3
aula

TRATAMENTO DE DADOS:
ANÁLISE DE RESULTADOS EXPERIMENTAIS

META
Apresentar a teoria básica para tratamento de dados.

OBJETIVOS
Ao final da aula, o aluno deverá:
conhecer o significado e aplicação de termos, como medidas e erros;
identificar e calcular os algarismos significativos e métodos de arredondamento;
redigir valores numéricos com unidades adequadas;
saber desenvolver uma análise dimensional simples;
e representar resultados na forma de tabelas e gráficos.

PRÉ-REQUISITOS
Conhecimentos sobre normas para confecção de relatórios.

$$C = \frac{3.407 \text{ mols}}{3.406 \text{ mols}} = 1.0$$

$$H = \frac{4.544 \text{ mols}}{3.406 \text{ mols}} = 1.333$$

$$O = \frac{3.406 \text{ mols}}{3.406 \text{ mols}} = 1.0$$

INTRODUÇÃO

Caro aluno ou aluna, vamos continuar com a nossa incursão para desvendar os segredos do labora tório de química. Na aula anterior, você viu como confeccionar um relatório. As dúvidas, que eu imagino existirem, devem ser anotadas e levadas para discussão no pólo. Agora, vamos prosseguir. Como dito anteriormente, o objetivo de um experimento é a obtenção de valores mensuráveis e a análise de propriedades e fenômenos com base nestes resultados experimentais. Sendo assim, é necessário que tenhamos confiança nos resultados e que estes valores numéricos sejam representativos. Para que você possa expressar corretamente seus resultados, será feita, a seguir, uma representação sumária de alguns tópicos que irão auxiliá-lo nesta tarefa.

Laboratório (www.quimlab.com.br)

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Quando efetuamos uma medida, convém lembrar que, sem dúvida alguma, ela está afetada de certo grau de incerteza, por melhor que seja o instrumento utilizado e por mais hábil que seja o operador. Isso significa que é impossível determinar o valor verdadeiro de uma grandeza. Na realidade, o máximo que podemos obter é o seu valor mais provável e é isto que se verifica, quer estejamos medindo o comprimento de uma mesa, a massa de um próton ou a velocidade da luz.

Ao exprimir o resultado de uma medida, você deve preocupar-se, fundamentalmente, com o número de algarismos. Para que o resultado seja correto, ele deve conter todos os algarismos acerca dos quais você tem certeza e o primeiro algarismo duvidoso. Esses algarismos são denominados algarismos significativos porque são aqueles que possuem valor prático ou significativo na expressão do resultado. Lembre-se que números matematicamente iguais podem ser diferentes quando exprimem uma medida. Por exemplo, os números 2,54 e 2,5400 são iguais matematicamente, mas são bastante diferentes quando representam os resultados de uma medida, como, por exemplo a massa de um corpo: 2,54g 2,5400g.

O valor 2,54g é obtido numa balança cuja sensibilidade é 0,01g, o que significa que a massa medida está compreendida entre 2,53-2,55g. Os algarismos 2 e 5 são conhecidos com certeza, enquanto que o 4 é duvidoso; o número 2,54 tem, portanto, 3 algarismos significativos e o resultado da medida deve ser expresso por (2,54 ±0,01)g. É errado colocar quaisquer outros algarismos depois do 4, mesmo que sejam zeros.

Por outro lado, o valor 2,5400g só pode ser obtido em uma balança sensível com imprecisão de ±0,0001 g; isto significa que, neste caso, a massa está compreendida no intervalo de 2,5399g - 2,5401g, muito menor que o anterior. Agora não só os algarismos 2 e 5 são conhecidos com certeza mas também o 4 e o primeiro zero (2,5400 g; o algarismo duvidoso é o segundo zero (2,5400 g) e o número 2,5400 tem 5 algarismos significativos. Neste caso, o resultado da medida deve ser expresso por (2,5400 ±0,0001) g. Estes exemplos mostram que você deve prestar atenção especial aos zeros finais dos números; você não deve omiti-los quando são algarismos significativos. Observe que o número de algarismos significativos nada tem a ver com a posição da vírgula; portanto, zeros que indicam apenas a ordem de grandeza do número 1048; 10,48; 1,048; 0,01048 e 0,001048 têm todos 4 algarismos significativos. Para indicar com clareza se o último zero é ou não significativo, o número deve ser escrito sob a forma:

$$10a \text{ onde } 1 \leq a \leq 10$$

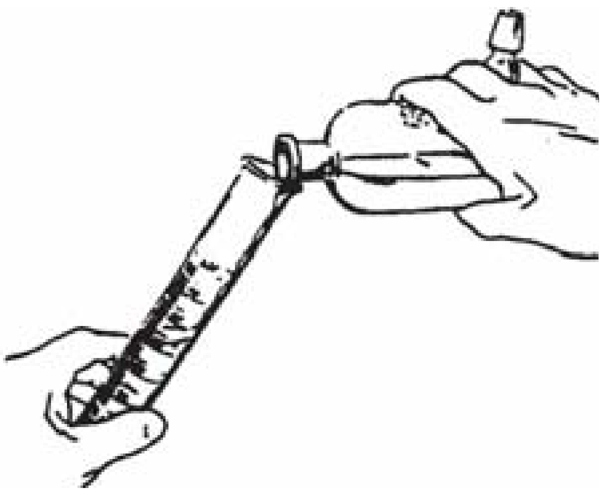
Portanto, se o zero mencionado é significativo, o número deve ser escrito como $1,0480 \times 10^4$ e se não for, como $1,048 \times 10^4$.

OPERAÇÕES COM ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Até agora nós vimos que o número de algarismos significativos de uma medida depende da precisão do instrumento de medida. Mas, quantos são os algarismos significativos do resultado de um cálculo? Quando o resultado de uma análise é calculado, vários números, que representam os valores das grandezas determinadas experimentalmente (ex: massa de substância, volume de solução e também números retirados de tabelas), são envolvidos. A manipulação destes dados experimentais, que geralmente possuem diferentes números de algarismos significativos, gera o problema de se determinar o número de algarismos significativos a ser expresso no resultado do cálculo. Por isto, algumas regras a este respeito, envolvendo operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, serão discutidas.

ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO

Quando duas ou mais quantidades são adicionadas e/ou subtraídas, a soma ou diferença deverá conter tantas casas decimais quantas existirem no componente com o MENOR número delas. Antes de somar ou subtrair, é conveniente reduzir o número de casas decimais de todas as parcelas até que fiquem iguais à parcela que tenha o menor número de casas. Assim, antes de somar ou subtrair, pode ser necessário eliminar um ou mais algarismos significativos. Este procedimento é chamado de arredondamento.



Regra de arredondamento:

*Quando for necessário arredondar:

Se o dígito que segue o último algarismo significativo é > 5, então o número antecessor é aumentado em uma unidade.

Ex: 1,3<u>4</u>6 arredonda para 1,3<u>5</u>.

Se o dígito que segue o último algarismo significativo é < 5, então o último dígito significativo é mantido. Ex: 1,3<u>4</u>3 arredonda para 1,3<u>4</u>

E se for = 5,0 com antecessor par, permanece. Mas, com antecessor ímpar acrescenta uma unidade no antecessor

Ex: 1,3<u>4</u>5 arredonda para 1,3<u>4</u> (permanece) e 1,3<u>5</u>5 arredonda para 1,3<u>6</u> (acrescenta uma unidade)

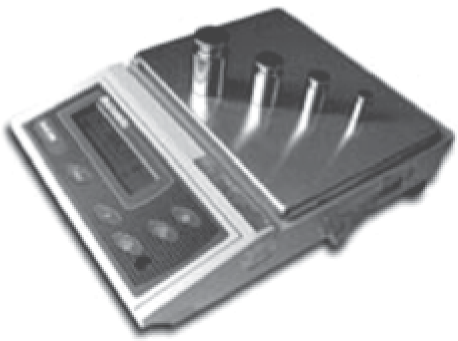
Assim, para somarmos os números 104,75g; 0,2856g; 72,31g; 10,215g seria necessário arredondar os números para 4 algarismos significativos Desta forma teremos:

104,8 g *(104,75 foi arredondado para 104,8)*

0,3 g *(0,2856 foi arredondado para 0,3)*

72,3 g *(72,31 foi arredondado para 72,3)*

<u>10,2 g</u> *(10,215 foi arredondado para 10,2)*



187,6 g

Ou seja, o resultado já se encontra com o número de algarismos significativos correspondente aos valores dos números de menor precisão utilizados na operação matemática, no caso 0,2856g e 72,31g ambos com 4 algarismos significativos.

Outro exemplo: Um pedaço de polietileno pesou 6,8 g numa balança cuja incerteza é ± 0,1 g. Um pedaço deste corpo foi retirado e pesado em uma balança analítica cuja massa medida foi de 2,6367 g. Calcular a massa do pedaço de polietileno restante.

6,8
$\underline{2,6}$ - (*2, 6367 foi arredondado para 2,6*)
4,2

MULTIPLICAÇÃO E DIVISÃO

Nestes casos, o resultado deverá conter tantos algarismos significativos quantos estiverem expressos no componente com menor número de algarismos significativos, ou seja, seguindo a mesma regra da adição e subtração.

Exemplos:

Calcular a quantidade de matéria existente nos seguintes volumes de solução de HCL 0,1000 mol/L.

a) 25,00 mL

Quantidade de matéria = n_{HCl} = 25,00 x 0,1000 x 10^{-3} = 2,500 x 10^{-3} mol (*4 algarismos*)

Observação: 0,100 mol/L (4 algarismos) e 25,00 mL (4 algarismos), por isto o resultado está expresso com 4 algarismos também (2,500 x 10^{-3} mol).

b) 25,0 mL

n_{HCl} = 25,0 x 0,1000 x 10^{-3} = 2,50 x 10^{-3} mol

Observação: 0,100 mol/L (4 algarismos) e 25,0 mL (3 algarismos), por isto o resultado está expresso somente com 3 algarismos (2,50 x 10^{-3} mol).

c) 25 mL

n_{HCl} = 25 x 0,1000 x 10^{-3} = 2,5 x 10^{-3} mol

Observação: 0,100 mol/L (4 algarismos) e 25 mL (2 algarismos), por isto o resultado está expresso somente com 2 algarismos (2,5 x 10^{-3} mol).

d) Na titulação de 24,98 mL de uma solução de HCl foram gastos 25,11 mL de solução de NaOH 0,1041 mol/L. Calcular a concentração da solução de HCl.

Dados: V_{HCl} = 24,98 mL *(4 algarismos)* ; V_{NaOH}=25,11 mL *(4 algarismos)* e C_{NaOH}=0,1041 mol/L *(4 algarismos)*

$$C_{HCl} = \frac{V_{NaOH} \times C_{NaOH}}{V_{HCl}} = \frac{25{,}11 \times 0{,}1041}{24{,}98} = 0{,}104642...$$

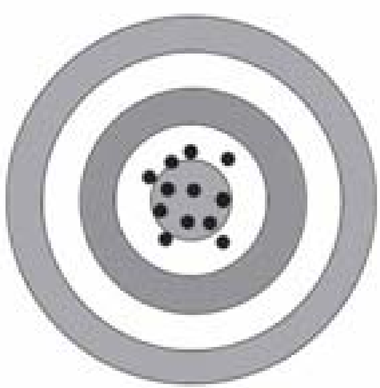
C_{HCl} = 0,1046 mol/L. *(4 algarismos)*

Quando são feitas várias operações sucessivas, é conveniente manter os números que serão usados nos cálculos subseqüentes com, pelo menos, um dígito além do último algarismo incerto. Como no exemplo já visto, DEIXA-SE PARA FAZER O ARREDONDAMENTO APENAS APÓS A CONCLUSÃO DO CÁLCULO FINAL, ainda mais que, freqüentemente, tais cálculos são realizados com calculadoras eletrônicas.

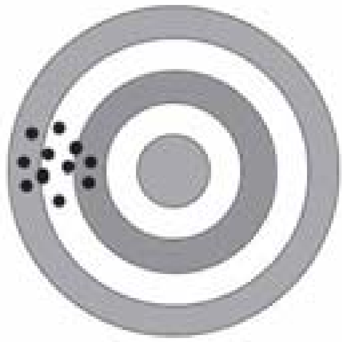
A regra aqui apresentada para o caso de multiplicação e divisão é apenas uma regra prática, que resulta do fato de que, nestas operações algébricas, a incerteza relativa ao resultado não pode ser menor que a incerteza do número que possui menor incerteza.

MEDIDAS E ERROS

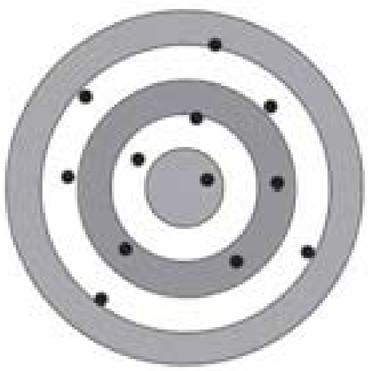
Por definição, erro ou incerteza de uma medida é a diferença entre o seu valor verdadeiro e o valor encontrado experimentalmente. Portanto, neste caso, a palavra “ erro” não deve ser entendida como engano. Como é praticamente impossível obter-se em uma só medida o valor verdadeiro, entende-se que em qualquer determinação experimental há um erro ou incerteza no seu valor. O que se procura fazer é minimizar a grandeza desse erro. É possível distinguir duas contribuições à incerteza: limitações de precisão e limitações de exatidão. Enquanto a precisão exprime a reprodutibilidade da medida, isto é, a possibilidade de se “repetir” o valor encontrado, a exatidão indica até que ponto esse valor se aproxima do valor verdadeiro ou, pelo menos, do valor mais provável. Um exemplo clássico da diferença entre precisão e exatidão pode ser facilmente visualizado no exercício de tiro ao alvo.



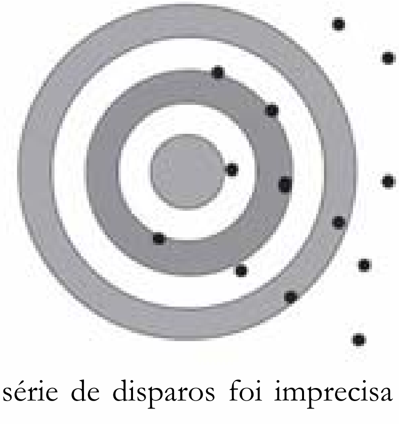
Situação A: a série de disparos foi precisa e exata



Situação B: a série de disparos foi precisa e inexata



Situação C: a série de disparos foi imprecisa, porém exata.



Situação D: a série de disparos foi imprecisa e inexata

ATIVIDADES

Ao determinarmos a massa de um objeto cuja massa informada pelo fabricante é de 3,45g obtivemos, em uma balança com imprecisão de ±0,01 g, os valores: 3,45, 3,43, 3,44, 3,44 e 3,45g, respectivamente. Estes resultados são precisos e exatos?

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

A exatidão de um resultado implica que os valores experimentais e o valor de referência sejam bem próximos entre si. Neste caso, os valores estão próximos do valor verdadeiro ou de referência e também estão próximos entre si, significando que os resultados são precisos e exatos. É importante que se saiba que a precisão pode ser melhorada aumentando-se o número de determinações de uma medida e trabalhando-se com o seu valor médio.

A exatidão pode ser alcançada eliminando-se erros e aumentando-se a precisão.

INDICAÇÃO DO ERRO OU INCERTEZA

Quando se efetua uma medida com o auxílio de um instrumento (balança, régua, etc.), é importante especificar o erro correspondente. Em geral, é muito difícil conhecer a exatidão de uma medida, pois isso implicaria no conhecimento do valor verdadeiro da grandeza. Entretanto, a precisão da medida é fácil de ser avaliada, pois depende principalmente das características do instrumento (sensibilidade, subdivisões da escala de leitura, estado de conservação etc.) e dos cuidados da técnica utilizada. Por exemplo, usando-se a balança com imprecisão de ±0,01 g para medir a massa de um objeto, sabe-se que a imprecisão é de ±0,01 g, mas nada se pode afirmar sobre a exatidão do resultado.

Assim, os resultados das determinações da massa do objeto seriam corretamente expressos da seguinte maneira: (3,45 ±0,01) g, (3,43±0,01) g, e (3,44 ±0,01) g, respectivamente.

Há outras maneiras de indicar o erro de uma medida. Pode-se expressá-lo indicando a diferença entre o valor experimental e o valor de referência:

$E = X - X_v$

E = erro absoluto

X = valor medido

X_v = valor verdadeiro ou de referência

Porém, o erro de uma análise é muitas vezes expresso em termos relativos, sendo calculado através da relação:

$$E_r = \frac{E}{X_v}$$

Assim, no resultado (3,45±0,01) g, o erro é de 0,01/3,45 = 0,003 sendo chamado de erro relativo. Também pode-se expressar o erro relativo em termos percentuais da quantidade medida. Assim, teremos:

$$100 \times \frac{0{,}01}{3{,}45} = 0{,}3\ \%$$

O erro relativo é adimensional e comumente expresso em partes por cem $(E/X_V) \times 100$, ou em partes por mil (E/Xv) x 1000, como pode ser verificado através dos exemplos abaixo:

a) O teor verdadeiro de cloro num dado material é de 33,30% m/v, mas o resultado encontrado por um analista foi de 32,90% m/v. Calcular o erro absoluto e o erro relativo do resultado.

Erro absoluto = 32,90 – 33,30 = -0,40% m/v (absoluto)

Erro relativo = $\frac{-0{,}40}{33{,}30} \times 100$ = -1,2% (relativo) ou -12 partes por mil (12 ppm)

PRECISÃO DE UMA MEDIDA

Como já foi discutido, quanto maior a dispersão das medidas menor a sua precisão. A precisão pode ser expressa numericamente de várias maneiras, das quais discute-se aqui o desvio médio e desvio-padrão.

Se $X_1, X_2, X_3, \ldots X_n$ forem os valores encontrados para uma série finita de N medidas de uma mesma grandeza, define-se a média (ou valor médio) desta série de medidas por

$$X_{médio} = 1/N\ SX_i$$

O desvio (também chamado de erro aparente) de uma medida, d, é definido pela diferença entre o seu valor (medido), X_i, e a média, X_m

$$d = X_i - X_m$$

O desvio médio é a média aritmética do valor absoluto dos desvios.

$$\delta = \frac{\Sigma|Xi - \mu|}{N}$$

E o desvio-padrão, s, é o desvio cujo quadrado é igual à média dos quadrados dos desvios onde N é o número de medidas. A variância é o valor do desvio padrão elevado ao quadrado, s^2.

Na prática, o número de determinações é geralmente pequeno, e o que se calcula são as estimativas do desvio médio e do desvio padrão representadas pelos símbolos d e s, respectivamente.

A estimativa do desvio médio é calculada pela equação

$$d = \frac{\Sigma|Xi - X_m|}{N}$$

e a estimativa do desvio-padrão é calculada pela equação:

Em química são também muito usados o desvio médio relativo e o desvio-padrão relativo, em partes por cem ou em partes por mil.

Considere-se o exemplo:

Na determinação de ferro em uma amostra, realizada segundo um dado método, um analista obteve as seguintes porcentagens do elemento: 31,44; 31,42; 31,36 e 31;38% m/v. Calcular o desvio médio e o desvio-padrão para uma simples medida e a média, em termos absolutos e relativos.

X_i	X_i -X_m	$(X_i$-$X_m)^2$
31,44	0,04 (obtido de 31,44-31,40=0,04)	0,0016
31,42	0,02 (obtido de 31,42-31,40=0,02)	0,0004
31,36	31,36 (obtido de 31,36-31,40=-0,04)	0,0016
31,38	31,38 (obtido de 31,38-31,40=-0,02)	0,0004

$X_m = 31,40$
$\Sigma|X_i - X_m| = 0,12$
$\Sigma(X_i - X_m)^2 = 0,0040$

A estimativa do desvio-padrão, considerando o valor da média é:

$$s = \frac{\{\Sigma(Xi - X_m)^2\}^{1/2}}{(N-1)^{1/2}}$$

$\Sigma(X_i - X_m)^2 = 0,0040$
N-1 = 4-1 = 3

Substituindo na equação temos:

$$s = \frac{\{\Sigma(Xi - X_m)^2\}^{1/2}}{(N-1)^{1/2}}$$

e para a estimativa do desvio-padrão relativo utilizamos como valor de média: X_m = 31,40

$\frac{0,037}{31,40} \times 1000 = 1,2$ partes por mil

LIMITE DE CONFIANÇA DA MÉDIA

Geralmente, em um trabalho analítico, somente um pequeno número de determinações é feito (duplicatas, triplicatas etc.) tornando-se necessário examinar como estes dados podem ser interpretados de uma maneira lógica. Nestes casos, os valores conhecidos são X_m e s, que são estimativas de me d.

É de interesse saber qual o intervalo em que deve estar a média da população, m, conhecendo-se a média das determinações, X_m. Quando s é conhecido, esse intervalo é dado pela equação

onde N é o número de determinações a partir das quais foi obtido X_m. O valor de t é tabelado.

Tabela 1. Valores para o parâmetro t de Student, em função do número de determinações para 95% e 99% de probabilidade.

Graus de Liberdade (N-1)	95% de probabilidade	99% de probabilidade
1	12,71	63,66
2	4,30	9,93
3	3,18	5,84
4	2,78	4,60
5	2,57	4,03
6	2,45	3,71
7	2,37	3,50
8	2,31	3,36
9	2,26	3,25
10	2,23	3,17

Exemplo:

Um indivíduo fez quatro determinações de ferro em certa amostra e encontrou um valor médio de 31,40% m/v e uma estimativa do desvio-padrão de 0,11% m/v. Qual o intervalo em que deve estar a média da população, com um grau de confiança de 95%?

O valor correspondente a quatro determinações e um grau de confiança de 95%, é igual a 3,18. Aplicando-se a equação de Student:

$$\mu = X_m \pm t \frac{s}{(N)^{1/2}}$$

$$\mu = 31,40 \pm 3,18 \frac{0,11}{(4)^{1/2}}$$

$$\mu = (31,40 \pm 0,17)\%\ m/v$$

Determina-se assim que a média da população, m, deve estar entre os valores 31,23% e 31,57% m/v, com grau de confiança de 95%.

TESTE "F" PARA COMPARAR SÉRIE DE DADOS

Em trabalhos experimentais, especialmente quando se está desenvolvendo um novo procedimento de análise, é comum realizar-se uma avaliação estatística dos resultados obtidos, tentando identificar a existência de uma diferença significativa na precisão entre este conjunto de dados e outro conjunto obtido por um procedimento de referência. Esta avaliação é feita usando-se o teste F. Esse teste usa uma razão das variâncias dos dois conjuntos de dados para estabelecer se efetivamente existe uma diferença estatisticamente significativa na precisão. O valor de F é calculado pela expressão:

$$\mathbf{F = s_x^2/S_y^2}$$

Por convenção, o valor de variância maior é colocado no numerador. Deste modo, o valor de F obtido é comparado a valores críticos calculados supondo-se que serão excedidos puramente com base numa probabilidade de somente 5% de casos. Quando o valor experimental de F excede o valor crítico tabelado, então a diferença em variância ou precisão é tomada como estatisticamente significativa.

Tabela 2. Valores críticos para F ao nível de 5%.

Graus de liberdade (denominador)	Graus de Liberdade (numerador)			
	3	4	5	6
3	9,28	9,12	9,01	8,94
4	6,59	6,39	6,26	6,16
5	5,41	5,19	5,05	4,95
6	4,76	4,53	4,39	4,28

Exemplo:

Um analista realizou 6 determinações de cálcio em calcário, encontrando uma média de 35,25% m/v de Ca com um desvio-padrão de 0,34%. O analista de referência obteve uma média de 35,35% m/v de Ca com um desvio-padrão de 0,25% com 5 determinações.

Solução:
Aqui o teste F é usado para comparar os dois valores de desvio-padrão:

$$\mathbf{F_{calc} = 0{,}34^2/0{,}25^2 = 1{,}85}$$

Da Tabela 2 encontramos que Fcrítico = 6,26. Daí, $F_{calc}<F_{crit}$ e, conseqüentemente, não existe diferença significativa nos valores de desvio-padrão comparados ao nível de 95%.

REJEIÇÃO DOS RESULTADOS

Quando são feitas várias medidas de uma mesma grandeza, um resultado pode diferir consideravelmente dos demais. A questão é saber se esse resultado deve ser rejeitado ou não, pois ele afetará a média. Quando o erro pode ser resultado atribuído a algum acidente ocorrido durante a análise, o resultado deve ser rejeitado, mas quando o resultado discrepante não pode ser atribuído a nenhuma causa definida de erro, a sua rejeição deve ser decidida por critérios estatísticos.

Em análises químicas rotineiras, o número de medidas é geralmente pequeno. Dentre os vários testes estatísticos existe um, chamado teste Q, que é utilizado somente quando o número de resultados é inferior a 10, fato que o torna muito útil em química analítica.

O teste Q rejeita valores críticos com um nível de confiança baseado nos valores críticos do quociente de rejeição, listado na Tabela 3.

Sua aplicação é feita da seguinte maneira:
a) Colocar os valores obtidos em ordem crescente;
b) Determinar a diferença existente entre o maior e o menor valor da série e o resultado mais próximo (em módulo);

c) Determinar a diferença entre o maior e o menor valor da série (faixa);
d) Dividir esta diferença (em módulo) pela faixa, obtendo um valor de Q;
e) Se $Q > Q_{tab}$ (obtido através da Tab. 3), o menor valor é rejeitado;
f) Se o menor valor é rejeitado, determinar a faixa para os valores restantes e testar o maior valor da série;
g) Repetir o processo até que o menor e o maior valores sejam aceitos.
h) Se o menor valor é aceito, então o maior valor é testado e o processo é repetido até que o maior e o menor valores sejam aceitos;
i) Quando a série de medidas é constituída por três valores, aparentemente um valor será duvidoso, de modo que somente um teste precisa ser feito.

Tabela 4. Valores críticos do quociente de rejeição Q, para diferentes limites de confiança.

Número de observações (N)	$Q_{90\%}$	$Q_{95\%}$	$Q_{99\%}$
2	--	–	--
3	0,941	0,970	0,994
4	0,765	0,829	0,926
5	0,642	0,710	0,821
6	0,560	0,625	0,740
7	0,507	0,568	0,680
8	0,468	0,526	0,634
9	0,437	0,493	0,598

Exemplo:

Uma análise de latão, envolvendo dez determinações, resultou nos seguintes valores porcentuais de cobre: Cu (% m/v): 15,42; 15,51; 15,52; 15,53; 15,68; 15,52; 15,56; 15,53; 15,54; 15,56 Determinar quais os resultados que requerem rejeição.

Ordenando-se os resultados em ordem crescente: Cu (% m/v): 15,42; 15,51; 15,52; 15,52; 15,53; 15,53; 15,54; 15,56; 15,56; 15,68.

Testando o menor valor = 15,42

N=10 Faixa = 15,68 – 15,42 $Q_{90\%} = 0{,}412$

$$Q = \frac{|15{,}42 - 15{,}51|}{15{,}68 - 15{,}42} = \frac{0{,}09}{0{,}26} = 0{,}35$$

Como $Q < Q_{90\%}$, o valor 15,42 é aceito

Testando o maior valor = 15,68

$$Q = \frac{|15{,}68 - 15{,}56|}{15{,}68 - 15{,}42} = \frac{0{,}12}{0{,}26} = 0{,}46$$

Como $Q > Q_{90\%}$, o valor 15,68 é rejeitado

Com os valores restantes, o menor valor é testado novamente

Maior valor = 15,42

N = 9

Faixa = 15,56 – 15,42

$Q_{90\%} = 0{,}437$

$$Q = \frac{|15{,}42 - 15{,}51|}{15{,}56 - 15{,}42} = \frac{0{,}09}{0{,}14} = 0{,}64$$

Como $Q > Q_{90\%}$, o valor 15,42 é rejeitado

Testa-se, então, o maior valor, que agora é 15,56. Como o seu valor mais próximo é também 15,56, verifica-se que ele é aceito, porquanto Q = 0.

O menor valor da série (agora 15,51% m/v) é então novamente testado.

Menor valor = 15,51 N = 8

Faixa = 15,56 – 15,51 $Q_{90\%} = 0{,}468$

$$Q = \frac{|15{,}51 - 15{,}52|}{} = \frac{0{,}01}{} = 0{,}2$$

15,56 – 15,51 0,05

Como $Q < Q_{90\%}$, o valor 15,51 também é aceito.

O maior e o menor valores foram aceitos pelo teste Q, indicando que a série de medidas não deve conter os valores críticos 15,42 e 15,68, com 90% de confiabilidade.

CONCLUSÃO

A execução de uma série de experimentos constitui o primeiro passo no exame de um determinado fenômeno natural. No entanto, a partir desta coleta de dados, os resultados obtidos devem ser organizados e interpretados a partir de um tratamento estatístico. Este geralmente permite a extração de maior número de informações e de conclusões mais realistas sobre o fenômeno estudado.

RESUMO

Nesta aula foram apresentadas algumas noções elementares sobre o tratamento estatístico dos dados experimentais. Vimos como expressar os resultados de um experimento, utilizando um número de algarismos significativos com a mesma precisão que as medidas realizadas e a forma correta de proceder às operações matemáticas simples sem afetar o número de algarismo significativo relacionado à precisão da medida. Aprendemos a diferenciar precisão e exatidão e a expressar os parâmetros de qualidade de uma análise como o limite de confiança. Utilizamos o teste F na comparação entre médias e o teste Q como critério para rejeição de dados experimentais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. C. **O papel dos erros determinados em análises químicas**, Química Nova, v. 10, p. 59-165, 1987.

BACCAN, N. et al. **Química analítica quantitativa elementar.** 3 ed. Campinas: Ed. Edgar Blucher, 2001.

SKOOG, A. S. et al. **Fundamentos de química analítica**,São Paulo: Ed. Thomson Learning, 2005.

VOGEL, **Análise química quantitativa**. 6 ed. São Paulo: Livros técnicos e Científicos Ed. 2002.

HARRIS, D. **Análise química quantitativa**. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C. Introdução à química experimental. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1990.