concentração igual ou superior a	048	Manitol
1%.”	049	Paracetamol
	050	Procaína
	051	Teofilina
	052	Tetracaína
	053	Tetramisol
<hr/>		
Lista IV	054	Ácido Acético
	055	Ácido Benzóico
“Ácidos capazes de serem	056	Ácido Bórico
empregados na preparação de	057	Ácido Bromídrico
drogas, sujeitos a controle e	058	Ácido Clorídrico
fiscalização a partir de 1 (um)	059	Ácido Clorosulfônico
grama ou 1 (um) mililitro, em	060	Ácido Fórmico
concentração igual ou superior a	061	Ácido Hipofosforoso
10%”	062	Ácido Iodídrico
	063	Ácido Sulfúrico
<hr/>		
Lista V		
“Bases capazes de serem	064	Bicarbonato De Potássio
empregadas na preparação de		
drogas, sujeitas a controle e		
fiscalização a partir de 1 (um)		
grama ou 1 (um) mililitro		
Os produtos químicos	065	Formiato De Amônio
constantes desta lista estão		
sujeitos a controle e fiscalização		
a partir de 1 (um) grama ou 1		
(um) mililitro, em concentração		
igual ou superior a 10%,		
inclusive quando se tratar de	066	Hidróxido De Amônio
importação, exportação ou		
reexportação”		
<hr/>		
	067	Anidrido Acético
	068	Borohidreto De Sódio
	069	Bromobenzeno
	070	Butilamina
	071	Cianoborohidreto De Sódio
	072	Cloreto De Amônio
Lista VI	073	Cloreto De Mercúrio Ii
	074	Cromato De Potássio
“Reagentes capazes de serem	075	Dicromato De Potássio
empregados na preparação de	076	Dicromato De Sódio
drogas, sujeitos a controle e	077	Dietilamina
fiscalização a partir de 1 (um)	078	Etilamina
grama ou 1 (um) mililitro, em	079	Feniletanolamina
concentração igual ou superior a	080	Formamida
1%.”	081	Fósforo Vermelho
	082	Hidreto De Lítio E Alumínio
	083	Hidroxilamina
	084	Metilamina
	085	Nitroetano
	086	N-Metilformamida
	087	Pentacloreto De Fósforo

	088	Permanganato De Potássio
	089	Acetato De Isoamila
	090	Acetato De Isobutila
	091	Acetato De Isopropila
	092	Acetato De N-Butila
	093	Acetato De N-Propila
	094	Acetato De Sec-Butila
	095	Ácido Orto-Fosfórico
	096	Aguarrás Mineral E Qualquer Outro Produto Similar, À Base De Mistura De Hidrocarbonetos Alifáticos
	097	Álcool Etilico
	098	Álcool Isobutílico
	099	Álcool Isopropílico
	100	Álcool Metílico
	101	Álcool N-Butílico
	102	Álcool N-Propílico
	103	Álcool Sec-Butílico
	104	Amônia
	105	Benzaldeido
	106	Benzeno
	107	Bicarbonato De Sódio
	108	Carbonato De Cálcio
	109	Carbonato De Sódio
	110	Carbonato De Potássio
	111	Carvão Ativado
	112	Cianeto De Benzila
	113	Cianeto De Bromobenzila
	114	Cicloexano
	115	Cicloexanona
	116	Cimento Portland Ou Do Tipo Portland
	117	Cloreto De Acetila
	118	Cloreto De Alumínio
	119	Cloreto De Benzila
	120	Cloreto De Cálcio (Anidro)
	121	Diacetona Álcool
	122	Dióxido De Manganês
	123	Éter De Petróleo
	124	Gasolina
	125	Hidróxido De Cálcio
	126	Hidróxido De Potássio
	127	Hidróxido De Sódio
	128	Hipoclorito De Sódio
	129	Metabissulfito De Sódio
	130	Metilisobutilcetona
	131	N-Heptano
	132	N-Hexano
	133	Óleo Diesel
	134	Óxido De Cálcio
	135	Óxido De Manganês
	136	Peróxido De Hidrogênio
	137	Piridina
	138	Propiofenona
	139	Querosene
	140	Sulfato De Sódio (Anidro)
	141	Tetracloroetileno
	142	Tetrahidrofurano
	143	Tricloroetileno
	144	Uréia
	145	Xilenos (Isômero Orto, Meta, Para E Misturas).

Fonte: adaptado de portaria MJSP Nº 204/2022 - Anexo I - lista de produtos químicos controlados.

ANEXO 5 – Substâncias que podem ser mandadas diretamente para incineração ou aterro segundo a CETESB

Quadro 4 - Substâncias recomendadas para disposição direta em aterro para produtos químicos perigosos

Substâncias de A - F	Substâncias de F - O	Substâncias de P - T
ARSENATO DE ZINCO	FLUORETO DE CHUMBO	PENTÓXIDO DE VANÁDIO
ASFALTO	FLUORSILICATO DE AMÔNIO	PERCLORATO DE BÁRIO
ASFALTO - RESÍDUO	FLUORSILICATO DE SÓDIO	SULFATO DE BERÍLIO
CARBONATO DE BÁRIO	IODETO DE CHUMBO	SULFETO DE MERCÚRIO
CARVÃO	IODETO DE COBRE	TRIÓXIDO DE ANTIMÔNIO
CARVÃO ATIVADO	LACTATO DE AMÔNIO	TRIÓXIDO DE MOLIBDÊNIO
CLORETO MERCUROSO	MONÓXIDO DE CHUMBO	TRISSULFETO DE ARSÊNIO
DICLORODIFLUORMETANO	ÓXIDO DE BERÍLIO	
FLUORETO DE CÁLCIO	ÓXIDO DE MERCÚRIO	

Fonte: CETESB, 2010

Quadro 5 - Substâncias recomendadas para disposição direta em incinerador para produtos químicos perigosos

Substâncias de I - C	Substâncias de C - H	Substâncias de H - X
1,1-DIMETILHIDRAZINA	CICLOHEXANO	HIDROQUINONA
1,2 DICLOROETILENO	CICLOHEXANOL	ISOBUTILAMINA
1,2-DICLOROPROPANO	CICLOHEXANONA	ISOBUTIRALDEÍDO
1,3-DICLOROPROPENO	CICLOHEXILAMINA	ISOBUTIRONITRILA
1,4-BUTANODIOL	CICLOPENTANO	ISOCIANATO DE POLIMETILENO E POLIFENILA
1,4-BUTENODIOL	CICLOPROPANO	ISODECALDEÍDO
1,4-DIOXANO	CIMENO	ISOFORONA
1-DECENO	CITRATO DE AMÔNIO	ISOHEXANO
1-DODECENO	CLORDANO	ISOPENTANO
1-HEPTENO	CLORETO DE ACETILA	ISOPRENO
1-HEXENO	CLORETO DE ALILA	ISOPROPANOLAMINA
1-NAFTILAMINA	CLORETO DE AMILA	ISOPROPENILBENZENO
1-NONENO	CLORETO DE ANISOÍLA	ISOPROPILAMINA
1-OCTENO	CLORETO DE BENZILA	ISOPROPILMERCAPTANA
1-PENTENO	CLORETO DE BENZILTRIMETILAMÔNIO	LACTATO DE ETILA
1-TRIDECENO	CLORETO DE BENZOÍLA	LAURILMERCAPTANA
1-UNDECENO	CLORETO DE CLOROACETILA	LINDANO
2,4-DICLOROFENOL	CLORETO DE ETILA	MALATION
2,4-DINITROANILINA	CLORETO DE FENILHIDRAZINA	m-DINITROBENZENO

2,4-DINITROFENOL	CLORETO DE HEXADECILTRIMETILAMÔNIO	METACRILATO DE BUTILA
2,4-DINITROTOLUENO	CLORETO DE METALILA	METACRILATO DE ETILA
2,4-DINITROTOLUENO FUNDIDO	CLORETO DE VINILA	METACRILATO DE HIDROXIPROPILA
2-ETIL-3-PROPILACROLEÍNA	CLORETO DE VINILIDENO	METACRILATO DE METILA
2-ETILBUTANOL	CLOROACETATO DE ETILA	METACRILATO GLICÍDICO
2-ETILHEXANOL	CLOROACETOFENONA	METILAL
2-NITROANILINA	CLOROANILINA	METILAMINA ANIDRA
4-CLOROBUTIRONITRILA	CLOROBENZENO	METILAMINA SOLUÇÃO
4-NITROANILINA	CLOROFORMIATO DE ALILA	METILATO DE SÓDIO
ACETALDEÍDO	CLOROFORMIATO DE BENZILA	METILBUTILCETONA
ACETATO DE AMILA	CLOROFORMIATO DE ETILA	METILCICLOPENTANO
ACETATO DE AMÔNIO	CLOROFORMIATO DE METILA	METILETILCETONA
ACETATO DE ÉTER MONOBUTÍLICO DE ETILENOGLICOL	CLOROFÓRMIO	METILETILPIRIDINA
ACETATO DE ÉTER MONOBUTÍLICO DE ETILENOGLICOL	CLOROTOLUIDINAS	METILHIDRAZINA
ACETATO DE ÉTER MONOETÍLICO DE ETILENOGLICOL	COAL TAR-CREOSOTO	METILISOBUTILCARBINOL
ACETATO DE ETILA	COMBUSTÍVEL AUTOMOTOR	METILISOBUTILCETONA
ACETATO DE ISOBUTILA	CRESOL	METILMERCAPTANA
ACETATO DE ISOPROPILA	CROTONALDEÍDO	METILPARATION LÍQUIDO
ACETATO DE METILA	CUMENO	METILPARATION SÓLIDO
ACETATO DE METILAMILA	DDD	METILTRICLOROSSILANO
ACETATO DE n-BUTILA	DDT	METILVINILCETONA
ACETATO DE n-PROPILA	DALAPOM	METOXICLOR
ACETATO DE sec-BUTILA	DECABORANO	MORFOLINA
ACETATO DE VINILA	DECAHIDRONAFTALENO	NAFTA PETROQUÍMICA
ACETILACETONA	DECALDEÍDO	NAFTA SOLVENTE
ACETOACETATO DE ETILA	DECILBENZENO	NAFTALENO
ACETOFENONA	DEMETOM	NEOHEXANO
ACETONA	DIACETONA ÁLCOOL	NICOTINA
ACETONA CIANIDRINA	DIBROMOETILENO	NIQUELCARBONILA
ACETONITRILA	DIBUTILAMINA	NITRITO DE AMILA

ÁCIDO 2,4,5-TRICLOROFENOXIACÉTICO	DIBUTILCETONA	NITRITO DE ETILA
ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO	DIBUTILFENOL LÍQUIDO	NITROBENZENO
ÁCIDO ACÉTICO	DIBUTILFENOL SÓLIDO	NITROETANO
ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	Dibutilfenol Sólido	NITROMETANO
ÁCIDO ACRÍLICO	DIBUTILFTALATO	NITROPROPANO
ÁCIDO ADÍPICO	DICICLOPENTADIENO	n-METILANILINA
ÁCIDO BENZÓICO	DICLORETO DE ETILFOSFONOTIÓICO	NONANO
ÁCIDO BUTÍRICO	DICLOROBUTENO	NONANOL
ÁCIDO CACODÍLICO	DICLOROETANO	NONILFENOL
ÁCIDO CIANÍDRICO SOLUÇÃO	DICLOROFOSFATO DE ETILA	OCTANO
ÁCIDO CÍTRICO	DICLOROMETANO	OCTANOL
ÁCIDO CLOROACÉTICO LÍQUIDO	DIELDRIN	o-DICLOROBENZENO
ÁCIDO CLOROACÉTICO SÓLIDO	DIETANOLAMINA	OLEATO DE POTÁSSIO
ÁCIDO ESTEÁRICO	DIETILAMINA	OLEATO DE SÓDIO
ÁCIDO ETILENODIAMINA TETRACÉTICO	DIETILBENZENO	ÓLEO DE MAMONA
ÁCIDO FLUORSILÍCICO	DIETILENOGLICOL	ÓLEO DE OLIVA
ÁCIDO FÓRMICO	DIETILENOTRIAMINA	ÓLEO LUBRIFICANTE MINERAL
ÁCIDO FUMÁRICO	DIETILFTALATO	o-NITROFENOL
ÁCIDO GÁLICO	DIFENILAMINA	o-NITROFENOL
ÁCIDO ISOBUTÍRICO	DIISOBUTILCARBINOL	o-TOLUIDINA
ÁCIDO ISOFTÁLICO	DIISOBUTILCETONA	OXALATO DE AMÔNIO
ÁCIDO LÁCTICO	DIISOBUTILENO	OXALATO DE POTÁSSIO
ÁCIDO MALEICO	DIISOPROPANOLAMINA	OXALATO DE SÓDIO
ÁCIDO NITRILOTRIACÉTICO (E SAIS)	DIISOPROPILAMINA	ÓXIDO DE BUTILENO
ÁCIDO OLEICO	DIMETIL TEREFTÁLICO	ÓXIDO DE ETILENO
ÁCIDO OXÁLICO	DIMETILACETAMIDA	ÓXIDO DE MESITILA
ÁCIDO PERFLUOROOCETANO SULFONADO	DIMETILAMINA	ÓXIDO DE PROPILENO
ÁCIDO PIROGÁLICO	DIMETILFORMAMIDA	PARAFORMALDEÍDO
ÁCIDO PROPIONÍCO	DIMETILPOLISILOXANO	PARATION
ÁCIDO SALICÍLICO	DINITROCRESOL	p-CLOROFENOL
ÁCIDO SULFÚRICO RESIDUAL	DIOCTILFTALATO	p-DICLOROBENZENO
ÁCIDO TÂNICO	DIPENTENO	PENTAFLUOROBENZENO

ÁCIDO(S) ALQUILSULFÔNICO(S), SÓLIDO(S)	DIPRO PILENOGLICOL	PENTAFLOROFENOL
ÁCIDO(S) NAFTÊNICO(S)	DIPROPILAMINA	PENTADECANOL
ACRIDINA	DODECANOL	PENTAERITRITOL
ACRILAMIDA	DODECILBENZENO	PENTANO
ACRILATO DE 2- ETILHEXILA	DODECILSULFATO DE SÓDIO	PENTANÓIS
ACRILATO DE 2- HIDROXIETIL	DODECILTRICLOROSSILAN O	PENTASSULFETO DE FÓSFORO
ACRILATO DE BUTILA, ESTABILIZADO	DOWTHERM	PERCLOROMETILMERCAPT ANA
ACRILATO DE ETILA	ENDRIN LÍQUIDO	PERÓXIDO DE CICLOHEXANONA
ACRILATO DE HIDROXIPROPILA	ENDRIN SÓLIDO	PETROLATO
ACRILATO DE METILA	ENXOFRE	PIPERAZINA
ACRILONITRILA	ENXOFRE FUNDIDO	PIRIDINA
ACROLEÍNA ESTABILIZADA	EPICLORIDRINA	p-NITROFENOL
ACROLEÍNA INIBIDA	ESTIRENO	POLIBUTENO
ÁLCOOIS LINEARES	ETANO	POLIPROPILENO
ÁLCOOL ALÍLICO	ETANOLAMINA	POLIPROPILENOGLICOL
ÁLCOOL BENZÍLICO	ÉTER DIBUTÍLICO	PROPILENO GLICOL METIL ÉTER
ÁLCOOL DECÍLICO	ÉTER DIETÍLICO	PROPILENO, TETRÂMERO
ÁLCOOL ETÍLICO	ÉTER DIETÍLICO DE ETILENOGLICOL	PROPILENOGLICOL
ÁLCOOL FURFURÍLICO	ÉTER DIFENÍLICO	PROPILENOIMINA
ÁLCOOL GRAXO	ÉTER DIISOPROPÍLICO	PROPILMERCAPTANA
ÁLCOOL ISOAMÍLICO	ÉTER DIMETÍLICO DE DIETILENOGLICOL	PROPIONALDEÍDO
ÁLCOOL ISOBUTÍLICO	ÉTER DIMETÍLICO DE ETILENOGLICOL	p-terc-BUTILFENOL
ÁLCOOL ISOCTÍLICO	ÉTER HEPTABROMODIFENIL	QUEROSENE
ÁLCOOL ISOPROPÍLICO	ÉTER HEXABROMODIFENIL	QUINOLINA
ÁLCOOL METÍLICO	ÉTER METILCLOROMETÍLICO	RESORCINOL
ÁLCOOL MINERAL	ÉTER MONOBUTÍLICO DE DIETILENOGLICOL	sec-BUTILAMINA
ÁLCOOL n-BUTÍLICO	ÉTER MONOBUTÍLICO DE ETILENOGLICOL	SILICATO DE TETRAETILA
ÁLCOOL PROPÍLICO	ÉTER MONOETÍLICO DE DIETILENOGLICOL	SORBITOL
ÁLCOOL sec-BUTÍLICO	ÉTER MONOETÍLICO DE ETILENOGLICOL	SULFAMATO DE AMÔNIO
ÁLCOOL terc-BUTÍLICO	ÉTER MONOMETÍLICO DE DIETILENOGLICOL	SULFATO DE DIMETILA
ALDRIN LÍQUIDO	ÉTER MONOMETÍLICO DE ETILENOGLICOL	SULFATO DE HIDROXILAMINA

ALDRIN SÓLIDO	ÉTER PENTABROMODIFENIL	SULFETO DE DIMETILA
ALFA HEXAFLUOROCICLOHEX ANO	ÉTER TETRABROMODIFENIL	SULFOLANA
ALILTRICLOROSSILANO	ETILAMINA	SULFÓXIDO DE DIMETILA
AMIDA DE SÓDIO	ETILBENZENO	TARTARATO DE AMÔNIO
AMILMERCAPTANA	ETILENO	terc-BUTILAMINA
AMILMETILCETONA	ETILENO, LÍQUIDO REFRIGERADO	TEREBENTINA
AMILTRICLOROSSILAN O	ETILENOCLORIDRINA	TETRACLORETANO
AMINOETILETANOLAMI NA	ETILENODIAMINA	TETRACLORETO DE CARBONO
ANIDRIDO ACÉTICO	ETILENOGLICOL	TETRADECANOL
ANIDRIDO FTÁLICO	ETILENOGLICOL DIACETATO	TETRADECILBENZENO
ANIDRIDO MALEICO	ETILENOIMINA	TETRAETILENO GLICOL
ANIDRIDO PROPÍÔNICO	ETILHEXALDEÍDO	TETRAETILENOPENTAMIN A
ANILINA	ETILIDENONORBORNENO	TETRAHIDROFURANO
ARSENIATO DE CÁLCIO	ETILMERCAPTANA	TETRAHIDRONAFTALENO
BTX	ETILTRICLOROSSILANO	THIRAM
BENZALDEÍDO	FENILDICLOROARSINA	TIOSSULFATO DE AMÔNIO
BENZENO	FENOL FUNDIDO	TITANATO TETRABUTILA
BENZILAMINA	FENOL SÓLIDO	TOLUENO
BENZOATO DE AMÔNIO	FENOL SOLUÇÕES	TOLUENO 2, 4- DIISOCIANATO
BENZOFENONA	FORMALDEÍDO	TOXAFENO LÍQUIDO
BETA HEXAFLUOROCICLOHEX ANO	FORMALDEÍDO, SOLUÇÃO CONCENTRADA	TOXAFENO SÓLIDO
beta-PROPIOLACTONA	FORMIATO DE ETILA	TRICLOROETANO
BIFENILA POLICLORADA	FORMIATO DE METILA	TRICLOROETILENO
BISFENOL A	FOSFATO DE TRICRESILA	TRICLOROFENOL
BROMETO DE ACETILA	FURALDEÍDOS	TRICLOROFLUOROMETAN O
BROMETO DE ALILA	GÁS (ES) DE PETRÓLEO, LIQÜEFEITO (S)	TRICLOROSSILANO
BROMETO DE BENZILA	GASOLINA DE AVIAÇÃO	TRIDECANOL
BROMETO DE METILA	GLICERINA	TRITANOLAMINA
BROMOBENZENO	GLIOXAL	TRIETILAMINA
BRUCINA	GLUTARALDEÍDO	TRIETILBENZENO
BUTADIENOS, ESTABILIZADOS	HEPTACLOR	TRIETILENOGLICOL
BUTANO	HEPTANO	TRIETILENOTETRAMINA
BUTILAMINA	HEPTANOL	TRIMETILAMINA
BUTINODIOL	HEXAFLUOROBENZENO	TRIMETILCLOROSSILANO

BUTIRALDEÍDO	HEXAFLOROCICLOPENTADIENO	TRIPROPILENO
BUTIRATO DE ETILA	HEXALDEÍDO	TRIPROPILENOGLICOL
CANFENO	HEXAMETILENODIAMINA SÓLIDO	UNDECANOL
CAPROLACTAMA	HEXAMETILENODIAMINA SOLUÇÃO	URÉIA
CARBARIL LÍQUIDO	HEXAMETILENOIMINA	VALERALDEÍDO
CARBARIL SÓLIDO	HEXAMETILENOTETRAMINA	VINILTOLUENOS, ESTABILIZADOS
CARBONATO DE DIETILA	HEXANO	VINILTRICLOROSSILANO
CARENO	HEXANOL	XILENO (META)
CATECOL	HIDRAZIDA MALEICA	XILENO (ORTO)
CERA DE CARNAÚBA	HIDRAZINA SOLUÇÃO AQUOSA	XILENO (PARA)
CHUMBO TETRAETILA	HIDROPERÓXIDO DE CUMILA	XILENOL
CHUMBO TETRAMETILA	HIDROPERÓXIDO DE terc-BUTILA	

Fonte: CETESB, 2010.