

NORMAS DE SEGURANÇA

Essas normas objetivam trabalhos laboratoriais seguros para você e para os demais colegas que o cercam. Somada a essas normas, você deve utilizar sua intuição e o bom senso para reconhecer perigos em potencial.

Familiarize-se com os equipamentos de segurança do laboratório, tais como: extintor de incêndio, cobertores para abafar fogo, chuveiro de emergência, lava-olhos e caixa de primeiros socorros, perguntando sobre sua localização e seu funcionamento ao responsável pelo laboratório.

1. FOGO É UM PERIGO CONSTANTE. Conheça a localização dos extintores mais próximos e como utilizá-los. O laboratório também deve ser equipado com um chuveiro e um cobertor para extinção de fogo. Se o cabelo ou roupas pegarem fogo, apague-o cobrindo as chamas com um cobertor ou molhando-se no chuveiro de emergência. NÃO FUME NO LABORATÓRIO. NÃO DEIXE FRASCOS DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS PRÓXIMOS AO FOGO;
2. CALÇADOS MUITO ABERTOS NÃO SÃO ACONSELHÁVEIS PARA USO EM LABORATÓRIOS. Vidros quebrados e produtos químicos, tais como ácidos concentrados, podem cair ou formar uma poça no chão. TAMBÉM É EXIGIDO O USO DE UM AVENTAL (JALECO), DE PREFERÊNCIA DE ALGODÃO, LONGO E COM MANGAS COMPRIDAS, PARA A PROTEÇÃO DAS PERNAS E DOS BRAÇOS;
3. A UTILIZAÇÃO DE ÓCULOS DE PROTEÇÃO É RECOMENDADA DURANTE TODO O TEMPO. Não utilize lentes de contato durante o trabalho no laboratório, mesmo com a proteção de óculos de segurança. NO CASO DE QUALQUER REAGENTE QUÍMICO ENTRAR EM CONTATO COM OS OLHOS, LAVE-OS COM ÁGUA EM ABUNDÂNCIA;
4. CUIDADO COM FERIMENTOS EXPOSTOS AO CONTATO COM REAGENTES QUÍMICOS. O ferimento pode irritar, bem como servir de entrada de substâncias na corrente sanguínea;
5. Os vapores de um grande número de soluções são muito tóxicos e podem causar irritação ou prejudicar a mucosa nasal e a garganta. Utilize sua mão para trazer os vapores em direção ao seu rosto. A abertura, bem como a manipulação, de frascos contendo substâncias que produzem vapores deve ser realizada na câmara de exaustão (capela). REAÇÕES QUE PRODUZAM GASES VENENOSOS DEVEM SER FEITAS SEMPRE NA CAPELA;
6. Em várias práticas é necessário aquecer soluções em tubos de ensaio. Nunca aplique calor diretamente no fundo do tubo, sempre aplique-o na região do tubo correspondente ao nível superior da solução. Seja

cuidadoso quanto a direção para onde o tubo está voltado, evite voltá-lo para a sua face ou na direção de um colega;

7. Evite ingerir reagentes químicos. NÃO COMA E NEM BEBA NO LABORATÓRIO. Lave bem as mãos antes de sair do laboratório;
8. Ao utilizar uma pipeta para retirar líquidos de frascos use sempre um pipetador (pêra). EM NENHUMA HIPÓTESE REALIZE ESTA OPERAÇÃO UTILIZANDO A BOCA PARA SUGAR O LÍQUIDO;
9. NUNCA ADICIONE ÁGUA (OU ÁLCOOL) EM ÁCIDOS. SEMPRE O ÁCIDO NA ÁGUA (OU ÁLCOOL);
10. Nunca realize experimentos não autorizados e nem trabalhe sozinho no laboratório;
11. CUIDADO COM MATERIAL DE VIDRO QUENTE. Ao retirar material da estufa, faça-o utilizando uma luva apropriada e deixe-o resfriar por alguns minutos até poder manipula-lo com segurança;
12. NÃO JOGUE MATERIAIS SÓLIDOS NEM REAGENTES DENTRO DAS PIAS. Reagentes devem ser colocados em recipientes apropriados para posterior tratamento;
13. Ao introduzir rolhas em tubos de vidro, lubrifique o vidro levemente com água ou glicerina. Em seguida enrole parcialmente o vidro e a rolha com uma toalha de forma a proteger as mãos. Segure o tubo de vidro próximo a rolha e pressione-o levemente contra o orifício fazendo movimentos circulares;
14. Neutralize ácido ou base como a seguir:
 - ÁCIDO EM ROUPAS: use solução diluída de bicarbonato de sódio;
 - ÁLCALI EM ROUPAS: use uma solução de ácido bórico (50 g L⁻¹);
 - ÁCIDO OU ÁLCALI SOBRE A BANCADA: utilize bicarbonato de sódio em ambos os casos, seguido de água;
15. AO DEIXAR O LABORATÓRIO VERIFIQUE SE AS TORNEIRAS DE GÁS ESTÃO FECHADAS E TODOS OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DEVIDAMENTE DESLIGADOS.

TÉCNICAS LABORATORIAIS BÁSICAS

Seu comportamento no laboratório é um fator determinante na sua segurança e no desenvolvimento eficiente de seus experimentos. Para desenvolver suas atividades laboratoriais de forma organizada, você deverá estudar o roteiro da aula ANTES de entrar no laboratório, preparando uma estratégia de trabalho em que deverão ser incluídos, por exemplo, os cálculos para o preparo de soluções e os valores de parâmetros encontrados na bibliografia.

O seu local de trabalho deve estar sempre limpo, devendo ser evitados obstáculos inúteis ao seu redor e em torno de seu sistema ou equipamento em uso. Quando montar um sistema, chame o responsável pelo laboratório, antes de iniciar o experimento, para uma verificação final.

Você deve aprender a limpar o seu próprio material, antes e depois do uso, tendo sempre em mente as NORMAS DE SEGURANÇA do laboratório.

A seguir serão descritos alguns utensílios mais comuns utilizados em um laboratório, bem como algumas das técnicas de manipulação geralmente empregadas. Na primeira aula do curso, serão feitas várias demonstrações que complementarão essas informações.

UTENSÍLIOS DE VIDRO

Antes de utilizar qualquer material de vidro verifique se o mesmo não está quebrado ou se não possui trincas. Vidros quebrados podem causar cortes profundos e frascos trincados, quando aquecidos, podem quebrar, com conseqüências imprevisíveis. Todo o material de vidro quebrado deve ser entregue ao responsável pelo laboratório, pois grande parte pode ser recuperada.

O procedimento mais comum recomendado para a limpeza de materiais de vidro é o de lavar o objeto cuidadosamente com uma escova e detergente, enxaguar com água da torneira e, finalmente, enxaguar com água destilada. Após a lavagem deixe a água escorrer colocando o objeto com a boca voltada para baixo ou seque-o em uma estufa. Quando for necessária a utilização imediata do material, enxágüe-o de duas a três vezes com pequenas porções da solução a ser utilizada.

Se uma limpeza mais cuidadosa for necessária, podem ser empregadas soluções mais agressivas, seguida de lavagem com água destilada. Cuidado ao empregar soluções de limpeza que contenham ácidos ou álcalis, pois os respingos podem destruir suas roupas bem como causar queimaduras sérias. NÃO UTILIZE SEM A SUPERVISÃO DO RESPONSÁVEL PELO LABORATÓRIO!

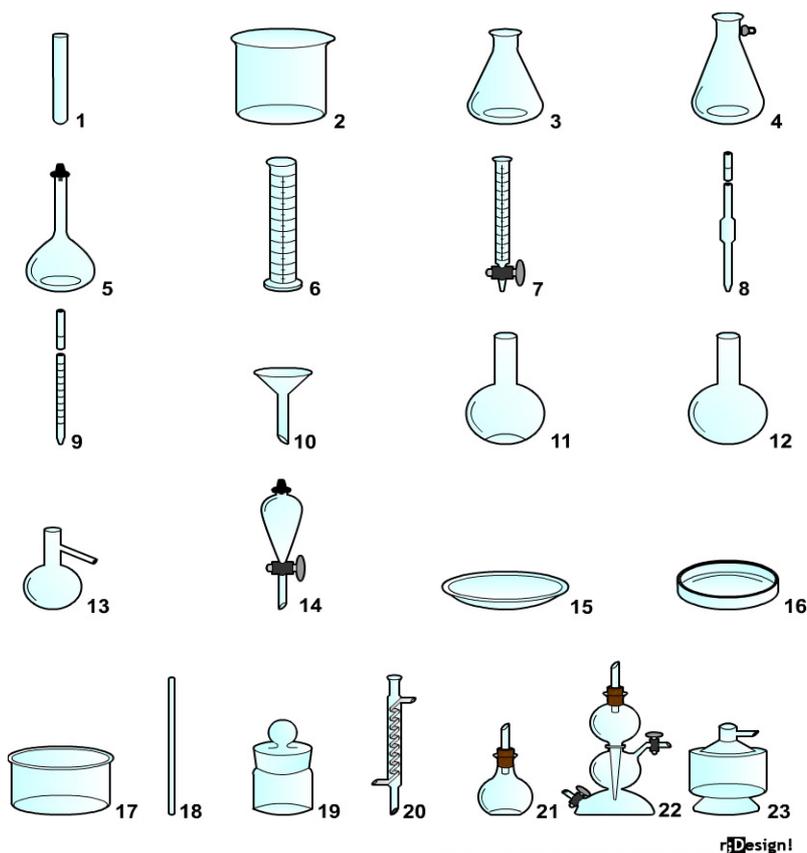


FIGURA 1. Utensílios de vidro comuns em laboratórios químicos.

A FIGURA 1 ilustra os materiais de vidro de uso mais comuns no laboratório, cujas denominações e principais usos são descritos a seguir:

1. TUBO DE ENSAIO: utilizado para realizar reações químicas em pequena escala;
2. BÉQUER: copo de vidro utilizado para preparar soluções e aquecer líquidos;
3. ERLENMEYER: usado para titulações e aquecimento de líquidos;
4. KITASSATO: parte do conjunto usado para filtrações a vácuo;
5. BALÃO VOLUMÉTRICO: frasco calibrado de precisão utilizado para preparar e diluir soluções;

6. CILINDRO GRADUADO (PROVETA): usado para medidas aproximadas de volumes de líquidos;
7. BURETA: usada para medidas volumétricas precisas;
8. PIPETA VOLUMÉTRICA: usada para medir volumes fixos de líquidos;
9. PIPETA GRADUADA: usada para medir volumes variáveis de líquidos;
10. FUNIL: usado para transferências de líquidos e para filtrações. O funil com colo longo e estrias é chamado de funil analítico;
11. BALÃO DE FUNDO CHATO: usado para aquecimento e armazenamento de líquidos;
12. BALÃO DE FUNDO REDONDO: usado para aquecimento de líquidos e para realizar reações que envolvam desprendimento de gases;
13. BALÃO DE DESTILAÇÃO: possui saída lateral e é usado para destilações;
14. FUNIL DE DECANTAÇÃO: usado para a separação de líquidos imiscíveis;
15. VIDRO DE RELÓGIO: usado para cobrir béqueres durante evaporações, pesagens, etc.;
16. PLACA DE PETRI: usada para cobrir cristalizadores, para o desenvolvimento de culturas, e inúmeros outros fins;
17. CUBA DE VIDRO: utilizado para conter misturas refrigerantes e finalidades diversas;
18. BASTÃO DE VIDRO: usado na agitação e transferência de líquidos;
19. PESA-FILTRO: recipiente usado para a pesagem de sólidos;
20. CONDENSADORES: utilizados na condensação de vapores em processos de destilação ou de aquecimento sob refluxo;
21. PICNÔMETRO: utilizado na determinação da densidade de líquidos;
22. APARELHO DE KIPP: utilizado na produção de gases, tais como, H₂S e CO₂;
23. DESSECADOR: utilizado no armazenamento de substâncias sob pressão reduzida ou em atmosfera com baixo teor de umidade.

OBSERVAÇÕES:

- Não seque na estufa a vidraria graduada e volumétrica, pois o aquecimento, seguido de resfriamento, deformará o vidro, comprometendo a precisão das medidas posteriores.

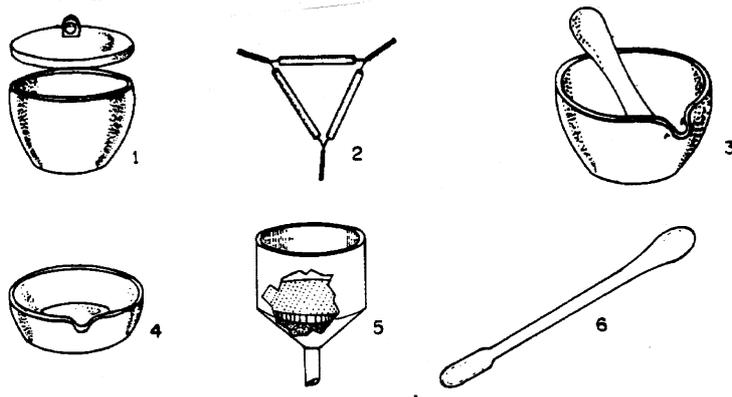


FIGURA 2. Utensílios de porcelana de uso em laboratórios químicos.

UTENSÍLIOS DE PORCELANA

Na **FIGURA 2** estão mostrados os utensílios mais comuns feitos de porcelana, cujos empregos são descritos a seguir:

1. CADINHO: usado em calcinações de substâncias;
2. TRIÂNGULO DE PORCELANA: usado para sustentar cadinhos de porcelana em aquecimentos diretos no bico de Bunsen;
3. ALMOFARIZ E PISTILO: usados para triturar e pulverizar substâncias sólidas;
4. CÁPSULA: usada na evaporação de líquidos;
5. FUNIL DE BÜCHNER: usado em conjunto com um kitassato para filtrações a vácuo;
6. ESPÁTULA: usada para a transferência de sólidos.

UTENSÍLIOS METÁLICOS

Vários utensílios utilizados em um laboratório de química são metálicos. Alguns deles são representados na **FIGURA 3** e seus usos específicos são descritos a seguir:

1. SUPORTE UNIVERSAL, MUFA E GARRA: usados na sustentação de peças para as mais diferentes finalidades. A garra metálica pode ser específica para determinadas peças, por exemplo, garra para buretas (garra dupla), garra para destiladores (formato arredondado) e anel para funil;

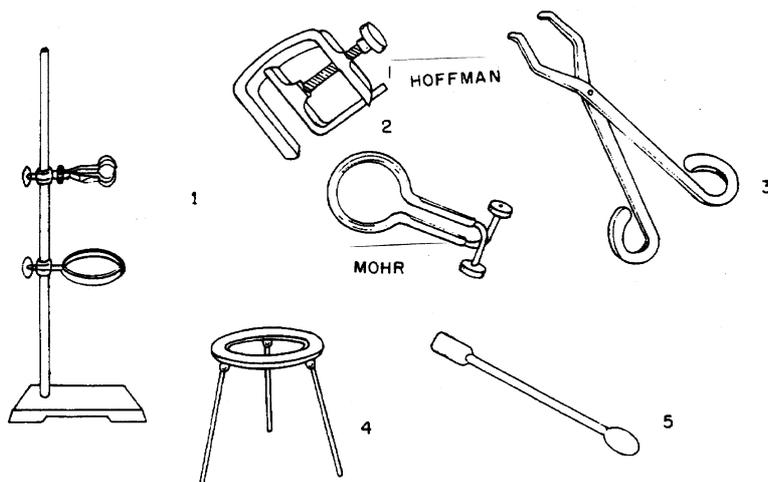


FIGURA 3. Utensílios metálicos de uso em laboratórios químicos.

2. PINÇAS DE MOHR E DE HOFFMAN: usadas para impedir ou reduzir o fluxo de líquidos ou gases através de mangueiras;
3. PINÇA METÁLICA: usada para segurar objetos aquecidos;
4. TRIPÉ: usado como suporte de telas de amianto e de triângulos em processos de aquecimento com bico de Bunsen;
5. ESPÁTULA: similar a de porcelana é de uso mais comum devido ao preço e a grande variedade de formatos, contudo tem limitações quanto ao ataque por substâncias corrosivas.

OUTROS MATERIAIS

Além dos materiais já descritos, existem alguns outros materiais que são descritos a seguir, mostrados na **FIGURA 4**:

1. TELA DE AMIANTO: usada para produzir uma distribuição uniforme de calor durante o aquecimento com um bico de gás. Trata-se de uma tela metálica com a região central coberta de amianto;
2. PINÇA DE MADEIRA: usada para segurar tubos de ensaio;
3. PIPETADOR OU PÊRA: é para ser acoplado em pipetas, auxiliando na técnica de pipetar líquidos;
4. PISSETA: usualmente feita de plástico, pode conter água destilada, álcool ou outros solventes, sendo usada em lavagens de precipitados;

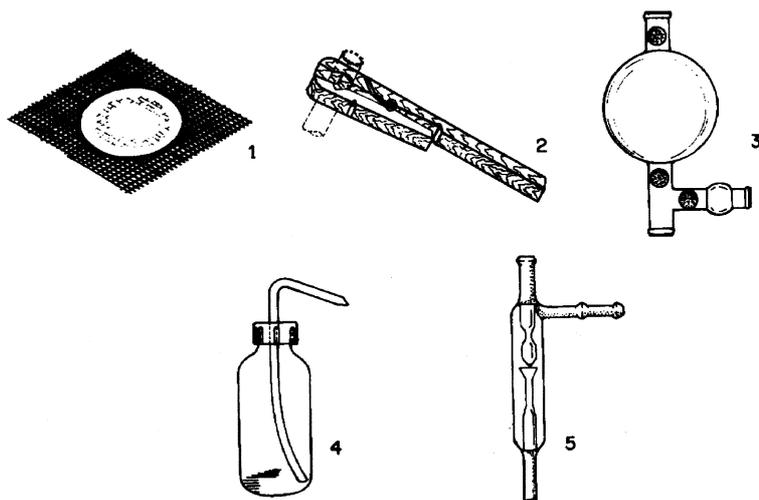


FIGURA 4. Alguns utensílios de uso comum em laboratórios químicos.

5. TROMPA DE ÁGUA: acoplada a uma torneira, serve para aspirar o ar e reduzir a pressão no interior de um frasco (na figura correspondente está representada uma trompa feita de vidro).

MANUSEIO DE SÓLIDOS

Para retirar um sólido, na forma de pó ou grânulos, de um frasco é utilizada uma espátula cuidadosamente limpa, para evitar contaminações. Se o frasco tiver uma boca estreita, impossibilitando a introdução de uma espátula, deve ser feita em primeiro lugar, uma transferência do sólido para um pedaço de papel ou para um recipiente de vidro.

Após o uso, feche bem o frasco para evitar a contaminação do reagente através da entrada de poeira ou umidade. NÃO RETORNE O REAGENTE EXCEDENTE PARA O FRASCO ORIGINAL!

MANUSEIO DE LÍQUIDOS

Quando retirar líquidos de um frasco, algumas precauções devem ser tomadas:

1. Ao transferir um líquido, evite que o mesmo esorra externamente, danificando o rótulo de identificação, impedindo assim a leitura do nome da substância;

2. Antes de derramar um líquido, incline o frasco de modo a molhar o gargalo, o que evitará que o líquido escoe bruscamente;
3. Ao verter líquidos em um recipiente utilize um funil ou um bastão de vidro pelo qual o líquido escorrerá;
4. Em nenhuma circunstância coloque bastões de vidro, pipetas ou quaisquer outros materiais dentro de frascos de reagentes. Para pipetar, transfira uma porção do líquido para um frasco limpo e seco, e a partir deste efetue a operação;
5. **NÃO RETORNE LÍQUIDO NÃO UTILIZADO AO FRASCO DE REAGENTE!** Retire o mínimo necessário e o excesso coloque em um frasco separado para futuros usos ou para ser recuperado;
6. Não coloque líquidos aquecidos dentro de frascos volumétricos, pois o processo de expansão/contração, devido ao aquecimento seguido de resfriamento, altera a calibração desses frascos.

AQUECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS

Os utensílios mais comuns utilizados no aquecimento de substâncias são: bico de Bunsen, chapa aquecedora e manta aquecedora. Alguns cuidados gerais devem ser observados quando da realização de aquecimento de substâncias:

1. Não utilize uma chama para aquecer substâncias inflamáveis;
2. Não aqueça substâncias em frascos volumétricos;
3. Não aqueça substâncias em recipientes totalmente fechados;
4. Iniciar sempre o aquecimento de forma branda, intensificando-o depois de alguns segundos;
5. Ao aquecer líquidos em tubos de ensaio, não aqueça o fundo do tubo. Posicione a chama na altura do nível do líquido. Use uma pinça de madeira para segurar o tubo. Não volte a boca do tubo de ensaio em sua direção ou na direção de seus companheiros;
6. Terminado o uso do gás, verifique se todos os registros estão devidamente fechados, evitando assim o perigo de escape.

MANUSEIO DE TUBOS DE VIDRO

O trabalho com vidro exige muito cuidado, pois envolve o perigo de cortes e queimaduras (veja as NORMAS DE SEGURANÇA). As técnicas para cortar, dobrar e esticar tubos de vidro lhe será demonstrada (por um especialista) no primeiro dia de atividades.

INSERÇÃO DE TUBOS DE VIDRO EM ROLHAS

Nesta operação verifique se:

1. As bordas do tubo de vidro não contêm regiões cortantes;
2. O orifício na rolha tem um diâmetro condizente com o diâmetro do tubo;
Em seguida, observe as seguintes etapas de procedimento:
3. Aplique uma pequena quantidade de lubrificante à superfície do vidro (glicerina ou água);
4. Proteja as mãos com um tecido grosso;
5. Segure o tubo de vidro bem próximo à rolha;
6. Aplique uma leve pressão combinada com movimentos de rotação.

MANUSEIO DO BICO DE BUNSEN

Geralmente, o aquecimento em laboratório é feito utilizando-se queimadores de gases combustíveis, sendo o mais simples deles o bico de Bunsen, **FIGURA 5**. Outro desses queimadores é o bico de Meeker, o qual é uma modificação do bico de Bunsen. Este queimador é maior que o de Bunsen e possui uma grelha que ajuda na formação de uma chama mais quente e mais distribuída.

De uma maneira geral, o gás entra no queimador pela sua base e seu fluxo é regulado por uma torneira externa na parte inferior do bico. À medida que o gás sobe pelo tubo do queimador, o ar é injetado através de orifícios situados um pouco acima da base. A quantidade de ar pode ser controlada girando-se o anel que fica sobre os orifícios.

A etapa inicial para se acender um bico de gás é fechar a entrada de ar e posicionar o queimador longe de objetos inflamáveis. A seguir, deve-se abrir o gás e acender o queimador. A chama obtida apresenta uma cor amarela brilhante e é bastante grande. Esta chama é "fria" e inadequada ao uso porque a mistura é pouco oxidante. Para que uma chama mais quente seja obtida, deve-se deixar o ar entrar gradualmente no sistema, até que sua coloração se torne azulada. Nota-se então, duas regiões cônicas distintas, como mostradas na **FIGURA 5**: a interna, mais fria, chamada de zona redutora, e a externa, quase invisível, chamada de zona oxidante. A região mais quente, com temperatura em torno de 1560 °C, está situada logo acima do cone interno.

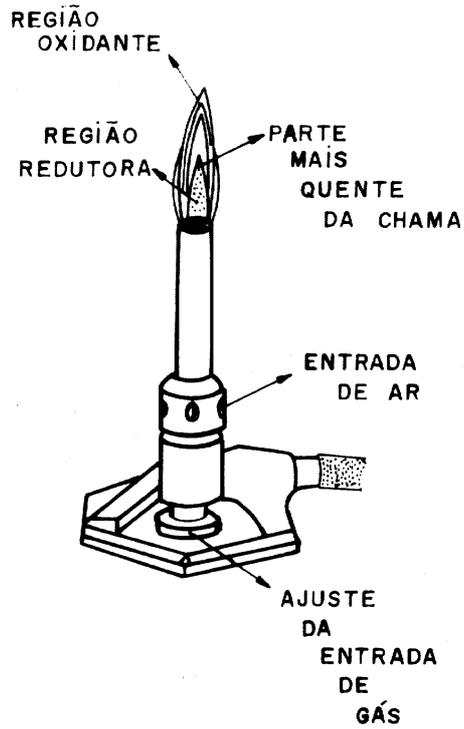


FIGURA 5. Esquema de um bico de Bunsen.

ERROS EXPERIMENTAIS

Nesta seção será descrita os tipos de erros que são encontrados no decorrer dos experimentos de química e como suas magnitudes são estimadas e relatadas. A estimativa da exatidão provável dos resultados é uma parte vital de qualquer análise, pois o desconhecimento da confiabilidade torna os resultados sem valor.

ERRO: É a diferença entre um valor medido (x_i) e o valor verdadeiro (x_v) de uma grandeza.

$$\varepsilon = x_i - x_v$$

ERRO RELATIVO: relaciona quanto um valor medido (x_i) se afastou do valor verdadeiro (x_v) de maneira relativa. Em geral, ela é apresentada na forma percentual:

$$\varepsilon_{\text{relativo}\%} = |x_i - x_v| \cdot 100\% / x_v$$

ERROS ALEATÓRIOS: ocorrem como consequência de flutuações incontrolláveis devido às condições experimentais. Geralmente, sua característica fundamental é a dispersão acima e abaixo do valor verdadeiro. Por possuírem natureza indeterminada só podem ser detectados pela repetição das experiências e subsequente análise estatística. Frequentemente o resultado final de uma experiência é calculado a partir grandezas obtidas experimentalmente.

ERROS SISTEMÁTICOS: são aqueles que apresentam uma diferença constante entre o valor medido e o valor verdadeiro. Estes erros ocorrem na maioria das vezes devido a erros de leitura ou devido a equipamentos descalibrados. Observe que, como geralmente não é possível se conhecer o valor verdadeiro de uma grandeza, então, é necessário que ao se realizar uma medição, se tenha da qualidade dos equipamentos e da experiência do experimentador. Na maioria das vezes, o tratamento dos erros de caráter sistemático é um processo complexo que exige que se identifique a sua origem. Estes erros podem ser eliminados (total ou parcialmente) pela introdução de fatores de correção ou ensaios em branco.

ERRO SISTEMÁTICO RESIDUAL: Como sempre se pode definir um limite mínimo de detecção de um instrumento, sempre existirá um erro sistemático em uma medição, ainda que todos os outros fatores possam ser eliminados. Assim, existe um erro sistemático que não pode ser eliminado que é denominado erro sistemático residual (σ_R). Em geral, define-se este erro como a metade do limite de detecção ou precisão de um instrumento de medição, de tal forma que:

$$\sigma_R = P / 2$$

Por exemplo, em uma régua, a precisão (P) é definida como a distância entre dois traços subseqüentes, isto é, 1 mm. Assim, pode-se estimar que o erro sistemático residual é da ordem de 0,5 mm.

VALOR MAIS PROVÁVEL: Como encontrar o valor verdadeiro de uma grandeza é praticamente impossível, em seu lugar utiliza-se o valor médio de n medições, de tal forma que é esperado que a média dos valores deva se aproximar do valor verdadeiro.

$$x_M = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

INCERTEZA: Como conseqüência do desconhecimento do valor verdadeiro, conhecer o erro de uma medida também é impossível. Assim, torna-se necessário a introdução do conceito de incerteza, que é definido como a diferença entre um valor medido (x_i) e o valor mais provável (x_M).

$$\sigma = x_i - x_M$$

INCERTEZA DE UMA MEDIÇÃO: Em geral têm sido definido dois tipos de incertezas: i) incertezas do tipo A (σ_A), que estão relacionadas aos métodos estatísticos e ii) incertezas do tipo B (σ_B), que estão associadas a outros métodos. Define-se a incerteza total de uma medição como:

$$\sigma = \sigma_A + \sigma_B$$

Do ponto de vista prático deste curso, nós adotaremos que a incerteza do tipo A está relacionada ao desvio padrão ($\sigma_A = \sigma_P$) e a incerteza do tipo B aos erros sistemáticos residuais ($\sigma_B = \sigma_R$).

DESVIO PADRÃO EXPERIMENTAL: Define-se desvio padrão experimental de uma grandeza física mensurável como:

$$\sigma_P = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_m)^2 / (n - 1)}$$

PRECISÃO E EXATIDÃO: Embora muitas vezes confundido, os dois conceitos são bastante distintos. O resultado de uma medição será tanto mais preciso quanto menor for a incerteza na medição. Por outro lado, o resultado será mais exato quando a medição produzir medidas mais próximas do valor verdadeiro. Para elucidar melhor estas idéias, observe a **FIGURA 1**, representando esquematicamente vários alvos de dardos.

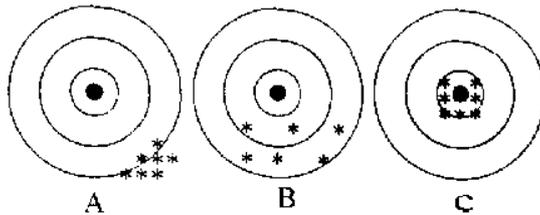


FIGURA 1. Comparação entre precisão e exatidão.

REPRESENTAÇÃO CORRETA DE UMA MEDIDA: Para representar corretamente o valor de uma grandeza é necessário indicar basicamente três parâmetros: o valor médio, a incerteza e a unidade da medida.

$$\text{Volume (V)} = 22,3 \pm 0,8 \text{ mL}$$

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE INCERTEZAS: Uma forma bastante comum de se apresentar incertezas está relacionada com a montagem de gráficos contendo as barras de erro. As barras de erro são as representações das incertezas das medidas. A FIGURA 2 mostra o resultado de uma grandeza G e suas incertezas em função de uma variável X. Os máximos e mínimos da barra de erro estão relacionados respectivamente aos valores $G_i \pm \sigma_i$.

PROPAGAÇÃO DE ERROS: A maioria das grandezas não pode ser medida a partir de uma única observação direta. O procedimento envolve geralmente dois passos distintos. O primeiro consiste na determinação experimental de uma ou mais grandezas que podem ser medidas diretamente. No segundo passo, efetua-se o cálculo da grandeza pretendida recorrendo aos valores medidos.

Sempre que uma experiência envolve estes dois passos a estimativa dos erros será também um procedimento com dois passos. Em primeiro lugar, devemos estimar os erros nas grandezas medidas diretamente e, em seguida, determinar como é que esses erros se propagaram através dos cálculos para originar o erro no resultado final.

Algumas fórmulas básicas podem ser utilizadas para calcular o erro propagado por equações entre diferentes grandezas. Se uma grandeza ($G = G_M \pm \sigma_G$) depende de duas variáveis e cada variável tem sua respectiva incerteza: ($x = x_M \pm \sigma_x$) e ($y = y_M \pm \sigma_y$), então a incerteza total da grandeza G (σ_G) estará relacionada com todas as incertezas destas variáveis. Em algumas situações mais comuns:

- i) Adição e subtração: $\sigma_G = \sigma_x + \sigma_y$;
- ii) Multiplicação e divisão: $(\sigma_G/G_M) = (\sigma_x/x_M) + (\sigma_y/y_M)$.

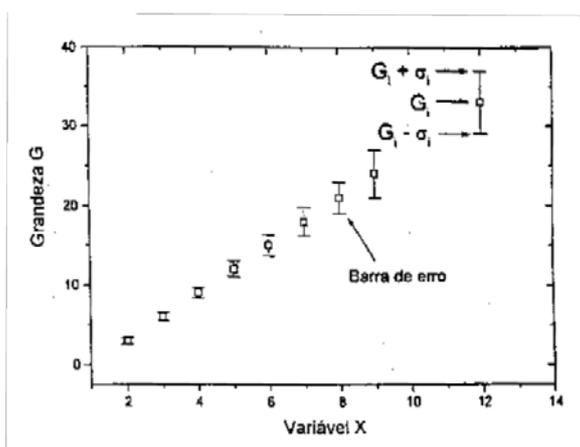


FIGURA 2. Representação gráfica de barras de erro.

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS: Após todo o desenvolvimento, é necessário analisar com cuidado a questão sobre o número de algarismos significativos a serem apresentados em um resultado. Por exemplo, dizer que o volume de uma solução é de 12,487234019 mL utilizando-se uma bureta como instrumento de medição parece ter pouco significado. Uma bureta comum tem limite de detecção de 0,1 mL, com incerteza residual de 0,05 mL. Assim, as casas decimais posteriores ao algarismo 8 não podem ter qualquer significado. Então, para uma única medição do volume seria melhor indicar o resultado como $V = 12,49 \pm 0,05$ mL, onde o último algarismo foi arredondado.

Para o arredondamento de algarismos, adota-se o critério de desprezar os algarismos de 4 para baixo e arredondar para uma ordem de grandeza acima os algarismos de 5 para cima e, para o par mais próximo, se o dígito posterior for exatamente 5.

São algumas regras básicas adotadas no cálculo de algarismos significativos:

- i) O número 0,0000425 (3 dígitos significativos) deve ser indicado como $4,25 \times 10^{-5}$;
- ii) O número 380000000 deve ser indicado como $3,8 \times 10^7$ (2 dígitos significativos) ou $3,80 \times 10^7$ (3 dígitos significativos), etc., dependendo do número de algarismos significativos a ser utilizado.