COLEÇÃO

# APONTAMENTOS

CIÊNCIAS EXATAS,
DA TERRA E
ENGENHARIAS

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 1 23/08/2024 08:21

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

ANA BEATRIZ DE OLIVEIRA
Reitora

MARIA DE JESUS DUTRA DOS REIS
Vice-Reitora

WILSON ALVES-BEZERRA
Diretor da EdUFSCar

Raimundo Rafael Gamela
Diego Victor de Babos
Edenir Rodrigues Pereira Filho e
Fabiola Manhas Verbi Pereira

CONSELHO EDITORIAL
Claudia Maria Simões Martinez
Evandro Marsola de Moraes
Fábio Grigoletto
Gláucia Maria Dalfré
Luciana de Souza Gracioso
Petronilha Beatriz Gonçalves e Silva
Rejane Cristina Rocha
Sandra Regina Ceccato Antonini
Wilson Alves-Bezerra (Presidente)

EDUFSCar
SÃO CARLOS | 2024

# ASPECTOS BÁSICOS DE SEGURANÇA E DE TÉCNICAS NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA

## Uma abordagem educativa para docentes e estudantes do ensino superior

Editora da Universidade Federal de São Carlos
Via Washington Luís, km 235
13565-905 – São Carlos, SP, Brasil
Telefone: (16) 3351-8137
edufscar@ufscar.br
www.edufscar.com.br
Facebook: /editora.edufscar
Instagram: @edufscar

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 3 23/08/2024 08:21

© 2024, Raimundo Rafael Gamela, Diego Victor de Babos, Edenir Rodrigues Pereira Filho e Fabiola Manhas Verbi Pereira

**Preparação e revisão de texto**
Marcelo Dias Saes Peres
Andresa Ferreira
Maria Luiza Ribeiro Buzian

**Diagramação**
Jenifer Nascimento Amaral
Marcela Rauter de Oliveira
Vanessa Aparecida de Oliveira

**Editoração eletrônica**
Jenifer Nascimento Amaral

**Coordenadoria de administração, finanças e contratos**
Fernanda do Nascimento

A838 Aspectos básicos de segurança e de técnicas no laboratório de Química: uma abordagem educativa para docentes e estudantes do ensino superior / Raimundo Rafael Gamela ... [et al.].
São Carlos : EdUFSCar, 2024.
76 p. (Série Apontamentos).

ISBN –

1. Química. 2. Ensino de química. 3. Química analíticas. 4. Segurança em laboratório. 5. Relatório de experimentos. I. Título.

CDD – 540 (20ª)

Raimundo Rafael Gamela é docente no Instituto Superior Politécnico de Gaza (ISPG) em Moçambique, África.
Diego Victor de Babos é professor adjunto no Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).
Edenir Rodrigues Pereira Filho é professor titular da UFSCar no Departamento de Química, campus São Carlos.
Fabiola Manhas Verbi Pereira é professora associada (MS 5.3) no Instituto de Química (IQ/CAr) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* Araraquara.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma e/ou quaisquer meios (eletrônicos ou mecânicos, incluindo fotocópia e gravação) ou arquivada em qualquer sistema de dados sem permissão escrita da editora.

# AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a esta publicação; ao Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* de Araraquara, pelo apoio à publicação; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas produtividades, processos n. 302085/2022-0 e 302719/2020-2, e às Sras. Valéria Aparecida Moreira Novelli e Débora Marroco Ninin, bibliotecárias do Instituto de Química da Unesp, pela padronização das referências e orientações relevantes sobre as normas ABNT para livros.

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 6 23/08/2024 08:21

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1** Laboratório de química típico com bancadas e equipamentos ..... 21

**Figura 2** Estudante realizando uma etapa de pipetagem no laboratório ..... 21

**Figura 3** Sinalização do ponto de encontro de emergência ..... 22

**Figura 4** Tipos de pipetadores em uso no laboratório: (a) borracha para pipetas graduadas ou volumétricas; (b) pi-pump para pipetas graduadas ou volumétricas; e (c) micropipeta automática utilizada com ponteiras de plástico. ..... 23

**Figura 5** Ilustração de um chuveiro de segurança ..... 24

**Figura 6** Ilustração de um lava-olhos ..... 24

**Figura 7** Sinal de proibição de consumo de alimentos em laboratório ..... 25

**Figura 8** Reagentes incompatíveis com o $HNO_3$ concentrado e o peróxido de hidrogênio 3% ..... 28

**Figura 9** Exemplo de rotulagem para o hidróxido de sódio ..... 29

**Figura 10** Principais pictogramas do sistema globalmente harmonizado (GHS) usados na rotulagem de produtos químicos perigosos ..... 30

**Figura 11** Fluxograma geral das etapas de tratamento dos resíduos químicos gerados ..... 34

**Figura 12** Diagrama de Hommel utilizado para a classificação/identificação dos resíduos químicos ..... 35

**Figura 13** Exemplo de rótulo de identificação dos resíduos gerados ..... 36

**Figura 14** Estudante manuseando um bico de Bunsen ..... 39

**Figura 15** Ilustração de uma pinça ..... 40

**Figura 16** Aquecimento de recipientes fechados não é recomendado ..... 40

**Figura 17** Itens básicos para primeiros socorros em situação de emergência ..... 41

**Figura 18** Sinalização de saída de emergência ..... 42

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 7 23/08/2024 08:21

**Figura 19** Extintores para diferentes classes de fogo ..... 43

**Figura 20** Tubos de ensaio em suporte específico ..... 45

**Figura 21** Vidro de relógio com material sólido ..... 45

**Figura 22** Copos de béquer de diferentes capacidades volumétricas ..... 46

**Figura 23** Placa de Petri ..... 46

**Figura 24** Almofariz e pistilo de cerâmica ..... 47

**Figura 25** Frascos de Erlenmeyer de diferentes tamanhos ..... 47

**Figura 26** Provetas de diferentes capacidades volumétricas ..... 48

**Figura 27** Pipeta graduada ..... 48

**Figura 28** Pipetas volumétricas de diferentes capacidades ..... 49

**Figura 29** Balão volumétrico de 250 mL ..... 49

**Figura 30** Preparo do papel de filtro para uso em funil cônico: (a) dobre o papel ao meio; (b) em seguida, dobre novamente o papel de filtro ao meio; (c) rasgue um canto de uma das faces para permitir uma melhor acomodação do papel de filtro ao funil; e (d) abra a face que não foi rasgada ao encaixar o papel de filtro no funil ..... 51

**Figura 31** Equipamento para a limpeza de vidrarias utilizando vapor de $HNO_3$ concentrado. As vidrarias no interior do recipiente devem ser posicionadas de ponta-cabeça ..... 58

**Figura 32** Aparato montado para o monitoramento do pH da amostra de vinagre. Com a finalidade de encobrir o eletrodo de pH, deve ser adicionada quantidade de água destilada ..... 64

**Figura 33** Curva de titulação de uma amostra de vinagre com uma solução padronizada de NaOH 0,100 mol/L ..... 65

**Figura 34** Gráfico de Gran para os pontos de descendência (linha e círculos azuis) e de ascendência (linha e círculos vermelhos) ..... 68

# LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** Informações sobre alguns indicadores ácido-base comumente utilizados em titulações..... 62

**Tabela 2** Tabela de IVE para a região 1 (antes da adição da solução de NaOH).....66

**Tabela 3** Tabela de IVE para a região 2 (formação da solução-tampão) .....66

**Tabela 4** Valores de pH, Δ volume (mL), Δ pH e Gran nos volumes de NaOH próximos ao ponto final da titulação (inflexão da Figura 33)..... 67

**Tabela 5** Tabela de IVE para a região 4 (excesso da solução de NaOH).....69

**Tabela 6** Sugestão de tópicos para a preparação de um relatório de experimento .....71

# QUADRO

**Quadro 1** Classificação do fogo e símbolos..... 44

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BPL** Boas Práticas de Laboratório

**CAPES** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CAS** Chemical Abstract Service

**CONAMA** Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DGR/UFSCar** Departamento de Gestão de Resíduos da Universidade Federal de São Carlos

**EMBRAPA** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**EPI** Equipamentos de proteção individual

**FDS** Ficha com Dados de Segurança

**FISPQ** Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos

**GHS** Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals

**ICP-MS** Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

**IVE** Início, Variação e Equilíbrio

**M.M.** Massa Molar

**MSDS** Material Safety Data Sheet

**NFPA** National Fire Protection Association

**NBR** Norma Brasileira

**P.A.** Para Análise

**UNECE** United Nations Economic Commission for Europe

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 11 23/08/2024 08:21

# SUMÁRIO


**APRESENTAÇÃO ..... 15**

**1. INTRODUÇÃO ..... 17**

**2. SEGURANÇA EM LABORATÓRIO DE QUÍMICA ..... 19**

2.1 LABORATÓRIO DE QUÍMICA E SUA IMPORTÂNCIA NO ENSINO SUPERIOR ..... 19

2.2 REGRAS BÁSICAS DE SEGURANÇA NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA ..... 19

**3. REAGENTES QUÍMICOS ..... 27**

3.1 ARMAZENAMENTO ..... 27

3.2 RÓTULOS DAS EMBALAGENS DE PRODUTOS QUÍMICOS ..... 28

3.3 RESÍDUOS GERADOS EM UM LABORATÓRIO DE QUÍMICA ..... 32

3.4 COLETA, ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ..... 34

3.5 INCÊNDIO NO LABORATÓRIO ..... 38

3.5.1 Procedimentos de emergência ..... 38

3.5.2 Classe do fogo ..... 42

**4. MATERIAIS DE USO LABORATORIAL E APLICAÇÕES ..... 45**

4.1 PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES ..... 50

4.2 PREPARO DE SOLUÇÃO DE UM SAL ..... 50

4.2.1 Materiais ..... 50

4.2.2 Procedimento ..... 50

4.3 PREPARO DE SOLUÇÃO DILUÍDA DE UMA BASE FORTE – NaOH ..... 52

4.4 PREPARO DE SOLUÇÃO DILUÍDA DE UM ÁCIDO FORTE – HCl ..... 52

**5. LIMPEZA E DESCONTAMINAÇÃO DE VIDRARIAS. ..... 55**

5.1 IMPORTÂNCIA DA LIMPEZA DE VIDRARIAS ..... 55

5.2 BANHOS ÁCIDOS ..... 55

5.3 SOLUÇÕES ESPECIAIS ..... 56

5.4 EQUIPAMENTOS ESPECIAIS PARA A LIMPEZA DE VIDRARIAS ..... 57

**6. EXPERIMENTO QUÍMICO ..... 59**

6.1 EXEMPLO DE EXPERIMENTO DIDÁTICO EM QUÍMICA ANALÍTICA ..... 59

6.2 PRIMEIRA ETAPA ..... 60

6.3 SEGUNDA ETAPA ..... 63

6.4 PROPOSTA DE RELATÓRIO DE UM ENSAIO QUÍMICO ..... 70

**REFERÊNCIAS ..... 73**


Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 13 23/08/2024 08:21

# APRESENTAÇÃO

As atividades desempenhadas em grupo ou individuais em um laboratório de ensino constituem peça fundamental no estímulo de capacidades e habilidades técnicas, da autonomia no planejamento e no desenvolvimento. Os laboratórios de química, tanto de pesquisa quanto de ensino, constituem um espaço para conectar dois universos de aprendizagem, o teórico e o prático. Embora seja um espaço de produção efetiva de conhecimentos, os ambientes de laboratórios são caracterizados por apresentarem especificidades, particularmente no que concerne à segurança dos usuários, dos equipamentos e das instalações. A consciência coletiva sobre a segurança ocupacional é o fundamento primário para minimizar os riscos que envolvem as atividades laboratoriais.

Uma abordagem educativa sobre segurança e aspectos técnicos de laboratórios de química é primordial para garantir a realização adequada de atividades experimentais em ensino e pesquisa. Nesta obra é discorrido um conjunto de termos, conteúdos teóricos e práticos com o propósito de auxiliar e estimular a conscientização sobre segurança. Além disso, é mostrado um exemplo simples de experimento envolvendo equilíbrio ácido-base e uma sugestão de modelo para preparação de relatório de experimentos.

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 15 23/08/2024 08:21

# 1. INTRODUÇÃO

O laboratório é um ambiente de aprendizagem que proporciona excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas próprias hipóteses sobre fenômenos científicos, planejem ações e as executem de forma a produzir resultados confiáveis.[1]

Nesse contexto, em um laboratório de química, é importante que os estudantes adquiram e vivenciem o manuseio de instrumentos, conheçam suas aplicações, contribuindo para a curiosidade e estimulando o contato com a ciência. Além disso, nesse espaço são promovidos subsídios para os estudantes aprenderem técnicas e associarem a teoria à prática, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades que poderão ser utilizadas em pesquisas científicas e atividades na indústria. O propósito é que o estudante consiga aprender a observar e interpretar experimentos com objetividade, acurácia, lógica, confiança, perseverança, satisfação e responsabilidade.[2]

Os experimentos realizados em laboratórios são primordiais nos cursos de química, tanto que docentes e elaboradores da estrutura curricular tendem a considerá-los como parte necessária e integral do ensino de ciências. A utilização do laboratório como um local para gerar discussões sobre conceitos químicos permite a interação de estudantes e docentes, exercitando a criatividade, cooperação e senso crítico. Além disso, é importante que o experimento promova a busca por soluções novas e menos dispendiosas quando comparadas aos métodos tradicionais.[3]

No entanto, nos laboratórios de ensino ou de pesquisas, os espaços e mobiliários podem não ser totalmente adequados, comprometendo a logística das atividades. Outra questão envolvida é a falta de equipamentos de proteção individual (EPI). Como consequência, incontáveis são os riscos de acidentes que podem ser provocados.[4] Além disso, todos os envolvidos na utilização de um laboratório necessitam receber treinamento, tanto no início das atividades, como ao longo dos anos, sobre normas e procedimentos de segurança.[5]

Neste *e-book*, os autores pretendem, de forma educativa, transmitir a importância do laboratório de química no ensino superior. Para além, espera-se que os leitores compreendam a importância sobre conhecer e seguir procedimentos seguros, como o uso de equipamentos de segurança, manipulação de reagentes, limpeza de vidrarias e materiais e ações iniciais a serem tomadas em casos de emergência.

1 Rodrigues *et al*. (2021), Parreira e Dickman (2020).

2 Macêdo *et al*. ([2010] 2023).

3 *Ibid*.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (2019), Alberguini, Silva e Rezende (2005).

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (2019).

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 18 23/08/2024 08:21

# 2. SEGURANÇA EM LABORATÓRIO DE QUÍMICA

Nesta seção serão discutidos alguns aspectos importantes sobre segurança no laboratório de química. Além disso, serão abordados pontos relacionados aos equipamentos de segurança e à importância do trabalho em equipe para a troca de experiências, bem como para possibilitar a correlação entre a teoria e a prática.

## 2.1 LABORATÓRIO DE QUÍMICA E SUA IMPORTÂNCIA NO ENSINO SUPERIOR

O surgimento do laboratório para o ensino de química apresenta como objetivo principal estabelecer uma relação direta entre o que está sendo aprendido na teoria e a prática.[6]

No entanto, o uso de laboratório pode ser expandido quanto ao processo de aprendizagem, apresentando também importância para o aprimoramento do raciocínio lógico. Além disso, permite estimular o envolvimento de estudantes, para compreender etapas de investigação, no qual será permitido observar, formular hipóteses, realizar experimentos empregando equipamentos ou instrumentos específicos para cada tipo de situação e, consequentemente, analisar resultados para a tomada de decisões.[7]

Portanto, as aulas práticas laboratoriais no ensino superior são de caráter obrigatório para as ciências experimentais, como exemplos biologia, física e química, ocorrendo diferenças relacionadas com a estruturação e logística do laboratório.

Um dos principais desafios relacionados ao uso de um laboratório é a segurança e o manuseio de equipamentos ou materiais. No que diz respeito à segurança, esta é considerada primordial, e a responsabilidade é de todos os envolvidos: docentes, estudantes e técnicos.

## 2.2 REGRAS BÁSICAS DE SEGURANÇA NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA

Segurança em laboratório pode ser definida como ações que visam garantir que todas as atividades desempenhadas nesse espaço sejam desenvolvidas com atitudes responsáveis.[8]

É importante ressaltar que, ao trabalhar em um laboratório químico, os usuários precisam estar cientes que frequentemente entrarão em contato com materiais e instrumentação potencialmente perigosos. Desta forma, é imprescindível que recebam treinamento para garantir que a utilização

6 Silva (2016).

7 Parreira e Dickman (2020).

8 Del Pino e Krüger (1997).

e o armazenamento de produtos químicos, assim como o manuseio de instrumentos, sejam efetuados de forma adequada e consciente.

Para garantir o desenvolvimento seguro das atividades no laboratório de química, é importante que sejam seguidas regras básicas como as descritas a seguir:[9]

a) Use sempre: sapatos fechados, calças compridas, avental limpo, em bom estado (sem rasgos), preferencialmente de cor branca, em tecido de algodão, luvas e óculos de proteção. A Figura 1 mostra um típico laboratório da área de química. Cabelos compridos devem ser devidamente presos. O uso de óculos de proteção é necessário e indispensável, principalmente quando houver riscos na formação de vapores ou respingos. Os óculos de segurança constituem os equipamentos de proteção individual (EPI). Já luvas e avental estão relacionados às boas práticas de laboratório (BPL);

**Figura 1** Laboratório de química típico com bancadas e equipamentos.
Fonte: elaboração própria.

b) Nunca trabalhe sozinho. É importante que esteja acompanhado para garantir que, em caso de necessidade ou emergência, tenha alguém por perto para auxiliar. A Figura 2 mostra um estudante realizando uma etapa de pipetagem de solução em um laboratório;

9 Del Pino e Krüger (1997), Mateus e Rio (2021), Técnico Lisboa ([2021] 2023).

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 20 23/08/2024 08:21

**Figura 2** Estudante realizando uma etapa de pipetagem no laboratório.
Fonte: elaboração própria.

c) É importante que todos conheçam e identifiquem as saídas de emergência e que a localização dos extintores de incêndio seja acessível. A Figura 3 mostra um exemplo de sinalização do ponto de encontro em caso de emergência;

**Figura 3** Sinalização do ponto de encontro em caso de emergência.
Fonte: elaboração própria.

d) Em uma aula prática no laboratório de química é recomendável que se divida a turma em grupos (entre 3 e 4 pessoas/grupo), dependendo do número de estudantes existentes, para permitir circulação de ar e proporcionar um melhor gerenciamento do local e das pessoas. Além disso, fomenta o trabalho em equipe;

e) Antes de manusear qualquer reagente químico, é importante ler atentamente o rótulo para verificar os riscos associados. Lembre-se de que os riscos básicos são por: inalação, absorção cutânea e ingestão;

f) A preparação de soluções e amostras e a manipulação de ácidos devem ser feitas numa capela de exaustão de gases para garantir a segurança do usuário. Adicionalmente, é expressamente proibido provar ou cheirar soluções ou produtos químicos dentro ou fora do laboratório;

g) Nunca pipetar quaisquer reagentes diretamente com a boca. Use sempre pipetadores, conforme mostra a figura 4

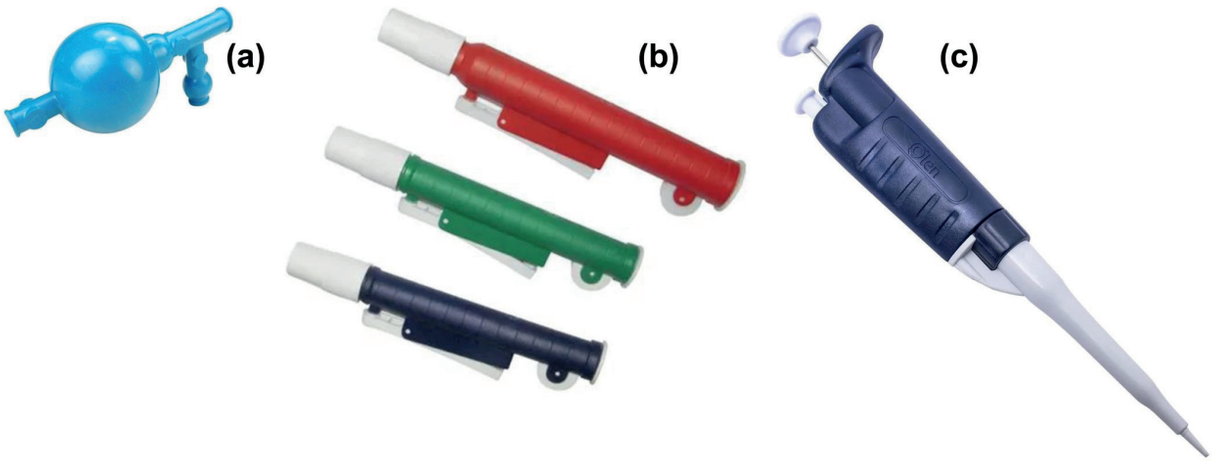


**Figura 4** Tipos de pipetadores em uso no laboratório: (a) borracha para pipetas graduadas ou volumétricas; (b) pi-pump para pipetas graduadas ou volumétricas; e (c) micropipeta automática utilizada com ponteiras de plástico.
Fonte: elaboração própria.

h) É importante haver um chuveiro de segurança instalado ou um banheiro com chuveiro, e que seja de fácil acesso, incluindo o lava-olhos, para que se use em casos de derramamento de produtos químicos, como mostrado nas figuras 5 e 6. Periodicamente

é recomendado que o chuveiro e o lava-olhos sejam acionados, para assim evitar o acúmulo de contaminantes provenientes do ambiente de laboratório;

**Figura 5** Ilustração de um chuveiro de segurança.
Fonte: elaboração própria.

**Figura 6** Ilustração de um lava-olhos.
Fonte: elaboração própria.

i) Não comer, beber ou fumar no laboratório. É importante lembrar que é um local de trabalho com potencial risco de contaminação por substâncias químicas. Desta forma, é expressamente proibido realizar refeições no interior do laboratório. Devem ser colocadas placas de orientação sobre isso no interior e na parte externa próximo à porta de entrada, conforme mostrado na Figura 7;

**Figura 7** Sinal de proibição de consumo de alimentos em laboratório.
Fonte: elaboração própria.

j) A bancada de trabalho precisa sempre estar organizada e limpa, com acesso fácil aos materiais de trabalho para garantir a segurança e evitar erros ou confusões que podem causar acidentes;

k) Lembre que o celular e outros dispositivos que desviem a atenção precisam ser evitados durante o trabalho em um laboratório de química;

l) Sempre que houver resíduos, é importante que sejam colocados em frascos apropriados e identificados, de acordo com a periculosidade e natureza, para posterior tratamento e/ou descarte adequado;

m) É importante que periodicamente seja efetuada a limpeza dos laboratórios, dependendo da organização, complexidade e estrutura do local, tendo como destaque o piso e as bancadas. A limpeza poderá ser efetuada somente por equipe treinada.

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 24 23/08/2024 08:21

# 3. REAGENTES QUÍMICOS

O emprego de reagentes químicos é inerente a qualquer experimento do ensino de química. Assim, nesta seção serão abordados assuntos relacionados ao armazenamento, rotulagem e aspectos importantes sobre segregação, armazenamento e tratamento de resíduos gerados.

## 3.1 ARMAZENAMENTO

O armazenamento de reagentes ou produtos químicos exige especial atenção e diversos cuidados no local de depósito (almoxarifado). Além disso, é importante a manutenção e o controle de estoque. Portanto, uma das perguntas mais importantes que deve ser feita quando se menciona laboratório de química é: onde estocar ou armazenar os reagentes químicos? A resposta correta para esta pergunta é no almoxarifado, isto é, o laboratório de ensino, assim como o de pesquisa, não pode ser utilizado para o armazenamento de reagentes químicos que não são usados rotineiramente. Nesses locais é recomendado que seja mantido apenas o indispensável para o consumo cotidiano e de curta duração.

No entanto, para a estocagem de reagentes no almoxarifado, alguns aspectos devem ser considerados, tais como: temperatura do ambiente, controle e identificação de possíveis fontes de ignição, ventilação, segregação de reagentes incompatíveis e identificação. Portanto, para o armazenamento correto é necessário consultar as fichas de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ).[10] Caso não exista possibilidade de consulta da FISPQ, o responsável do laboratório (pesquisa ou ensino) deve elaborar um documento semelhante, que deve conter informações sobre a utilização, manipulação e disposição dos reagentes. Tais informações devem estar acessíveis e serem divulgadas para todas as pessoas que desempenham atividades no laboratório.

A Figura 8 mostra as incompatibilidades para o ácido nítrico ($HNO_3$) concentrado e o peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) 3%. O $HNO_3$, por exemplo, é incompatível com os ácidos acético, crômico, anilina, líquidos e gases inflamáveis. Mais informações sobre incompatibilidades desses dois reagentes e de outros comumente encontrados em laboratório podem ser visualizadas em link para lista de incompatibilidades.[11]

10 Fiocruz ([199-] 2023.

11 Técnico Lisboa ([2021] 2023).

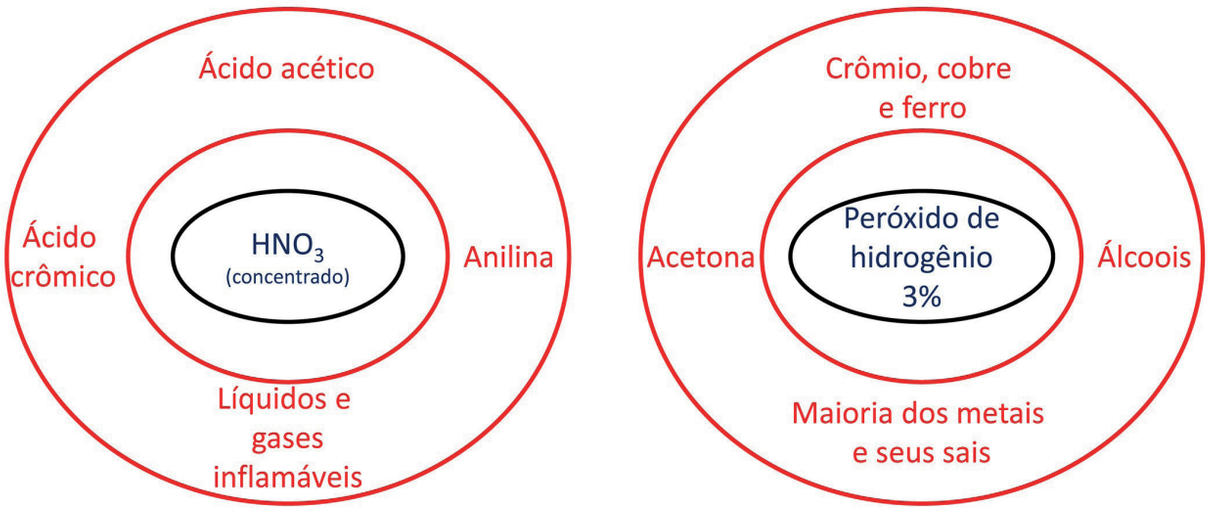


**Figura 8** Reagentes incompatíveis com o $HNO_3$ concentrado e o $H_2O_2$ 3%.
Fonte: elaboração própria.

## 3.2 RÓTULOS DAS EMBALAGENS DE PRODUTOS QUÍMICOS

A identificação correta das substâncias químicas presentes em um laboratório é fundamental para a segurança do analista, o armazenamento e o descarte apropriados delas. Além disso, pode ajudar a evitar diversos acidentes, principalmente aqueles relacionados à incompatibilidade entre as substâncias, que podem acarretar a geração de produtos tóxicos e até explosões (Figura 8). Adicionalmente, esse cuidado auxilia a manutenção e a utilização apropriadas dos materiais e equipamentos, tais como vidrarias, acessórios, nebulizadores, entre outros. Assim, a identificação da substância química deve ser clara e de fácil visualização por meio de rótulos, que devem conter informações de risco de perigo químico. A rotulagem pode auxiliar também na minimização dos acidentes relacionados ao meio ambiente e à saúde humana durante o uso.

Tanto no âmbito internacional como no nacional existem diversas normalizações específicas para a rotulagem dos produtos químicos. Estas normativas estabelecem informações quanto à segurança e à classificação desses produtos para a correta rotulagem. No Brasil, por exemplo, são três as normalizações:

a) Norma Brasileira NBR14725, aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): é uma normalização que estabelece critérios referentes às informações sobre questões de segurança, saúde e meio ambiente relacionadas a produtos químicos;[12]

12 ABNT (2023).

b) Norma Regulamentadora 26: é uma norma que estabelece informações sobre a proteção dos usuários contra os efeitos nocivos dos produtos químicos;[13]

c) Sistema Globalmente Harmonizado (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS): é um sistema global adotado por várias legislações internacionais para identificar e classificar produtos químicos.[14]

Um rótulo adequado deve conter fundamentalmente: o nome da substância química, a fórmula química, a pureza, massa ou volume do reagente, o identificador numérico exclusivo atribuído ao produto químico pelo Chemical Abstract Service (CAS), a massa molar e o pictograma, que mostra graficamente informações específicas de perigo ou de segurança do reagente. Além disso, é importante trazer: o número do lote, datas de fabricação e de validade, identificação da empresa que o produz e/ou comercializa, identificação do químico responsável, número de contato para casos de emergência, frases de precaução e perigo, palavra de advertência, entre outras informações.[15]

Observe a necessidade de uma série de informações que devem estar descritas no rótulo de um produto químico para que o gerenciamento dele seja realizado de forma correta. A Figura 9 ilustra um exemplo de rótulo para o hidróxido de sódio (NaOH), muito empregado no preparo de soluções alcalinas nos laboratórios de ensino de química.

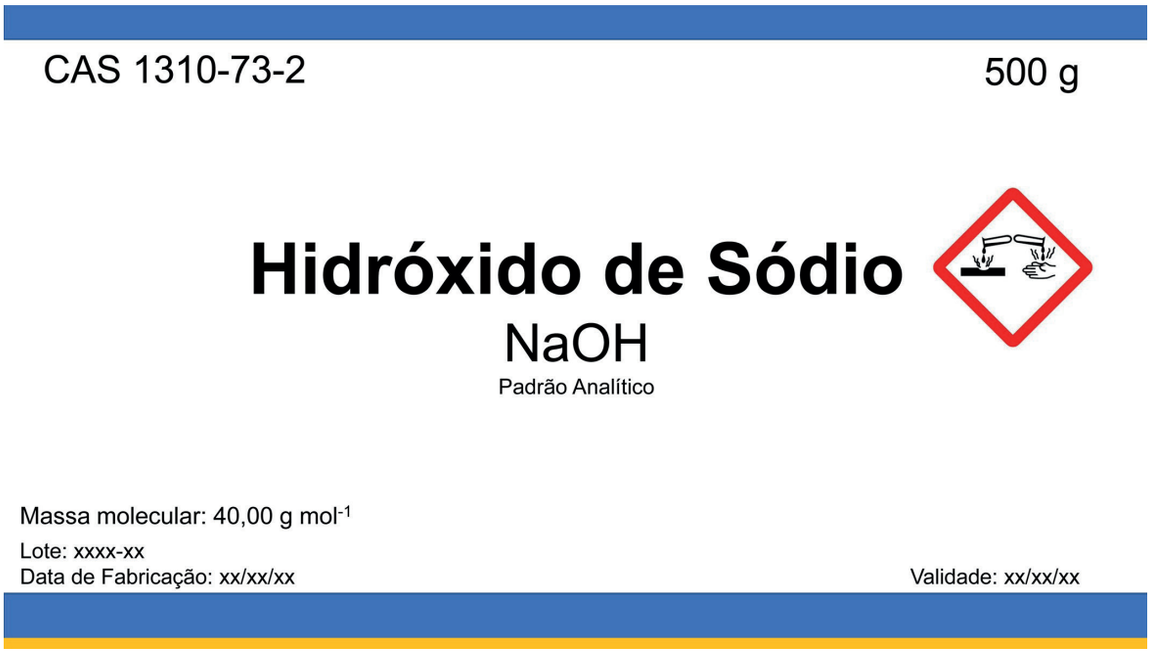


**Figura 9** Exemplo de rotulagem para o hidróxido de sódio.
Fonte: elaboração própria.

13 Brasil (2022).
14 United Nations ([2021] 2023).
15 ABNT (2023).

Os rótulos de substâncias químicas perigosas apresentam pictogramas específicos para a identificação da periculosidade intrínseca de cada produto. A correta rotulagem e o reconhecimento desses pictogramas são importantes na manipulação de reagentes, evitando acidentes. Na Figura 10 são ilustrados os principais pictogramas do GHS, usados para as substâncias químicas perigosas e seus significados.[16] Uma determinada substância química pode apresentar em seu rótulo mais de um pictograma. Por exemplo, o ácido fluorídrico (HF), padrão analítico, deve conter dois pictogramas referentes a tóxico e corrosivo.

Entretanto, quais são as características necessárias da substância química que possibilitam classificá-la como uma substância oxidante e/ou tóxica? No site da United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) é disponibilizado um material do GHS, que traz essas definições e informações detalhadas e muito úteis para responder a esse questionamento.[17] A seguir descrevemos as considerações gerais dos nove principais pictogramas preconizados pelo GHS para substâncias perigosas (Figura 10):

a) Corrosivo: substância química ou mistura que pode levar à lesão na pele (reversível ou irreversível) e também à corrosão de materiais (principalmente metais);

**Figura 10** Principais pictogramas do sistema globalmente harmonizado (GHS) usados na rotulagem de produtos químicos perigosos.
Fonte: elaboração própria.

16 United Nations ([2021] 2023).
17 *Ibid.*

b) Cuidado: atenção com substâncias que podem ser nocivas caso sejam ingeridas, inaladas ou tenham contato com a pele;

c) Explosivo: uma substância ou mistura explosiva (sólida ou líquida) que de maneira espontânea, por reação química, pode desprender gases a uma temperatura, pressão e velocidade tal, causando danos ao seu entorno;

d) Gás sob pressão: substância química sob pressão (comprimido, liquefeito, dissolvido, refrigerado) que pode explodir se aquecida, ou quando refrigerada pode provocar queimaduras criogênicas;

e) Inflamável: substâncias químicas líquidas, sólidas ou gases que sejam inflamáveis;

f) Oxidante: substâncias químicas que podem liberar oxigênio e assim provocar ou favorecer a combustão de outras substâncias;

g) Poluente: substâncias químicas que causam danos ao meio ambiente, principalmente aquelas relacionadas à toxicidade nos organismos aquáticos;

h) Tóxico: substâncias químicas que podem levar à morte caso sejam ingeridas, inaladas ou tenham contato com a pele;

i) Danos à saúde: substâncias que causam sensibilidade respiratória, mutagenicidade, substâncias carcinogênicas e danos a diferentes órgãos.[18]

Assim, conhecendo essas definições, é possível rotular corretamente as embalagens dos produtos químicos e minimizar efetivamente diversos acidentes. Além da rotulagem da embalagem em que se encontra o produto com as principais informações e cuidados na manipulação, cada produto químico (principalmente os perigosos) deve conter a FISPQ (também conhecida como Material Safety Data Sheet, MSDS ou FDS – Ficha com Dados de Segurança). A FISPQ contém diversas informações detalhadas do produto químico, que vão desde identificação, perigos na manipulação, como proceder em caso de acidentes, entre outras.[19] Essa ficha deve estar em todos os laboratórios em que se encontra o produto químico e precisa ser de acesso fácil e rápido.

Segundo o GHS 9, 2021, a FISPQ deve conter 16 tópicos informativos:[20]

• Identificação do produto;

18 United Nations ([2021] 2023).

19 ABNT (2023), United Nations ([2021] 2023).

20 United Nations ([2021] 2023).

- Identificação de perigos;
- Composição/informação sobre os ingredientes;
- Medidas de primeiros socorros;
- Medidas de combate a incêndio;
- Medidas de controle para derramamento ou vazamento;
- Manuseio e armazenamento;
- Controle de exposição e proteção individual;
- Propriedades físico-químicas;
- Estabilidade e reatividade;
- Informações toxicológicas;
- Informações ecológicas;
- Considerações sobre a destinação final;
- Informações sobre transporte;
- Informações sobre regulamentações;
- Outras informações.

É de responsabilidade das empresas que fabricam ou comercializam os produtos químicos o fornecimento dessas FISPQs com informações detalhadas de cada um dos 16 tópicos citados anteriormente.[21] As informações contidas nas FISPQ devem ser observadas pelos usuários dos produtos químicos e utilizadas na organização do almoxarifado, principalmente no que se refere à compatibilidade química dos reagentes, bem como em toda a sua estruturação, desde o manuseio até o armazenamento. Além disso, esse material fornece orientações que permitem o tratamento seguro e o descarte apropriado dos resíduos gerados.

## 3.3 RESÍDUOS GERADOS EM UM LABORATÓRIO DE QUÍMICA

O laboratório de química é o local apropriado para desenvolver integral ou parcialmente as atividades de pesquisa, ensino e extensão; e em sua rotina vários produtos químicos são utilizados. Consequentemente, este local pode ser uma fonte de geração significativa e de grande variedade de resíduos. Assim, como fonte geradora de resíduos, os gestores, docentes e técnicos têm a responsabilidade de conscientizar os frequentadores do laboratório (docentes e estudantes) e colocar em prática as atividades de identificação, recuperação (quando possível), acondicionamento e destino final dos resíduos, mesmo depois do gerenciamento.[22] É sempre válido avaliar os métodos e roteiros das aulas práticas que são frequentemente ministradas, pois sempre que possível é sensato reduzir

21 ABNT (2023).

22 Silveira Neta e Paracampo (2012).

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 30 23/08/2024 08:21

volumes de soluções e massas de reagentes químicos, a fim de minimizar a quantidade de resíduos gerados.

Mas, afinal, o que é resíduo? Resíduos laboratoriais podem ser definidos como subprodutos oriundos das atividades desenvolvidas durante uma aula experimental, sendo necessário o seu descarte adequado. No laboratório de química, o resíduo pode ser uma amostra titulada, uma folha de papel usada para secar um material, sobras de soluções de reagentes, uma vidraria quebrada, um reagente impróprio para uso, entre outros exemplos. Dependendo da atividade do laboratório, principalmente em laboratórios multidisciplinares, vários tipos de resíduos podem ser gerados, tais como biológicos, químicos (orgânicos e inorgânicos) e também os radioativos.

A Norma Brasileira NBR 10004, da ABNT,[23] define, classifica e lista os resíduos sólidos em:

a) **Classe I** – Perigosos: resíduos que se caracterizam pela inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;

b) **Classe II** – Não inertes: resíduos que podem sofrer reações químicas, mas não são inflamáveis, tóxicos ou patogênicos;

c) **Classe III** – Inertes: resíduos que se mantêm inalterados por longo período de tempo; segundo a resolução 5 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no Brasil,[24] os resíduos podem ser agrupados em:

- **Grupo A**: resíduos biológicos ou contaminados por agentes biológicos;
- **Grupo B**: resíduos orgânicos ou contaminados por produtos químicos perigosos;
- **Grupo C**: rejeitos radioativos;
- **Grupo D**: resíduos comuns.

O resíduo, independentemente da sua classificação, é de responsabilidade daquele que o gerou. Assim sendo, o pesquisador, docente, estudante e/ou técnico são responsáveis por segregar o resíduo gerado imediatamente após a realização dos experimentos de ensino, pesquisa ou procedimento de rotina.[25] Um fluxograma geral que ilustra as etapas de tratamento dos resíduos químicos é apresentado na Figura 11. Observe que parte dos resíduos pode e deve ser tratada pelo próprio laboratório gerador. Alternativamente, os resíduos podem ser destinados a locais e empresas especializadas, quando requerem tratamentos específicos.

23 ABNT (2004).

24 Brasil (1993).

25 Simeone (2004).

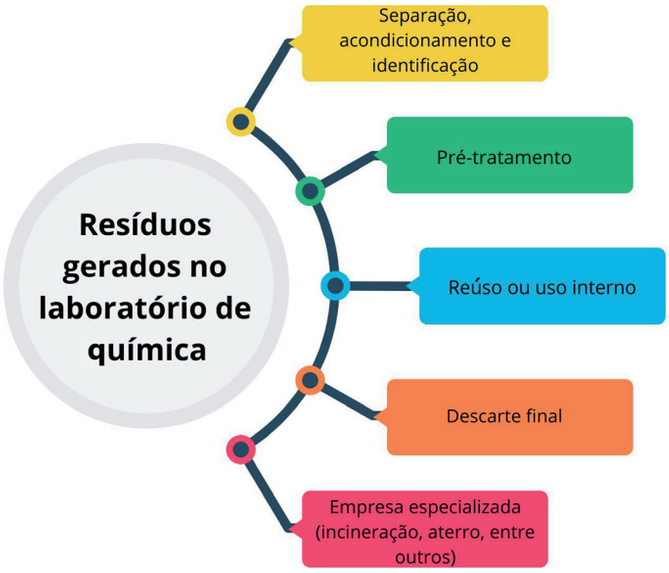


**Figura 11** Fluxograma geral das etapas de tratamento dos resíduos químicos gerados.
Fonte: elaboração própria.

## 3.4 COLETA, ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

Uma das primeiras etapas do tratamento dos resíduos consiste na separação, acondicionamento e identificação destes. Assim, a consulta às FISPQ é indispensável nessa etapa para acessar as informações completas sobre os produtos químicos a serem tratados.[26]

Além disso, os resíduos químicos podem ser classificados/identificados utilizando o diagrama de Hommel. Esta classificação feita pela National Fire Protection Association (NFPA) preconiza normas que devem ser adotadas para a rotulagem de frascos contendo resíduos químicos, que, entre outras informações, fornece o nível de periculosidade do resíduo.[27]

Esse sistema de rotulagem padrão, através de sinais de fácil entendimento, indica diversos aspectos do resíduo, tais como toxicidade, inflamabilidade e reatividade. O preenchimento do diagrama de Hommel (Figura 12) pode ser feito consultando as FISPQ, sites de universidade e órgãos ambientais governamentais que disponham dessas informações de classificação.

26 ABNT (2023), United Nations ([2021] 2023).

27 Simeone (2004), Laboratório de Resíduos Químicos ([20-] 2023).

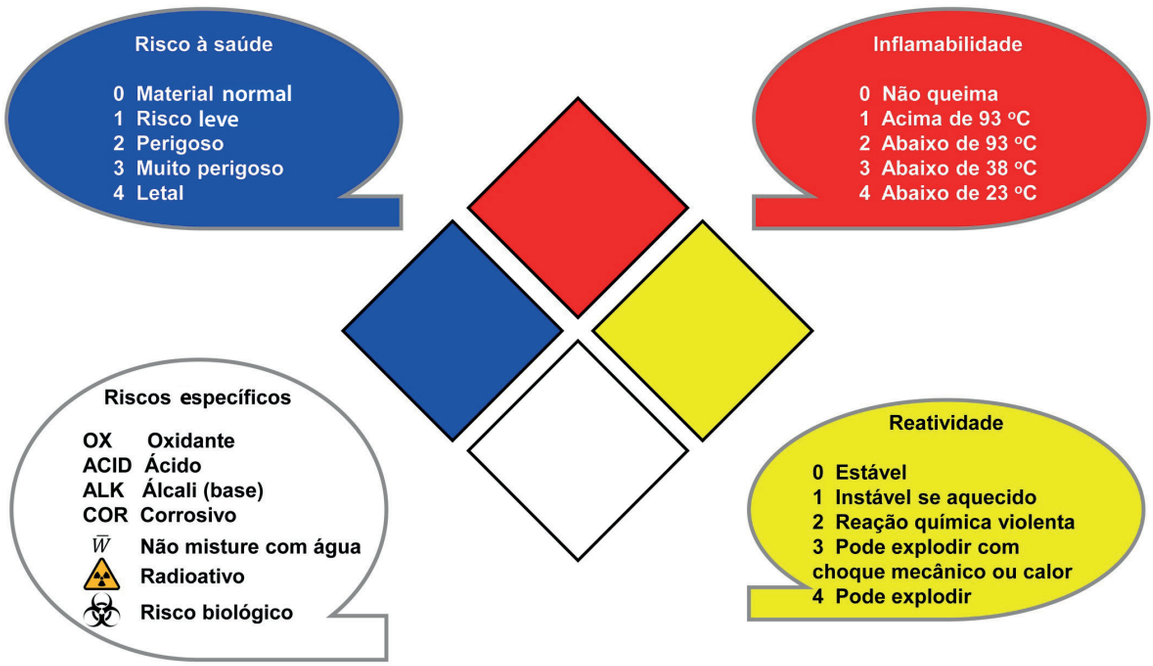


**Figura 12** Diagrama de Hommel utilizado para a classificação/identificação dos resíduos químicos.

Fonte: elaboração própria.

Em cada frasco ou bombona de armazenagem deve constar o diagrama de Hommel, devidamente preenchido com a numeração ou símbolo referente às quatro principais características mostradas na Figura 12, que envolvem riscos à saúde e específico, inflamabilidade e reatividade. Lembrando que na classificação do resíduo, seguindo o diagrama de Hommel, deve ser priorizado o resíduo mais perigoso, mesmo que este esteja em menor quantidade. Além disso, o volume de resíduo armazenado não deve preencher completamente a capacidade do recipiente, sendo necessário deixar aproximadamente 20% do espaço vazio.[28]

Além desse diagrama, na etiqueta de identificação do resíduo deve constar:

a) Identificação do laboratório e do responsável gerador do resíduo, telefone de contato do laboratório responsável;

b) Data da segregação do resíduo;

c) Frases de perigo e observações sobre o resíduo;

d) Identificação dos compostos químicos majoritários e minoritários;

e) Número do frasco, pH do resíduo (quando aplicado);

28 Laboratório de Resíduos Químicos ([20-] 2023), Universidade Federal de São Carlos ([201-] 2023).

f) Entre outras informações úteis que os responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos julgarem necessárias, como mostra a Figura 13.

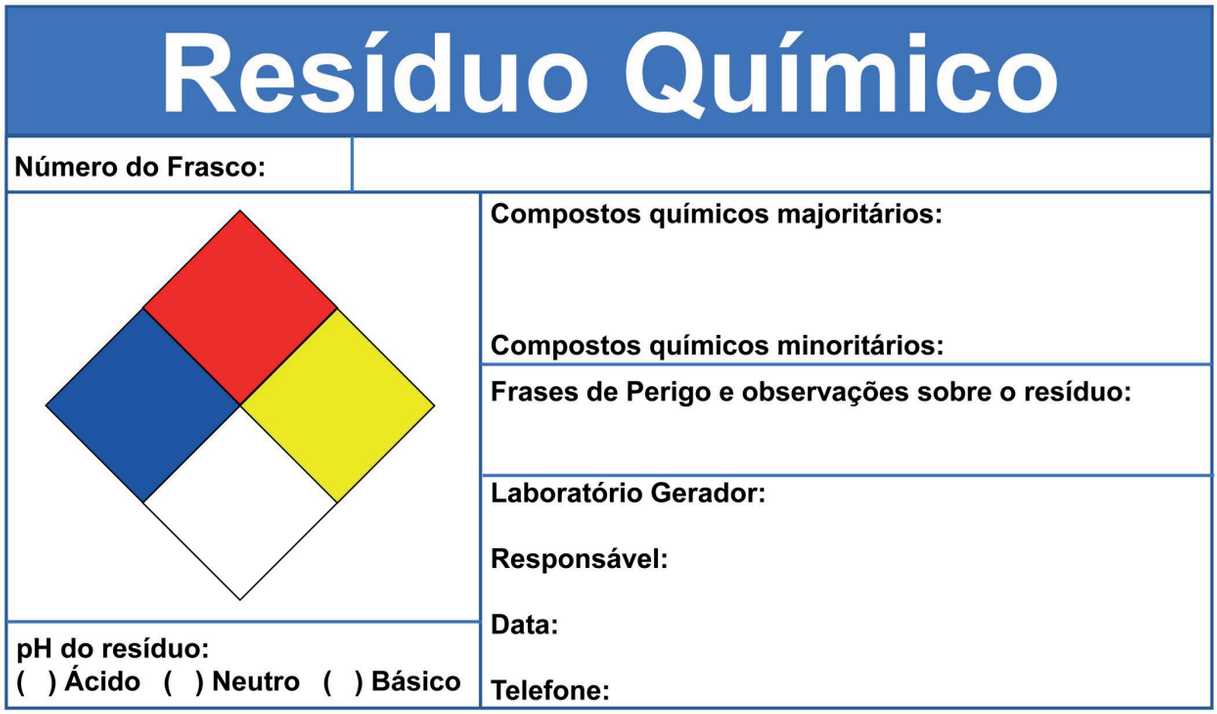


**Figura 13** Exemplo de rótulo de identificação dos resíduos gerados.
Fonte: elaboração própria.

É muito importante observar a incompatibilidade química dos produtos químicos que constituem o resíduo,[29] como mostra a Figura 8. Essa observação é relevante para evitar acidentes decorrentes de reações químicas indesejáveis, a partir da mistura de resíduos, realizar um gerenciamento seguro e acondicionar os resíduos nos frascos apropriados. Como exemplos:

a) Cianetos são incompatíveis com ácidos e álcalis;

b) Acetona é incompatível com os ácidos sulfúrico e nítrico concentrados, bem como o peróxido de hidrogênio;

c) Ácido fluorídrico é incompatível com amônia (anidra ou aquosa), bem como não pode ser armazenado em frascos de vidro (apenas em frascos de plástico), entre outros exemplos.[30]

29 Técnico Lisboa ([2021] 2023).

30 Silveira Neta e Paracampo (2012), ABNT (2004), Brasil (1993), Simeone (2004), Laboratório de Resíduos Químicos ([20-] 2023), Universidade Federal de São Carlos ([201-] 2023).

No site do Departamento de Gestão de Resíduos da Universidade Federal de São Carlos (DGR/UFSCar) pode ser encontrada uma tabela de incompatibilidade química de vários reagentes, podendo ser consultada para a verificação antes de gerenciar os resíduos formados.[31] Outras instituições também possuem materiais informativos, como o Documento 384, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).[32]

Identificados os resíduos e classificados segundo sua periculosidade, alguns (de baixa periculosidade) podem e devem ser tratados no próprio laboratório e pelo próprio gerador. Como exemplo, resíduos que contêm soluções cloreto de sódio (NaCl), açúcares, aminoácidos, amido, algumas bases (hidróxido de sódio, NaOH, e hidróxido de potássio, KOH), ácidos inorgânicos, como ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H2SO4) e HNO3 diluído, entre outros reagentes que podem ser diluídos e/ou neutralizados (pH 7) e descartados na pia do laboratório (rede de esgoto), uma vez que estes resíduos serão direcionados para a estação de tratamento de efluentes da cidade.[33]

Outro tratamento de resíduos bastante interessante e ambientalmente amigável é a destilação, que pode ser eficiente para recuperar alguns tipos de solventes orgânicos, e assim proporcionar a reciclagem e o reúso dos solventes pelos laboratórios geradores. Tal atividade minimiza o volume de resíduos armazenados, o custo do gerenciamento final (quando comparado à incineração) e os impactos ambientais. Resíduos químicos contendo a mistura de acetona e etanol, por exemplo, ou hexano e acetato de etila, entre outras misturas, podem ser destilados e, assim, obter novamente os solventes com pureza satisfatória para serem reutilizados nas aulas experimentais. No site do DGR/UFSCar[34] pode ser consultada uma lista de resíduos de solventes orgânicos que podem ser recuperados *via* destilação. Contudo, para que o tratamento seja eficiente, reforçamos que é imprescindível a correta identificação e armazenagem desse tipo de resíduo.

Além disso, a precipitação de alguns elementos, como arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), mercúrio (Hg), entre outros, presentes em determinados resíduos aquosos, configura-se como um tratamento alternativo. A precipitação seletiva e eficiente de cátions (principalmente daqueles denominados metais potencialmente tóxicos) possibilita segregar o resíduo de forma mais segura, além de reduzir o volume de resíduo a ser armazenado. Normalmente, a precipitação é efetuada usando hidróxidos, e no caso do Hg utiliza-se o sulfeto.[35] As etapas de precipitação e filtração permitem remover os metais da solução, e posteriormente o sobrenadante pode ser diluído e/ou neutralizado para descarte.

Porém, determinados resíduos, principalmente aqueles de alta periculosidade, como os radioativos, não são passíveis de tratamento pelo gerador. Assim, estes devem ser encaminhados a empresas especializadas.

---

31 Universidade Federal de São Carlos ([201-] 2023).

32 Simeone (2004).

33 Universidade Federal de São Carlos ([201-] 2023).

34 *Ibid.*

35 Simeone (2004).

## 3.5 INCÊNDIO NO LABORATÓRIO

A prevenção de incêndios é fundamental em um laboratório químico, e todos (docentes e estudantes) devem estar envolvidos para evitar circunstâncias perigosas que possam provocá-los.

### 3.5.1 Procedimentos de emergência

Incêndio gera calor, fumaça e chama rapidamente, podendo ser estimado que após 30 segundos é praticamente impossível detê-lo, e somente o controle pode de ser efetuado. As causas que envolvem um incêndio podem ser de naturezas distintas para cada situação e estão relacionadas com algumas condições preexistentes, tais como tipo de superfície dos materiais combustíveis, logística, local de origem, ventilação do ambiente, manutenção preventiva, entre outras.[36] As medidas recomendadas de prevenção e proteção contra incêndios são: treinamentos com técnicos de segurança, instauração da brigada de incêndio e simulações de cenários de incêndio; são ações que se constituem como ferramentas importantes para evitar danos materiais e perda de vidas. As atitudes, levando em conta a própria segurança e a preocupação com o próximo, também são determinantes para um ambiente seguro e livre de acidentes.[37]

O emprego de chamas e aquecimento (chapas e muflas) é inerente a diversos experimentos, assim o cuidado com essas atividades é essencial em boa parte da rotina de experimentos. Alguns pontos importantes podem ser elencados, e instruções de alerta aos riscos precisam ser seguidas:[38]

a) Mantenha uma distância mínima das chamas e utilize equipamentos de segurança individual, tais como luvas e avental (Figura 14);

36 Seito *et al.* (2008).

37 National Fire Protection Association (2023), Hurley (2016), American Society for Testing and Materials (2021).

38 Seito *et al.* (2008), National Fire Protection Association (2023), Hurley (2016), American Society for Testing and Materials (2021).

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 36 23/08/2024 08:21

**Figura 14** Estudante manuseando um bico de Bunsen.
Fonte: elaboração própria.

b) Produtos inflamáveis não devem ficar próximos a chamas de qualquer natureza;

c) Muita atenção aos bicos e encanamentos de gás, e, sempre que possível, verifique a ocorrência de algum vazamento. Uma sugestão para quando verificar é a aplicação de um pouco de detergente, que pode ser colocado na válvula ou mangueira do bico; se espumar ou bolhas forem visualizadas é porque existe algum escape de gás;

d) Ao aquecer frascos ou outros materiais, utilize uma pinça, de forma que a abertura do recipiente fique distante de você e das pessoas ao seu redor (Figura 15);

e) Na medida do possível, utilize banho-maria para efetuar o aquecimento;

**Figura 15** Ilustração de uma pinça.
Fonte: elaboração própria.

f) Não realize aquecimento em recipientes vedados, sob o risco de ocorrer uma explosão (Figura 16);

**Figura 16** Aquecimento de recipientes fechados não é recomendado.
Fonte: elaboração própria.

g) Utilize o banho-maria com cuidado, evitando ebulição violenta;

h) Quando o fogo surgir em um recipiente ou balão de reação, tampe o frasco com um pano ou vidro de relógio, para impedir o contato com o oxigênio do ar;

i) Mantenha a calma durante o início do incêndio para que consiga agir de forma racional e efetiva. A Figura 17 mostra alguns itens importantes para a realização de atendimento de primeiros socorros em um laboratório. Entretanto, é sempre recomendado procurar o serviço de saúde mais próximo para melhor avaliação da situação;

**Figura 17** Itens básicos para primeiros socorros em situação de emergência.
Fonte: elaboração própria.

j) Conheça os locais das saídas de emergência do laboratório (Figura 18).

Quando o fogo atingir a roupa de um usuário do laboratório, utilize o chuveiro de emergência ou embrulhe-o rapidamente em um cobertor destinado para essas situações (Figura 17).

Outros pontos devem ser priorizados durante o princípio de incêndio, entre estes, o ambiente do laboratório e as proximidades precisam ser evacuados o mais rápido possível. A medida mais rápida para que isso ocorra é tocar o alarme de incêndio do local. Se possível, desligue a alimentação de energia elétrica do laboratório. Acione a equipe de segurança, a brigada de incêndio e o corpo de bombeiros imediatamente. Esteja atento ao tipo e à localização dos extintores no ambiente e deixe sempre o mais acessível que conseguir os números de telefones da equipe de segurança, brigada de incêndio, corpo de bombeiros e hospitais.

**Figura 18** Sinalização de saída de emergência.
Fonte: elaboração própria.

Adicionalmente, as principais recomendações que devem ser seguidas são:

a) A extinção do fogo precisa ser realizada com o uso de um extintor apropriado, não utilize água em equipamentos elétricos;

b) Cada classe de extintor é dedicada a tipos de incêndios gerados a partir de materiais diferentes;

c) É fundamental que o extintor correto esteja localizado o mais próximo possível e, principalmente, seja apropriado para o risco daquele ambiente.

### 3.5.2 Classe do fogo

A classificação do fogo envolve quatro tipos: classes A, B, C e D, que estão divididas de acordo com a categoria dos materiais em combustão.[39]

39 Seito *et al.* (2008).

Os extintores podem apresentar tipos diferenciados quanto à carga do agente extintor: água, pó para extinção de incêndio, espuma mecânica, dióxido de carbono ($CO_2$) e halogenados (Figura 19), e podem ser utilizados para uma ou mais classes de fogo conforme mostra o Quadro 1.

**Figura 19** Extintores para diferentes classes de fogo.
Fonte: elaboração própria.

**Quadro 1** Classificação do fogo e símbolos.

| Classe do fogo | Materiais e fontes | Símbolo |
|---|---|---|
| A | Combustíveis sólidos, tais como: madeira, tecidos, papéis, borrachas, plásticos termoestáveis e outras fibras orgânicas, que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos. | |
| B | Líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, plásticos e graxas, que se liquefazem por ação do calor e queimam somente em superfície. | |
| C | Equipamentos e instalações elétricas energizados. | |
| D | Metais combustíveis, tais como magnésio (Mg), titânio (Ti), alumínio (Al), zircônio (Zr), sódio (Na), potássio (K) e lítio (Li). | |

Fonte: elaboração própria.

# 4. MATERIAIS DE USO LABORATORIAL E APLICAÇÕES

Os materiais volumétricos podem ser divididos conforme as finalidades de uso e a precisão, como exemplificado a seguir:

a) Tubo de ensaio: utilizado para testes rápidos, ensaios qualitativos ou preliminares (Figura 20);

**Figura 20** Tubos de ensaio em suporte específico.
Fonte: elaboração própria.

b) Vidro de relógio (Figura 21): pode ser utilizado para pesagem de sais ou materiais sólidos e para cobrir frascos ou copos de béquer, a fim de evitar resíduos ou contaminantes do ambiente, ou ainda durante um processo de aquecimento;

**Figura 21** Vidro de relógio com material sólido.
Fonte: elaboração própria.

c) Béquer (Figura 22): possui a finalidade de estimar volumes de sólidos e líquidos, realizar a dissolução de material sólido, aquecer soluções e transferir volumes;

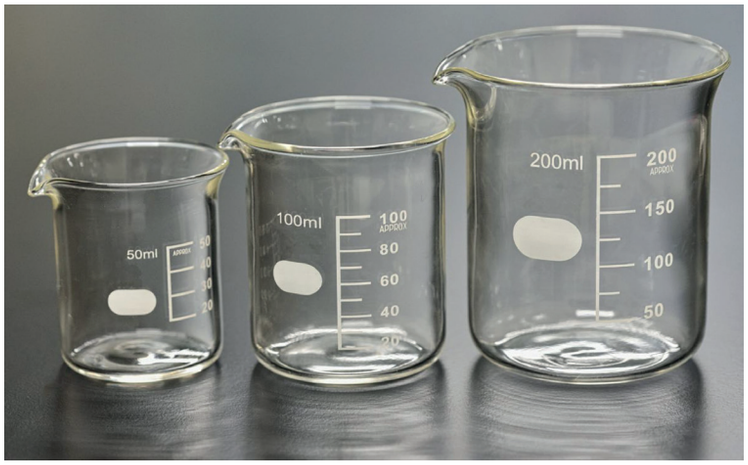


**Figura 22** Copos de béquer de diferentes capacidades volumétricas.
Fonte: elaboração própria.

d) Placa de Petri (Figura 23): geralmente é utilizada para armazenamento de materiais e para o desenvolvimento de culturas biológicas. Pode ser confeccionada em vidro, acrílico ou material plástico;

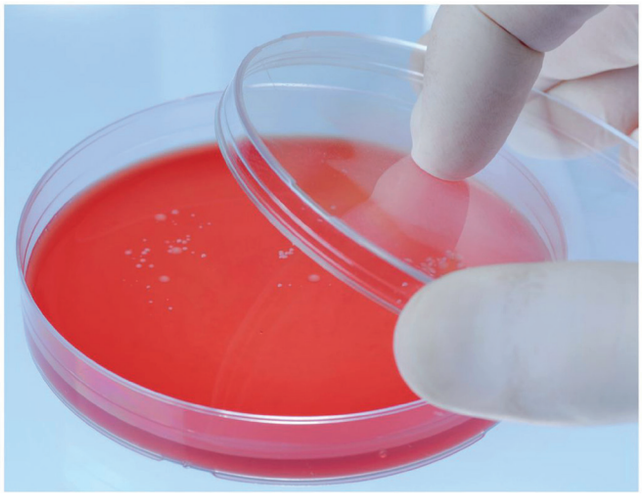

**Figura 23** Placa de Petri.
Fonte: elaboração própria.

e) Almofariz e pistilo (Figura 24): empregado para macerar, triturar e homogeneizar materiais sólidos até atingir um pó fino ou reduzi-los ao tamanho de partícula. Geralmente é feito de material cerâmico, ágata ou metal;

**Figura 24** Almofariz e pistilo de cerâmica.
Fonte: elaboração própria.

f) Frasco de Erlenmeyer (Figura 25): utilizado para visualização de meio reacional, titulações, homogeneização de soluções e desenvolvimento de cultura de micro-organismos;

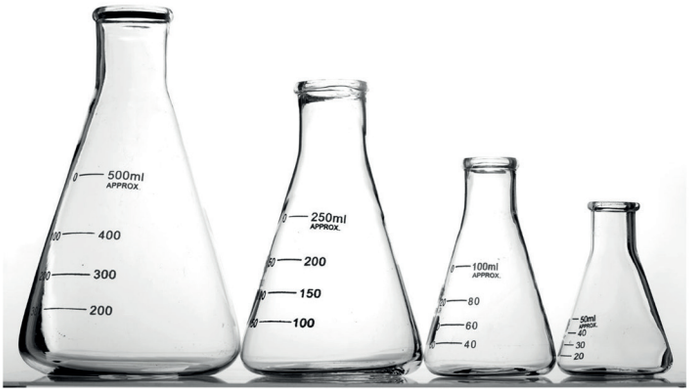


**Figura 25** Frascos de Erlenmeyer de diferentes tamanhos.
Fonte: elaboração própria.

g) Proveta (Figura 26): é um material de baixa precisão, sendo utilizada para aferir volumes de soluções ou líquidos;

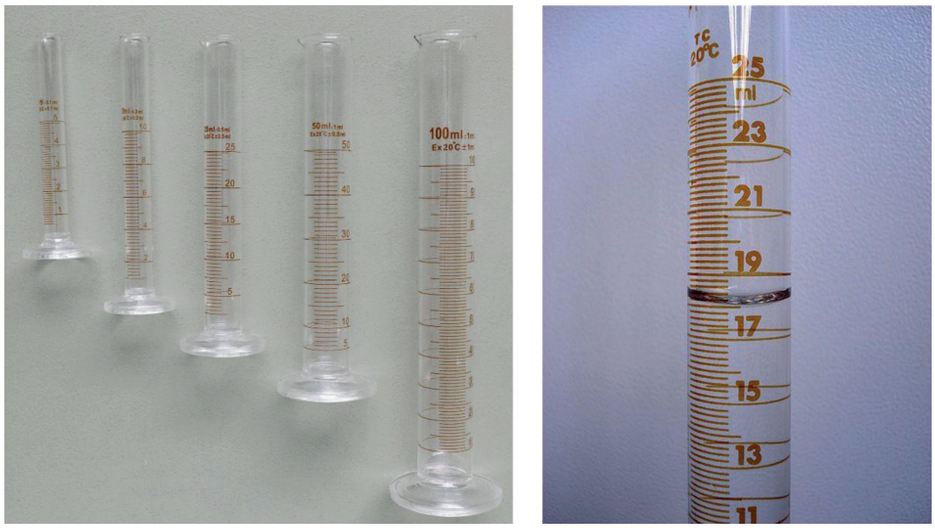


**Figura 26** Provetas de diferentes capacidades volumétricas.
Fonte: elaboração própria.

h) Pipeta graduada (Figura 27): é utilizada para aferir volumes de soluções com precisão, com capacidade nominal variada de 0,5 até 25 mL;

**Figura 27** Pipeta graduada.
Fonte: elaboração própria.

i) Pipeta volumétrica (Figura 28): é utilizada para aferir volumes de soluções com precisão, com capacidade nominal fixa que varia de 1 até 100 mL. Possui precisão maior que a pipeta graduada;

**Figura 28** Pipetas volumétricas de diferentes capacidades.
Fonte: elaboração própria.

j) Balão volumétrico (Figura 29): é um tipo de vidraria de precisão dedicada ao preparo de soluções para análise, com capacidade nominal de 5 mL até 10 L.

**Figura 29** Balão volumétrico de 250 mL.
Fonte: elaboração própria.

## 4.1 PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

Durante o preparo das soluções, o volume final deverá ser ajustado até ao menisco com água destilada/deionizada, seguindo a aferição do balão volumétrico.

A água destilada é purificada por meio de destilação, sendo que o vapor gerado é condensado e retorna à forma líquida. Este processo promove a remoção de impurezas e dos minerais da água.

Na água deionizada, também conhecida como água desmineralizada, os íons minerais que não foram removidos por meio da destilação podem ser retirados através de um processo que envolve a passagem de água em um sistema de resinas de troca iônica. Estas resinas adsorvem os íons, promovendo a obtenção de uma água adequada para o preparo de soluções com concentrações negligenciáveis de minerais.

Assim como a água destilada, a água deionizada possui pureza elevada e está livre da maioria dos minerais que podem ser interferentes nas soluções utilizadas em aplicações analíticas, tais como curvas de calibração instrumental. Vale salientar que a água deionizada é previamente destilada.

## 4.2 PREPARO DE SOLUÇÃO DE UM SAL

### 4.2.1 Materiais

Balão volumétrico, bureta ou pipeta graduada, pisseta (conhecida também como frasco lavador), vidro de relógio, funil de haste longa, papel de filtro, béquer e o reagente (sal).

### 4.2.2 Procedimento

a) Utilize uma espátula e um vidro de relógio previamente limpos e secos, com tamanho e diâmetro apropriados à massa do sal;

b) Apoie o vidro de relógio no prato da balança e zere (função tarar ou zerar) o instrumento (precisão mínima ± 0,01 g);

c) Coloque a massa calculada do sal no vidro de relógio e anote com a máxima precisão permitida pela balança;

d) Transfira o material do vidro de relógio para um béquer. Para que a transferência seja efetiva, utilize pequenos jatos de água destilada/deionizada com o auxílio de uma pisseta;

e) Solubilize o material em cerca de 50 mL de água destilada/deionizada, tomando cuidado para não ultrapassar esse volume. Este procedimento pode ser realizado com o auxílio de um bastão de vidro, sem atritar as paredes do béquer;

f) Prepare um sistema de filtração com o auxílio de um suporte universal, aro, funil e papel de filtro. O esquema mostrado na Figura 30 pode auxiliar no preparo do papel de filtro. Utilize alguns jatos de água destilada/deionizada sobre um béquer antes de iniciar a filtração, para que ocorra uma aderência melhor do papel de filtro ao funil;

g) Com o sistema de filtração montado, transfira quantitativamente a solução para um balão volumétrico, lavando o béquer, bastão de vidro e funil com pequenas porções de água destilada/deionizada, com auxílio da pisseta;

h) Complete até à marca de calibração (menisco) com água destilada/deionizada. Agite a solução para homogeneizar, após o preparo e sempre que for utilizar a solução para análise. No procedimento de agitação do balão, este deve ser invertido sucessivas vezes para garantir que todo o conteúdo foi homogeneizado.

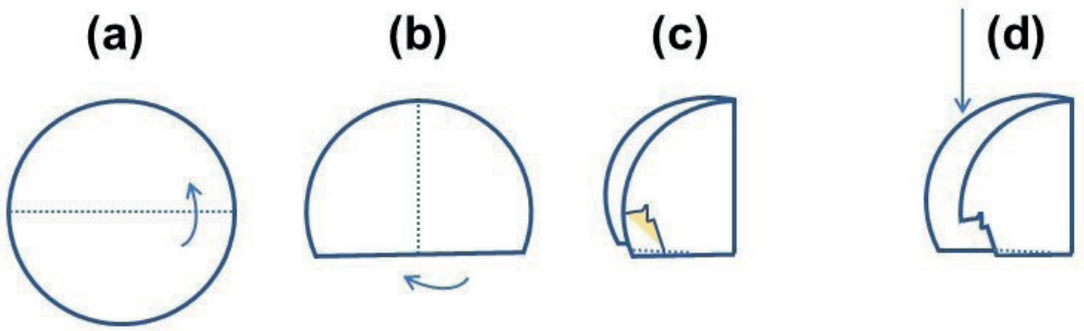


**Figura 30** Preparo do papel de filtro para uso em funil cônico: (a) dobre o papel ao meio; (b) em seguida, dobre novamente o papel de filtro ao meio; (c) rasgue um canto de uma das faces para permitir uma melhor acomodação do papel de filtro ao funil; e (d) abra a face que não foi rasgada ao encaixar o papel de filtro no funil.
Fonte: elaboração própria.

## 4.3 PREPARO DE SOLUÇÃO DILUÍDA DE UMA BASE FORTE – NaOH

Qual é a concentração em mol/L de uma solução de NaOH preparada ao dissolver 4,00 g do hidróxido de sódio em água e o volume final sendo ajustado para 50 mL com água destilada/deionizada? Dados: massa molar (M. M.) do NaOH = 40,00 g/mol.

$$1 \text{ mol} \rightarrow 40{,}00\text{g}$$
$$x \rightarrow 4{,}00\text{g}$$

$$x = \frac{1 \times 4{,}00}{40{,}00} = 0{,}100 \text{ mol}$$

$$0{,}100 \text{ mol} \rightarrow 50 \text{ mL}$$
$$x \rightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$x = \frac{0,100 \times 1000}{50} = 2,0 \text{ mol / L}$$

## 4.4 PREPARO DE SOLUÇÃO DILUÍDA DE UM ÁCIDO FORTE – HCl

Qual é a concentração de 100 mL de uma solução preparada a partir de 10 mL de HCl concentrado? Dados: massa específica (ρ) = 1,19 g/L e título (τ) = 37% m/m. O volume foi ajustado com água destilada/deionizada. Dados: massa molar (M. M.) do HCl = 36,46 g/mol.

$\tau$ = % m/m;
$V_{HCl}$ = 10 mL

m = 1,19 x v
m = 1,19 x 10
m = 11,9g
HCl; M.M. = 36,46g / mol

HCl; 37% m/m
100g → 37g
11,9g → x g

$$x = \frac{11,9 \times 37}{100} = 4,4 \text{ g}$$

36,46g → 1 mol
4,4g → y mol

$$y = \frac{4,4 \times 1}{36,46} = 0,12 \text{ mol}$$

0,12 → 100 mL
z → 1000 mL

$$z = \frac{0,12 \times 1000}{100} = 1,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

# 5. LIMPEZA E DESCONTAMINAÇÃO DE VIDRARIAS

A limpeza e descontaminação de vidrarias é uma tarefa importante na execução das atividades em um laboratório químico e na sequência analítica.

## 5.1 IMPORTÂNCIA DA LIMPEZA DE VIDRARIAS

A limpeza é relacionada a diversos fatores, tais como: qualidade analítica dos dados qualitativos ou quantitativos que serão gerados e eliminação de erros determinados no processo analítico.[40] Além disso, uma adequada limpeza de vidrarias pode contribuir para a melhoria da sensibilidade e seletividade dos métodos e obtenção de resultados acurados e precisos.[41] Concomitante à limpeza, é importante também executar as atividades com vidrarias apropriadas, e isso poderá garantir valores de branco analítico aceitáveis (aumento da sensibilidade analítica).[42]

Existem diversos procedimentos para a limpeza de vidrarias, e todos envolvem a aplicação de algum banho ou solução especial para remover incrustações, resíduos, óleos ou gorduras e precipitados, que podem ficar aderidos ou adsorvidos nas paredes. O ponto de partida da limpeza e descontaminação de quaisquer vidrarias é a limpeza com água de torneira e detergente para eliminar resíduos grosseiros, marcações feitas com canetas ou etiquetas adesivas para identificação dos itens e resquícios de soluções e amostras.

O comércio especializado possui uma gama diversificada de detergentes especiais com, por exemplo, concentrações reduzidas de fósforo (P) para descontaminação de vidrarias utilizadas para a análise de amostras de solos e de material vegetal.[43] Entretanto, em um laboratório de ensino de química, os detergentes comumente encontrados em supermercados são adequados para efetuar uma limpeza de qualidade. Depois da limpeza com detergente e água de torneira, a vidraria deve ser submetida a banhos específicos, que serão discutidos a seguir.

## 5.2 BANHOS ÁCIDOS

Os banhos ácidos são geralmente preparados com água destilada e aproximadamente entre 10 e 50% (v/v) de $HNO_3$ comercial ou P.A. (Para Análise). A escolha do ácido comercial ou P.A. dependerá dos níveis de concentração dos analitos que serão determinados ao empregar as vidrarias.

40 Christian (1994).

41 Kellner *et al.* (2004).

42 Richter, Nóbrega e Pirola (2016).

43 Jeffery *et al.* (1992).

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 53 23/08/2024 08:22

Ácidos de melhor qualidade possibilitarão a obtenção de valores de branco mais reduzidos.[44] A vidraria, após limpeza com detergente e água de torneira, deve ser mais uma vez enxaguada com água destilada e totalmente submersa no banho ácido.

Geralmente os banhos são preparados em recipientes de plástico com tampa e com capacidade para 20 a 40 L. Desta forma, é possível acomodar diversas vidrarias simultaneamente. O tempo de permanência da vidraria em um banho ácido deve ser de pelo menos 24 horas (*overnight*)[45] e o banho deve permanecer tampado para evitar poeira ou contaminações do ambiente.

É importante ressaltar que todo o processo de manipulação deve ser realizado com o emprego de luvas apropriadas, óculos de segurança e avental. Após a retirada da vidraria do banho ácido, ela deve ser enxaguada com água destilada ou deionizada e colocada para secar à temperatura ambiente em local limpo e arejado. Eventualmente, as vidrarias podem ser dispostas para secar, quando disponível, em uma capela de fluxo laminar, para evitar poeira do ambiente.

Em algumas aplicações específicas, tais como as determinações por inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), o banho ácido pode ser preparado com HCl P.A., evitando, assim, a interferência do N, oriundo do $HNO_3$, nas determinações.[46]

Todos os banhos ácidos devem ser trocados a cada 3 ou 6 meses ou em intervalos de tempo mais curtos, dependendo do seu uso.[47] Os banhos a serem descartados devem ser neutralizados com NaOH comercial (soda cáustica), filtrados para remoção de precipitados, e o sobrenadante descartado na pia. No uso do $HNO_3$ ou HCl, o objetivo é solubilizar elementos químicos aderidos à superfície interna da vidraria e frascos plásticos. Essa solubilização pode ser pela formação de nitratos ou cloretos solúveis. Itens metálicos, tais como espátulas e pinças, não devem ser colocados em banhos ácidos. O recomendado é que eles sejam lavados com água e detergente e enxaguados com água destilada ou deionizada.

## 5.3 SOLUÇÕES ESPECIAIS

Em algumas situações a vidraria pode estar muito contaminada, e isso requer um procedimento mais esmerado para a sua limpeza. Nesses casos é recomendada a solução sulfocrômica,[48] que é empregada para oxidar diversas substâncias. A solução sulfocrômica é formada pela mistura de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e ácido sulfúrico concentrado ($H_2SO_4$), em uma proporção de 20 g do sal para 17 mL do ácido. O volume final é ajustado com água destilada para 100 mL. A limpeza se dá ao depositar cuidadosamente a solução no interior da vidraria que se deseja limpar e manter o contato por cerca de 24 horas. Esse tempo poderá ser, eventualmente, mais longo, e depende do

44 Krug e Rocha (2016).

45 Mendham *et al.* (2002).

46 Bianchi *et al.* ([2017] 2024).

47 Christian (1994), Kellner *et al.* (2004), Richter, Nóbrega e Pirola (2016), Jeffery *et al.* (1992), Krug e Rocha (2016), Mendham *et al.* (2002).

48 Morita e Assumpção (2007).

nível de contaminação da vidraria. O conjunto deve ser mantido em capela, e, após o intervalo de tempo de contato, a solução pode ser empregada para a limpeza de outras vidrarias, mas deve ser descartada de forma adequada após o uso (neutralização e filtração).

Outra mistura utilizada na limpeza e descontaminação de vidrarias é a solução piranha. Essa solução é formada pela mistura de quatro partes de $H_2SO_4$ concentrado e uma parte $H_2O_2$ concentrado, e tem como objetivo remover resíduos orgânicos aderidos à vidraria.[49]

## 5.4 EQUIPAMENTOS ESPECIAIS PARA A LIMPEZA DE VIDRARIAS

Além dos banhos e soluções especiais descritas anteriormente, podem ser empregados também dispositivos que utilizam vapor de ácido para a limpeza. Tais dispositivos são comercialmente chamados de *acid steam cleaning system* e podem ser adaptados em laboratórios convencionais.[50] A proposta desse equipamento é submeter a vidraria ao vapor de $HNO_3$ concentrado por um determinado intervalo de tempo. A Figura 31 mostra um desenho esquemático do sistema, que é composto de um recipiente grande de vidro e com tampa contendo orifícios (cerca de 5 L), contendo $HNO_3$ concentrado na parte inferior. Entre as vidrarias e o ácido concentrado é disposta uma placa de vidro com orifícios, que permite apoiar as vidrarias e a passagem do vapor. Todo o conjunto é colocado em uma capela e é aquecido lentamente até cerca de 40 a 60 °C, e os vapores ácidos preenchem todo o interior das vidrarias, que são depositadas de ponta-cabeça. As vidrarias são mantidas em contato com o vapor de ácido por cerca de 24 horas, e depois retiradas e enxaguadas com água destilada ou deionizada. O rendimento de limpeza do sistema está condicionado ao volume interno do recipiente, e o ácido no seu interior pode ser utilizado por diversas vezes.

49 Jeon e Choi (1997).

50 Eilola e Peramaki (2011).

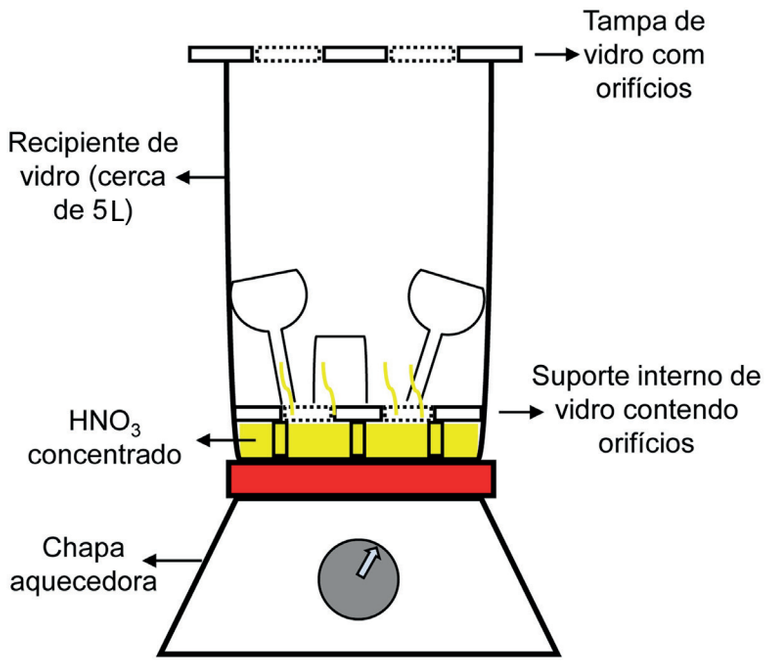


**Figura 31** Equipamento para a limpeza de vidrarias utilizando vapor de $HNO_3$ concentrado. As vidrarias no interior do recipiente devem ser posicionadas de ponta-cabeça.
Fonte: elaboração própria.

Como pode ser visualizado nos parágrafos anteriores, a limpeza e descontaminação de vidrarias é um processo importante, mas o analista também pode contribuir com essa limpeza ao utilizar luvas e evitar, por exemplo, o uso de maquiagens (batons, sombras, entre outros) e protetores solares, que podem conter, em sua composição, uma quantidade relativamente alta de elementos químicos.[51]

51 Hepp *et al.* (2014).

# 6. EXPERIMENTO QUÍMICO

O exemplo de experimento didático, que será descrito nas próximas páginas, englobará diversos conceitos, tais como: equilíbrio químico, instrumentação analítica, tratamento e interpretação de resultados e análise de dados. Tal experimento pode ser facilmente incorporado aos cursos de graduação de Química, Engenharias (Alimentos, Civil, Materiais, Química, entre outros), bem como Biotecnologia, Farmácia e Nutrição. A proposta é que o experimento seja realizado em duas sessões de aulas práticas com tempo total de 8 a 12 horas. Além disso, diversos aspectos podem ser finalizados em sala de aula após a obtenção dos dados experimentais em laboratório.

## 6.1 EXEMPLO DE EXPERIMENTO DIDÁTICO EM QUÍMICA ANALÍTICA

O experimento tem como objetivo abordar diversos aspectos sobre a determinação de ácido acético ($C_2H_4O_2$ ou $CH_3COOH$, aqui simplesmente descrito como HAc) em amostras comerciais de vinagre. Em um primeiro momento serão realizados testes com o objetivo de visualizar qual é o indicador mais adequado para a titulação do HAc por uma solução padronizada de NaOH.[52] Após essa primeira etapa, podem ser realizadas discussões sobre erros determinados (sistemáticos) e não determinados (aleatórios)[53] e padronização de soluções com o emprego de padrão primário (padronização da solução de NaOH).[54]

A segunda etapa do experimento envolve o uso de eletrodo de pH para o monitoramento do pH da amostra de vinagre, após a adição de volumes conhecidos da solução padronizada de NaOH. Nessa etapa podem ser explorados diversos cálculos utilizando o Microsoft Excel®, método de Gran para a detecção do ponto final de uma titulação e uso de instrumentação em um laboratório.[55] Além disso, poderão ser visualizados os conceitos de solução-tampão, cálculo de pH e de concentrações.[56]

52 Harvey (2023).

53 Christian (1994), Kellner *et al*. (2004), Richter, Nóbrega e Pirola (2016), Jeffery *et al*. (1992), Krug e Rocha (2016), Mendham *et al*. (2002).

54 Harris (2012).

55 Harvey (2023), Harris (2012).

56 Hage e Carr (2011).

## 6.2 PRIMEIRA ETAPA

Uma amostra comercial de vinagre possui concentração nominal de HAc de 4,00% m/v (4,00 g/100 mL), ou seja, 40,0 g/L.[57] A massa molecular do HAc ($CH_3COOH$) é 60,0 g/mol. Assim, a concentração de HAc em mol/L no vinagre será de:

$$[\mathrm{HAc}] = \frac{40,0}{60,0} = 0,670 \text{ mol}$$

O HAc e o NaOH reagem na proporção de 1:1, e no ponto de equivalência teremos:

$$\mathrm{HAc + NaOH \rightarrow NaAc + H_2O}$$

O acetato de sódio (NaAc) formado irá se dissociar completamente e o acetato formado ($Ac^-$) promoverá a hidrólise da água:

$$\mathrm{NaAc \rightarrow Na^+ + Ac^-}$$

$$\mathrm{Ac^- + H_2O \rightarrow HAc + OH^-}$$

Com a formação do $OH^-$, nota-se que o pH no ponto de equivalência será maior que 7,0. Na titulação de 3,00 mL da amostra de vinagre (titulado) descrita anteriormente (0,670 mol/L de HAc) com uma solução de NaOH 0,100 mol/L (titulante), teremos que o volume de equivalência será de:

$$C_{\text{Titulante}} \text{ x } V_{\text{Titulante}} = C_{\text{Titulado}} \text{ x } V_{\text{Titulado}}$$

em que C e V são as concentrações (em mol/L) e volumes (em mL) do titulante e do titulado.

$$V_{\text{Titulante}} = V_{\text{NaOH}} = \frac{0,670 \times 3,00}{0,100} = 20,1 \text{ ml}$$

No ponto de equivalência, todo NaOH adicionado foi consumido, e a espécie predominante em solução é o $Ac^-$.[58] A concentração de $Ac^-$ pode ser calculada por meio da constante de dissociação da base conjugada (Kb):

57 Brasil ([2012] 2023).

58 Rocha-Filho e Silva (2006).

$$Ac^- + H_2O \rightleftharpoons HAc + OH^-$$

$$Kb = \frac{[HAc] \times [OH^-]}{[Ac^-]}$$

Ao multiplicar a expressão da Kb por $\frac{[H^+]}{[H^+]}$, ou seja, multiplicar por 1, teremos:

$$Kb = \frac{[HAc] \times [OH^-]}{[Ac^-]} \times \frac{[H^+]}{[H^+]} = \frac{Kw}{Ka}$$

O Kw e o Ka são as constantes de dissociação da água (Kw = 1,0 x $10^{-14}$) e do HAc (Ka = 1,75 x $10^{-5}$).[59] Desta forma podemos obter:

$$Kb = \frac{[HAc] \times [OH^-]}{[Ac^-]} = \frac{x \times x}{\frac{nAc^-}{V_T}} = \frac{Kw}{Ka}$$

em que $nAc^-$ e $V_T$ são o número de moles de acetato e o volume total no Erlenmeyer (em litros), respectivamente.

O número de moles (n) de $Ac^-$ e o volume total ($V_T$) no Erlenmeyer serão iguais a:

$$nAc^- = \frac{0,670 \times 3,00}{1000} = 0,00201 \text{ moles}$$

$$V_T = \frac{3,00 \text{ mL} + 20,1 \text{ mL}}{1000} = 0,0231 \text{ L}$$

No Erlenmeyer já tínhamos 3,00 mL de amostra, e adicionamos 20,1 mL da solução de NaOH. As concentrações de [HAc] e $[OH^-]$ no equilíbrio serão:

59 Harvey (2023).

$$\frac{x \times x}{\frac{0,00201}{0,0231}} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{1,75 \times 10^{-5}} =$$

$$x = \sqrt{\frac{1,0 \times 10^{-14}}{1,75 \times 10^{-5}} \times \frac{0,00201}{0,0231}} = 7,05 \times 10^{-6} \text{ mol / L}$$

Com a concentração de $[OH^-]$ temos que o pOH e o pH no ponto de equivalência serão:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 7,05 \times 10^{-6} = 5,15$$

$$pKw = pH + pOH = 14,00$$

Assim,

$$pH = 14,00 - 5,15 = 8,85$$

Ao titular uma amostra transparente de vinagre, podemos visualizar o ponto final da titulação com o emprego de indicadores. A Tabela 1 mostra uma lista de 3 indicadores ácido-base[60] e suas cores em meio ácido, básico e o pH na faixa de viragem.[61]

**Tabela 1** Informações sobre alguns indicadores ácido-base comumente utilizados em titulações.

| Indicador | Cor em meio ácido | Cor em meio básico | Valores de pH na faixa de viragem |
|---|---|---|---|
| Azul de bromotimol | Amarelo | Azul | 6,0 a 7,6 |
| Fenolftaleína | Incolor | Rosa | 8,2 a 10,0 |
| Timolftaleína | Incolor | Azul | 9,4 a 10,6 |

Fonte: elaboração própria.

Como o valor de pH no ponto de equilíbrio da titulação do vinagre com o NaOH é 8,85, temos que o indicador mais adequado para este tipo de titulação é a fenolftaleína (faixa de viragem entre 8,2 e 10,0). O emprego do azul de bromotimol ou da timolftaleína acarretará erros sistemáticos, nos quais a concentração de HAc no vinagre será subestimada e superestimada, respectivamente. Com a realização desse experimento, o docente poderá abordar diversos conceitos relacionados ao equilíbrio químico, bem como análise de erros, e o estudante poderá exercitar a utilização de vidrarias e procedimentos de titulação.

60 Morita e Assumpção (2007).

61 Harvey (2023).

## 6.3 SEGUNDA ETAPA

Nesta segunda etapa do experimento, é ilustrada uma situação em que temos uma amostra colorida de vinagre; com isso, o emprego de indicadores ácido-base para visualizar o ponto final da titulação é difícil ou até mesmo inviável. Desta forma, podem-se monitorar os valores de pH com o emprego de um pHmetro. No ponto de viragem da titulação, tem-se uma inflexão da curva de titulação, e, assim, é possível identificar o ponto final com a utilização de recursos matemáticos, tais como primeira e segunda derivadas e método de Gran.[62] A Figura 32 mostra o aparato montado para a análise, sendo formado por eletrodo de pH previamente calibrado, béquer contendo a amostra de vinagre, bureta com a solução titulante (NaOH) e agitador magnético para homogeneizar a solução.

Voltando ao exemplo de uma amostra de vinagre que possui uma concentração nominal de HAc de 0,670 mol/L (4,0%m/v) e uma solução titulante de NaOH 0,100 mol/L, teremos, antes do ponto final da titulação, a formação de uma solução-tampão[63] com o aumento lento e gradual dos valores de pH. No ponto de equivalência, observa-se o aumento abrupto dos valores de pH (inflexão da curva) e, após o volume de equivalência, a predominância de valores de pH por volta de 12, devido ao excesso de solução de NaOH adicionada.

A realização destes cálculos pode ser feita de forma manual ou por meio da implementação de planilhas no Microsoft Excel®, tais como aquelas disponíveis livremente na Playlist 19 do Canal no YouTube do prof. Edenir Rodrigues Pereira Filho.[64]

62 Harris (2012).

63 Harvey (2023), Harris (2012), Hage e Carr (2011).

64 Playlist 19 (2023).

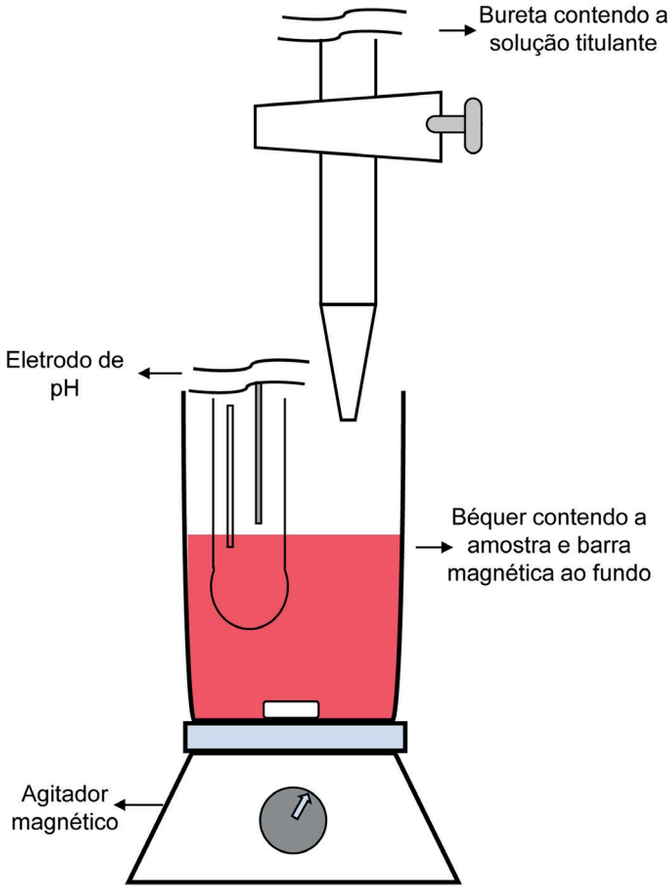


**Figura 32** Aparato montado para o monitoramento do pH da amostra de vinagre. Com a finalidade de encobrir o eletrodo de pH, deve ser adicionada quantidade de água destilada.
Fonte: elaboração própria.

A Figura 33 mostra um exemplo de curva de titulação de 3,00 mL de uma amostra de vinagre 4,0% m/v por uma solução padronizada de NaOH 0,100 mol/L.

Com as informações da Figura 33, temos que o ponto final da titulação encontra-se por volta de 20,00 mL. Na primeira etapa da parte experimental e utilizando dados teóricos, concluímos que o ponto de equivalência é 20,10 mL.

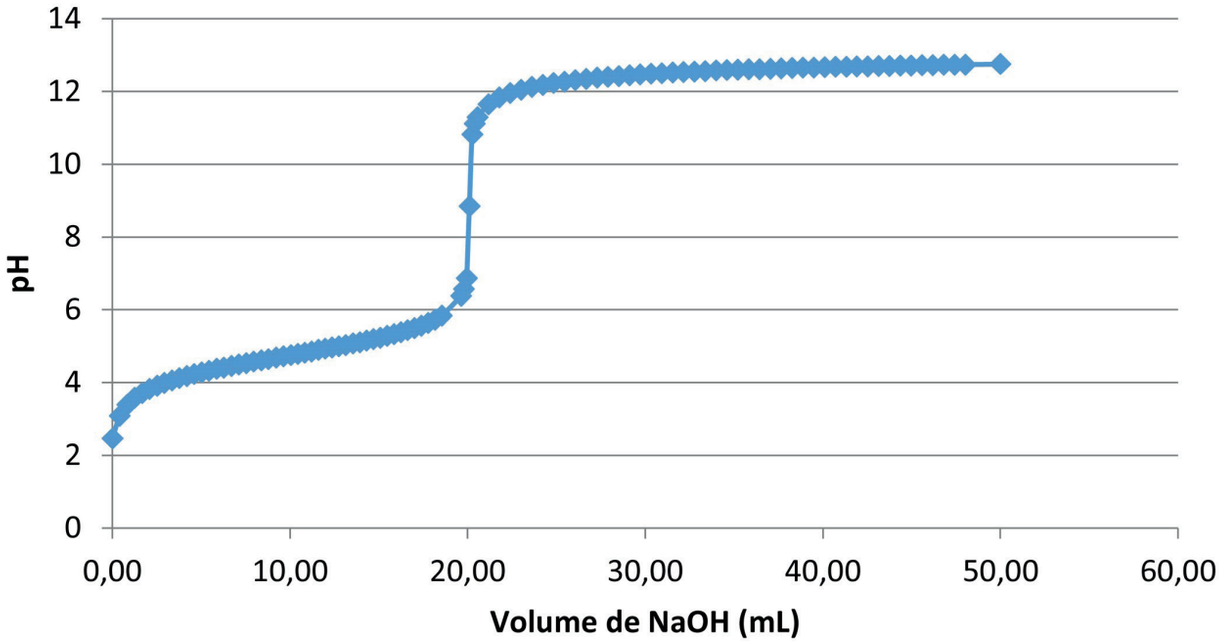


**Figura 33** Curva de titulação de uma amostra de vinagre com solução padronizada de NaOH 0,100 mol/L.
Fonte: elaboração própria.

Como afirmado anteriormente, antes do ponto de equivalência teremos duas regiões: a primeira equivale ao ácido fraco monoprótico antes da adição da solução de NaOH e a segunda à formação de uma solução-tampão com o início da adição da solução de NaOH. Assim, é importante verificar como calcular o pH nestas regiões.

Antes do início da titulação temos apenas o HAc em equilíbrio:

$$HAc \rightleftharpoons H^+ + Ac^-$$

Tais cálculos podem ser melhor compreendidos empregando uma tabela-início, variação e equilíbrio (IVE),[65] como mostra a Tabela 2.

A Ka será:

$$Ka = 1,75 \times 10^5 = \frac{\left[H^+\right] \times \left[Ac^-\right]}{\left[HAc\right]} = \frac{x^2}{0,670 - x}$$

65 Harvey (2023).

**Tabela 2** Tabela de IVE para a região 1 (antes da adição da solução de NaOH).

| Etapas | Reagente | | | | Produtos |
|---|---|---|---|---|---|
| Início | HAc | → | $H^+$ | + | $Ac^-$ |
| Concentração mol/L | 0,670 | | x | | x |
| Variação | -x | | x | | x |
| Equilíbrio | 0,670-x | | x | | x |

Fonte: elaboração própria.

O valor de *x* no denominador pode ser ignorado, pois se trata de um ácido fraco monoprótico:[66]

$$Ka = 1,75 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0,670}$$

$$x = \sqrt{1,75 \times 10^{-5} \times 0,670} = 0,00342 \text{ mol / L}$$

O pH será:

$$pH = -\log[H^+] = -\log(0,00342) = 2,47$$

Já na região 2, temos a formação de uma solução-tampão. Assim, quando são adicionados, por exemplo, 10,05 mL da solução de NaOH teremos a neutralização parcial do HAc. A Tabela 3 mostra a tabela IVE para a adição de 10,05 mL da solução de NaOH (região 2).

**Tabela 3** Tabela de IVE para a região 2 (formação da solução-tampão).

| Etapas | Reagente | | | | | | Produtos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ácido | | Base | | Sal | | Água |
| Início e número de miliequivalentes (mEq) | HAc | + | NaOH | → | NaAc | + | $H_2O$ |
| | 3,00 mL × 0,670 = 2,01 | | 10,05 mL × 0,100 = 1,005 | | – | | – |
| Variação | –1,005 | | –1,005 | | +1,005 | | – |
| Equilíbrio | 2,01 – 1,005 = 1,005 | | 1,005 – 1,005 = 0 | | +1,005 | | – |

Fonte: elaboração própria.

No equilíbrio temos o excesso de HAc e a formação do $Ac^-$.

O valor de pH pode ser calculado por meio da equação de Handerson-Hasselbalch:[67]

66 Harvey (2023), Harris (2012).

67 Harvey (2023), Harris (2012), Hage e Carr (2011), Brasil ([2012] 2023), Rocha-Filho e Silva (2006).

$$pH = pKa + \log \frac{[Ac^-]}{[HAc]}$$

$$pH = -\log Ka + \log \frac{1,005}{1,005}$$

$$pH = -\log Ka + \log 1$$

$$pH = -\log 1,75 \times 10^{-5} + 0$$

$$pH = pKa = 4,76$$

Quando utilizamos a metade do volume de equivalência, temos que o pH é igual ao pKa do ácido fraco monoprótico, que está sendo titulado (HAc). As etapas descritas anteriormente podem ser repetidas para todos os volumes entre a região 1 (antes da adição da solução de NaOH) e antes da neutralização do HAc (região 3).

Experimentalmente, na região 3 é obtido o ponto final da titulação, e o objetivo dos métodos analíticos é fazer com que ambos os ponto (final e de equilíbrio) sejam o mais próximo possível.[68] Para o cálculo do ponto final, podemos empregar o método de Gran, que consiste em calcular, nas imediações do ponto final, a razão entre as diferenças de volume e de pH.[69] A Tabela 4 mostra os volumes de NaOH e pH na região próxima à inflexão (de 18,17 a 21,78 mL).

**Tabela 4** Valores de pH, Δ volume (mL), Δ pH e Gran nos volumes de NaOH próximos ao ponto final da titulação (inflexão da Figura 33).

| Volume (mL) | pH | Δ volume (mL) | Δ pH | Gran |
|---|---|---|---|---|
| 18,17 | 5,73 | - | - | - |
| 18,55 | 5,84 | 18,55 – 18,17 = 0,38 | 5,84 – 5,73 = 0,11 | $\frac{\Delta V}{\Delta pH} = \frac{0,38}{0,11} = 3,45$ |
| 19,64 | 6,38 | 1,09 | 0,54 | 2,02 |
| 19,79 | 6,56 | 0,15 | 0,18 | 0,83 |
| 19,95 | 6,87 | 0,16 | 0,31 | 0,52 |
| 20,10 | 8,85 | 0,15 | 1,98 | 0,08 |
| 20,25 | 10,82 | 0,15 | 1,97 | 0,08 |
| 20,41 | 11,12 | 0,16 | 0,30 | 0,53 |
| 20,56 | 11,29 | 0,15 | 0,17 | 0,88 |
| 21,17 | 11,65 | 0,61 | 0,36 | 1,69 |
| 21,78 | 11,83 | 0,61 | 0,18 | 3,39 |

Fonte: elaboração própria.

68 Christian (1994), Kellner *et al*. (2004), Richter, Nóbrega e Pirola (2016).

69 Harris (2012).

**Tabela 4** *Continuação...*



A Tabela 4 também mostra os valores de Δ volume (ΔV) e Δ pH (ΔpH) para os pontos coletados. Os valores de Gran foram calculados ao dividir as diferenças. Assim, nota-se que dos volumes de 18,55 até 20,10 mL há uma tendência de redução dos valores de Gran (de 3,45 a 0,08). Já dos volumes de 20,25 até 21,78 mL observa-se o inverso: aumento de 0,08 até 3,39. Ao preparar um gráfico do volume da solução de NaOH pelo Gran, temos a possibilidade de calcular duas equações de primeiro grau (descendência e ascendência), como mostra a Figura 34.

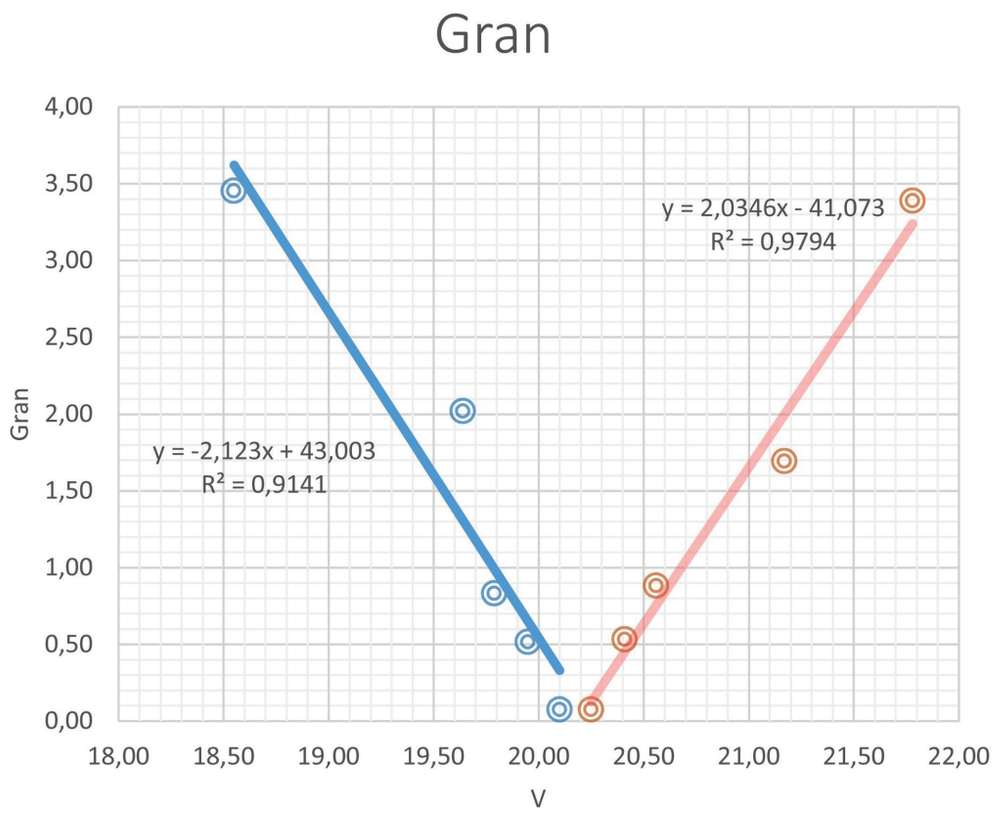


**Figura 34** Gráfico de Gran para os pontos de descendência (linha e círculos azuis) e de ascendência (linha e círculos vermelhos).

Fonte: elaboração própria.

Ao igualar ambas as equações e isolar o valor de *x* (volume da solução de NaOH), temos a possibilidade de calcular o ponto final da titulação, como é mostrado a seguir:

$$-2{,}123x + 43{,}003 = 2{,}0346x - 41{,}073$$

$$x = \frac{43{,}003 + 41{,}073}{2{,}123 + 2{,}0346} = 20{,}22 \text{ mL}$$

Percebe-se que o ponto final da titulação (valor obtido experimentalmente) é um pouco diferente do ponto de equivalência, que foi calculado de forma teórica na etapa 1 do experimento (20,1 mL).

A parte que envolve os cálculos e planilhas no Microsoft Excel® pode ser realizada em sala de aula após a obtenção dos resultados em laboratório.

Após o ponto final da titulação (região 4), teremos um excesso da solução de NaOH, e o pH final da mistura será regido por esse excesso. Assim, com a adição de, por exemplo, 30,00 mL da solução de NaOH teremos a tabela IVE mostrada na Tabela 5.

**Tabela 5** Tabela de IVE para a região 4 (excesso da solução de NaOH).

| **Etapas** | **Reagente** | | | | | | **Produtos** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ácido | | Base | | Sal | | Água |
| Início e número de miliequivalentes (mEq) | HAc | + | NaOH | → | NaAc | + | $H_2O$ |
| | 3,00 mL × 0,670 = 2,01 | | 30,00 mL × 0,100 = 3,00 | | – | | – |
| Variação | –2,01 | | –2,01 | | +2,01 | | _ |
| Equilíbrio | 2,01 – 2,01 = 0 | | 3,00 – 2,01 = 0,99 | | +2,01 | | _ |

Fonte: elaboração própria.

O NaOH em excesso (base forte) estará totalmente dissociado:

$$NaOH \rightarrow Na^{+} + OH^{-}$$

A concentração de $OH^-$ em solução será:

$$\left[OH^{-}\right] = \frac{mEqOH^{-}}{V_T}$$

Em que mEq é o número de miliequivalentes de $OH^-$ e $V_T$ é o volume total da solução (em mL) no Erlenmeyer.

$$\left[OH^{-}\right] = \frac{0,99}{3,00 + 30,00} = \frac{0,99}{33,00} = 0,030\ mol/L$$

Os valores de pOH e pH serão:

$$pOH = -\log[OH^{-}] = -\log 0,030 = 1,52$$

$$pKw = pH + pOH = 14{,}00$$

Assim,

$$pH = 14{,}00 - 1{,}52 = 12{,}48$$

Novamente, é importante frisar que o docente pode abordar os conceitos de solução-tampão, bem como capacidade tampão[70] e utilização de aproximações para o cálculo dos valores de pH. O leitor pode consultar também o material preparado pelo prof. Ivano Gebhardt Rolf Gutz, no qual foi desenvolvido o CurTiPot, que visa o cálculo de pH, entre outros aspectos importantes do equilíbrio ácido-base.[71]

## 6.4 PROPOSTA DE RELATÓRIO DE UM ENSAIO QUÍMICO

O relatório que descreve um experimento químico deve ser sucinto e apresentar de forma clara todos os experimentos realizados, reagentes, vidrarias e equipamentos utilizados, além de resultados e conclusões.[72] É importante também que o estudante mantenha um caderno de anotações com páginas numeradas, que conterá todos os dados do experimento realizado. Tais informações devem ser escritas a caneta, não é recomendado o uso de lápis, e não podem ser apagadas ou rasuradas. Assim, as informações contidas nesse caderno serão empregadas para a preparação do relatório e consultas futuras. A Tabela 6 mostra de forma esquemática como um relatório pode ser elaborado.

70 Silva e Simoni (2000).

71 Gutz ([2022] 2023).

72 Awzum ([20-] 2023).

**Tabela 6** Sugestão de tópicos para a preparação de um relatório de experimento.

| Seção | Descrição | Sugestão de número de páginas |
|---|---|---|
| Capa | Descrição do local de realização do experimento, autores, título do experimento e data de realização. | 1 |
| Introdução | Descrição sobre a importância do experimento realizado e as implicações referentes aos resultados que serão mostrados. | 1 a 2 |
| Objetivos | Objetivos a serem alcançados com a realização do experimento. | Cerca de 10 linhas |
| Materiais e métodos | Lista de reagentes, soluções, vidrarias e equipamentos empregados na parte experimental. | 1 |
| Métodos | Descrição da parte experimental que foi rea-lizada com a apresentação de figuras, tabelas, esquemas e fotos. Todos os itens que ilustram o relatório devem ser mencionados no texto antes de aparecerem. | 2 a 3 |
| Resultados e discussão | Principais resultados com a exemplificação dos cálculos, apresentação de tabelas, análise estatística dos dados numéricos que foram obtidos e, quando possível, uma comparação de resultados com o que é mostrado na literatura especializada. | 3 a 4 |
| Conclusão | Conclusão geral do experimento com a apresentação dos conhecimentos adquiridos e das implicações dos resultados para a sociedade. | 1 |
| Referências | Referências bibliográficas mencionadas ao longo do texto. | 1 a 2 |

Fonte: elaboração própria.

Aspectos basicos de segurança no lab quimica_05_21_ago_2024.indd 70 23/08/2024 08:22

# REFERÊNCIAS


Alberguini, L. B. A.; Silva, L. C.; Rezende, M. O. O. *Tratamento de resíduos químicos*: guia prático para a solução dos resíduos químicos. São Carlos: RiMa, 2005.

American Society for Testing and Materials. *ASTM E662-21ae1*: standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials. West Conshohocken: ASTM International, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 10004*: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 14725*: produtos químicos: informações sobre segurança, saúde e meio ambiente: aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023.

Awzum, S. *Project management concepts tutorial*: an introductory approach. [*S. l.*: *s. n.*], 20-. E-book. Disponível em: https://www.academia.edu/7382074/PROJECT_MANAGEMENT_CONCEPTS_TUTORIAL_AN_INTRODUCTORY. Acesso em: 1 ago. 2023.

Bianchi, S. R.; Amaral, C. D. B.; Silva, C. S.; Nogueira, A. R. A. Determination of selenium in bovine semen by ICP-MS using formic acid for sample preparation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 28, n. 12, p. 2357-2364, 2017. DOI: https://doi.org/10.21577/0103-5053.20170089. Acesso em: 18 jun. 2024.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 5, de 5 de agosto de 1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 166, p. 12996-12998, 31 ago. 1993.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 6, de 3 de abril de 2012. Estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 66, p. 16, 4 abr. 2012. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=04/04/2012&jornal=1&pagina=16&totalArquivos=156. Acesso em: 6 abr. 2023.

Brasil. Ministério do Trabalho e Previdência. Portaria n. 2.770, de 5 de setembro de 2022. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora 26 (NR-26): sinalização e identificação de segurança. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 170, p. 90, 6 set. 2022.

Christian, G. D. *Analytical chemistry*. Nova York: John Wiley & Sons, 1994.

Del Pino, J. C.; Krüger, V. *Segurança no laboratório*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Instituto de Química, 1997.

Eilola, K.; Peramaki, P. Controlling contamination for determination of ultra-trace levels of Cr and Ni in biological materials in a conventional laboratory. *Analytical Letters*, Nova York, v. 44, n. 13, p. 2321-2333, set. 2011. DOI: https://doi.org/10.1080/00032719.2010.551691.

Fiocruz. *Fichas de informações de segurança de produtos químicos*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 199-. Disponível em: https://www.abtlp.org.br/index.php/produtos-perigosos/fispq/. Acesso em: 2 jul. 2023.

Gutz, I. G. R. *CurTiPot*. Versão 4.3.1. São Paulo: Universidade de São Paulo; Instituto de Química, 2022. Disponível em: http://www.iq.usp.br/gutz/Curtipot. Acesso em: 1 ago. 2023.

Hage, D. S.; Carr, J. D. *Química analítica e análise quantitativa*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

Harris, D. C. *Análise química quantitativa*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Harvey, D. *Analytical chemistry 2.1*. [*S. l.*]: LibreTexts, 2023. E-book. Disponível em: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Analytical_Chemistry_2.1_(Harvey). Acesso em: 31 jul. 2023.

Hepp, N. M.; Mindak, W. R.; Gasper, J. W.; Thompson, C. B.; Barrows, J. N. Survey of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury and nickel content. *Journal of Cosmetic Science*, Nova York, v. 65, n. 3, p. 125-145, maio/jun. 2014.

Hurley, M. J. (ed.). *SFPE handbook of fire protection engineering*. 5. ed. Nova York: Springer, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. *Manual de utilização do laboratório de química.* Eunápolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2019.

Jeffery, G. H.; Bassett, J.; Mendham, J.; Denney, R. C. *Vogel*: análise química quantitativa. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

Jeon, H.; Choi, B. Comparison of removal efficiency of Cu impurity on Si(100) depending on the cleaning splits of (UV/O3 + HF) and (H2O2 + HF). *MRS Online Proceedings Library*, [*s. l.*], v. 477, p. 253-258, dez. 1997. DOI: https://doi.org/10.1557/PROC-477-253.

Kellner, R.; Mermet, J. M.; Otto, M.; Valcárcel, M.; Widmer, H. M. (ed.). *Analytical chemistry*: a modern approach to analytical science. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2004.

Krug, F. J.; Rocha, F. R. P. *Métodos de preparo de amostras para análise elementar*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2016.

Laboratório de Resíduos Químicos. *Rotulagem*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 20-. Disponível em: http://www.ccsc.usp.br/residuos/rotulagem/index.html. Acesso em: 2 maio 2023.

Macêdo, G. M. E.; Oliveira, M. P.; Silva, A. L.; Lima, R. M. L. A utilização do laboratório no ensino de química: facilitador do ensino: aprendizagem na Escola Estadual professor Edgar Tito em Teresina, Piauí. *In*: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação, 5., 2010, Maceió. *Anais* [...]. Maceió: IFAL, 2010. Disponível em: http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1430/492. Acesso em: 7 jul. 2023.

Mateus, M. C. D. A.; Rio, C. M. A. *Introdução à química laboratorial no ensino superior*: guia de laboratório dirigido ao ensino da química nas áreas de ciências biológicas e ciências da saúde. Faro: Universidade do Algarve Editora, 2021.

Mendham, J.; Denney, R. C.; Barnes, J. D.; Thomas, M. J. K. *Vogel*: análise química quantitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

Morita, T.; Assumpção, R. M. V. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. São Paulo: Blucher, 2007.

National Fire Protection Association. *Fire protection handbook*. 21. ed. Quincy: National Fire Protection Association, 2023.

Parreira, J. E.; Dickman, A. G. Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 42, p. e20200096, 2020.

Playlist 19: equilíbrio químico. [*S. l.*: *s. n.*], 2021. 12 vídeos (110 min). Publicado pelo canal Edenir Rodrigues Pereira Filho. Disponível em: https://youtube.com/playlist?list=PL4CuftF4l_fALYWLlVOWR-J1pQyvTeU_Ia&si=ESy9ebXN6SHrgUJk. Acesso em: 1 ago. 2023.

Richter, R. C.; Nóbrega, J. A.; Pirola, C. *Think blank*: clean chemistry tools for atomic spectroscopy. Sorisole: Milestone Srl, 2016.

Rocha-Filho, R. C.; Silva, R. R. *Cálculos básicos da química*. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

Rodrigues, L. S. C.; Santos, A. L.; Carvalho, C. E. G. C.; Silva, M. L. Práticas experimentais investigativas no laboratório do ensino superior. *South American Journal of Basic Education Technical and Technological*, Rio Branco, v. 8, n. 2, p. 13-35, jan./abr. 2021.

Seito, A. I.; Gill, A. A.; Pannoni, F. D.; Ono, R.; Silva, S. B.; Del Carlo, U.; Silva, V. P. (ed.). *A segurança contra incêndio no Brasil*. São Paulo: Projeto, 2008.

Silva, C. R.; Simoni, J. A. Avaliação da capacidade tamponante: um experimento participativo. *Química Nova*, São Paulo, v. 23, p. 405-409, 2000.

Silva, V. C. *A importância da experimentação no ensino da química e ciências*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2016.

Silveira Neta, J. J.; Paracampo, N. E. N. P. *Orientações técnicas para a gestão de resíduos químicos nos laboratórios da Embrapa Amazônia Oriental*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 80 p.

Simeone, M. L. F. *Gestão de resíduos químicos e biológicos para o setor de laboratórios*. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.

Técnico Lisboa. *Manual de segurança para laboratórios*. Lisboa: Núcleo de Segurança, Higiene e Saúde, 2016.

United Nations. *Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)*. 9. ed. Nova York: United Nations, 2021. Disponível em: https://unece.org/sites/default/files/2021-09/GHS_Rev9E_0.pdf. Acesso em: 10 maio 2023.

Universidade Federal de São Carlos. Secretaria Geral de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. *Resíduos*. São Carlos: UFSCar, 201-. Disponível em: https://www.sgas.ufscar.br/degr/residuos. Acesso em: 6 maio 2023.

COLEÇÃO
# APONTAMENTOS
*Ciências exatas, da terra e engenharias*

EDUFSCar

- **Acidentes em edificações devidos à ação do vento**
  João Alfredo Azzi Pitta
- **Ações devidas ao vento em edificações**
  João Alfredo Azzi Pitta
- **Calculadora gráfica HP 50g aplicada à engenharia**
  Rodrigo Fajardo Filgueiras, Pedro Davies Rezende, Marco Aurélio Queiroz Rodrigues e Vinicius Noboru Kuranoto
- **Cartilha da lógica, A - 2ª edição**
  Maria do Carmo Nicoletti
- **Cartilha prolog, A**
  Maria do Carmo Nicoletti
- **Contexto curricular do Estado de São Paulo: reflexões via registros de representação semiótica, O**
  Paulo César Oliveira (Org.)
- **Controle digital de processos químicos com Matlab e Simulink**
  Wu Hong Kwong
- **Controle na fabricação de álcool**
  Cláudio Hartkopf Lopes e Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges
- **Curso de Física Computacional 1 para físicos e engenheiros físicos**
  Regiane Aparecida Ragi Pereira
- **Desenvolvimento de métodos por HPLC**
  Quezia B.Cass e Ana Lúcia Gusmão Degani
- **Desenvolvimento de novos empreendimentos**
  Ana Lucia Vitale Torkomian e Edemilson Nogueira
- **Dimensionamento de elementos estruturais em aço segundo a NBR 8800:2008**
  Alex Sander Clemente de Souza
- **Eletricidade aplicada à engenharia**
  Maria Zanin e Ioshiaqui Shimbo
- **Equações diferenciais parciais com Maple V**
  José Antonio Salvador
- **Estrutura e propriedades dos polímeros**
  Abigail Salles Lisbão
- **Evaporadores**
  Everaldo Cesar da Costa Araujo
- **Exercícios aplicados à físico-química dos polímeros**
  Abigail Salles Lisbão
- **Experimentos para laboratório de físico-química**
  Elton Sitta, José Mario Aquino, Manoel G. P. Homem e Sonia R. Biaggio
- **Ferramentas para o desenvolvimento profissional em Engenharia: currículo, estágio no exterior e docência**
  Daniel Rodrigo Leiva, Douglas Henrique Milanez e Tomaz Toshimi Ishikawa (Organizadores)
- **Ferramentas para o desenvolvimento profissional em Engenharia: inovação e desenvolvimento, empreendedorismo tecnológico e propriedade intelectual**
  Daniel Rodrigo Leiva, Douglas Henrique Milanez e Tomaz Toshimi Ishikawa (Organizadores)
- **Ferramentas para o desenvolvimento profissional em Engenharia: pesquisa, ciência e tecnologia**
  Daniel Rodrigo Leiva, Douglas Henrique Milanez e Tomaz Toshimi Ishikawa (Organizadores)
- **Fundamentos da teoria de conjuntos fuzzy**
  Maria do Carmo Nicoletti e Heloisa de Arruda Camargo
- **Fundamentos da teoria dos grafos para computação**
  Maria do Carmo Nicoletti e Estevam Rafael Hruschka
- **Guia de operação do aplicativo cad nx para uso em projeto mecânico de produto**
  Gustavo Franco Barbosa, Yu Kawahara, Juan Wesley dos Santos e Cleber Roberto Costa
- **Hipertexto de métodos de matemática aplicada com Maple V**
  José Antonio Salvador
- **Integração energética: redes de trocadores de calor**
  Wu Hong Kwong
- **Introdução à biofísica estrutural**
  Ignez Caracelli e Julio Zukerman-Schpector
- **Introdução à Matemática para Ciências Biológicas**
  Magda da Silva Peixoto
- **Introdução à tecnologia agroindustrial**
  Cláudio Hartkopf Lopes e Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges
- **Introdução ao controle de processos químicos com Matlab – volumes 1 e 2**
  Wu Hong Kwong
- **Introdução ao controle preditivo com Matlab**
  Wu Hong Kwong
- **Introdução aos conceitos e cálculos da Química Analítica: 1. Equilíbrio Químico e introdução à Química Analítica Quantitativa**
  Orlando Fatibello Filho
- **Introdução aos conceitos e cálculos da Química Analítica: 2. Equilíbrio ácido-base e aplicações em Química Analítica Quantitativa**
  Orlando Fatibello Filho
- **Introdução aos conceitos e cálculos da Química Analítica: 3. Equilíbrio de Solubilidade (ou de Precipitação) e Aplicações em Química Analítica**
  Orlando Fatibello Filho
- **Introdução aos conceitos e cálculos da Química Analítica: 4. Equilíbrio de Complexação e aplicações em Química Analítica**
  Orlando Fatibello Filho
- **Introdução aos conceitos e cálculos da Química Analítica: 5. Equilíbrio de Oxidação-redução e aplicações em Química Analítica**
  Orlando Fatibello Filho
- **Introdução às ligações químicas**
  José de Anchieta Rodrigues
- **Ligações em estruturas de aço**
  Alex Sander Clemente de Souza
- **Lógica para principiantes**
  Mark J. R. Cass
- **Logística: visão global e picking**
  Daniel Fernando Bozutti, Miguel A. Bueno-da-Costa e Remigio Ruggeri
- **Matlab: fundamentos e programação**
  Carlos Eugenio Vendrametto Junior e Selma Helena de Vasconcelos Arenales

COLEÇÃO
# APONTAMENTOS
*Ciências exatas, da terra e engenharias*

EDUFSCar

- **Mecânica dos sólidos 1: teoria e exercícios ilustrativos**
  José Sergio Komatsu e André Luis Christoforo
- **Mecânica dos sólidos e introdução aos métodos numéricos para Engenharia Civil**
  André Luis Christoforo e Walter Libardi
- **Mecânica dos sólidos elementar: teoria e exercícios ilustrativos**
  José Sergio Komatsu e André Luis Christoforo
- **Modelo de aprendizado de máquina baseado em exemplares: principais características e algoritmos, O**
  Maria do Carmo Nicoletti
- **Modelos probabilísticos aplicados à Engenharia de Produção**
  Reinaldo Morabito
- **Planejamento fatorial em química: maximizando a obtenção de resultados**
  Edenir Rodrigues Pereira Filho
- **Produtos educacionais: contribuições de pesquisas na Educação Matemática**
  Wu Hong Kwong
- **Programação linear: uma abordagem prática**
  Paulo César Oliveira (Org.)
- **Raios X: difração e espectroscopia**
  José de Anchieta Rodrigues
- **Redação de relatórios para químicos**
  André Fernando de Oliveira, Astréa F. de Souza Silva e Mário Alberto Tenan
- **Sistemas numéricos e tratamento de inteiros no Pascal**
  Maria do Carmo Nicoletti e Sandra Abib
- **Trocadores de calor**
  Everaldo Cesar da Costa Araujo
- **Uso do excel para químicos, O**
  André Fernando de Oliveira, Astréa F. de Souza Silva, Mário Alberto Tenan, Marcos Flores Júnior e Sérgio Lineu Olivo