

- ⁶ O.E.S. Godinho e L.M. Aleixo, *Anais do I Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica* (São Paulo, 1978), p. 16.
- ⁷ C. Mc Callum e D. Midgley, *Anal. Chem.*, **48**, 1232 (1976).
- ⁸ M.D. Seymour, J.W. Clayton Jr. e Q. Fernando, *Anal. Chem.*, **49**, 1429 (1977).
- ⁹ O.E.S. Godinho e L.M. Aleixo, *Anal. Biochem.*, **112**, 323 (1981).
- ¹⁰ Ref. 1, p. 180.
- ¹¹ I.M. Kolthoff e P.J. Elving, *Treatise on Analytical Chemistry* (Interscience, New York, 1959), Part I, Vol. 1, p. 242.
- ¹² H.S. Harned e C.G. Geary, *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 2032 (1937).
- ¹³ E.A. Burns e F.D. Chang, *J. Phys. Chem.*, **63**, 1314 (1959).
- ¹⁴ *Stability Constants, Special Publications n° 17*, L.G. Sillén e E. Martell, (The Chemical Society, London, 1964), p. 364.

EDUCAÇÃO

UM PROCEDIMENTO PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE QUÍMICA NO ENSINO DE 2º GRAU

Dácio R. Hartwig

*Departamento de Tecnologia Educacional
Universidade Federal de São Carlos
13.560 – São Carlos – SP*

Recebido em 15/03/83

A utilização excessiva de fórmulas em Química, Física e Matemática é um fato bastante generalizado no ensino de 2º Grau. Entretanto, a fundamentação conceitual correspondente não é, em geral, assimilada pelo aluno, uma vez que a necessidade imposta de manipular expressões algébricas sobrepuja os respectivos conceitos e princípios. Tal fato leva à mecanização mental, dificultando o raciocínio. Isso, além de ser nocivo à formação do aluno, irá se propagar à Universidade, onde, freqüentemente, se encontram alunos com enormes dificuldades em disciplinas dependentes daquelas do 2º grau, cujos conhecimentos foram mal fundamentados.

Assim, é importante que o aluno entenda os fundamentos conceituais de um tema, em vez de simplesmente aplicar fórmulas, realizando cálculos que envolvem noções imperfeitamente compreendidas. Por exemplo, o aluno deveria ser capaz de responder a perguntas tais como: "Por que se calcula a massa de uma substância eletrolisada através das expressões $m = K_1 Q$ e $m = K_2 E$, ou a concentração de uma solução titulada através de $V_1 C_1 = V_2 C_2$, ou, ainda, o potencial de eletrodo através de $E = E_0 - \frac{0,059}{n} \log C$?

Este tipo de pergunta pode ser feito para fórmulas encontradas, tanto em Química como Matemática e Física, nos atuais programas de 2º grau, conforme mostrado na tabela 1.

Uma simples observação da tabela permite concluir que os programas dessas disciplinas implicam numa quantidade enorme de fórmulas que envolvem grandezas proporcionais. Em geral, ao aluno não é dada a oportunidade de, através de seus próprios conhecimentos e raciocínio, deduzir, sozinho ou com uma orientação adequada, a maioria delas. Assim, não percebe os conceitos por elas expressos, pois estes podem ficar ocultos pela excessiva manipulação algébrica.

A colocação do conteúdo desta maneira pode ser uma das causas que fazem com que, comumente, alunos de 2º grau sejam incapazes de resolver problemas, mesmo os mais simples, caso não disponham de fórmulas. Essa dependência é manifestada em algumas observações emitidas por alunos quando se deparam com problemas de química.

- "Quais dessas fórmulas devo usar para resolver o problema?"
- "Sei qual é a fórmula para se aplicar mas não consigo resolver o problema".
- "Só consigo resolver um problema quando já resolvi outro parecido".
- "Esqueci a fórmula e não consigo resolver esse problema".
- "Apliquei uma fórmula no lugar da outra".

Qualquer generalização deve ser deduzida e analisada a partir do relacionamento e significado envolvidos antes de ser diretamente transmitida ao aluno. Isso ocorrendo evitará que as definições, informações, regras, fórmulas, tabelas e gráficos continuem sendo um agregado de letras, números, palavras, símbolos e representações sem nenhuma conexão, para a maioria dos alunos. Esse objetivo deveria estar presente em todo o ensino e, mais especificamente, naquele que exige o manuseio de fórmulas. Entretanto, com a sistemática geralmente empregada, ele dificilmente é atingido. Assim, as fórmulas mencionadas na tabela 1, e outras lá não contidas, devem ser ensinadas através dos conceitos que expressam e, reconstruídas a partir destes, ao invés da transmissão direta.

Uma possível alternativa para atingir este objetivo poderia ser a supressão, ou, ao menos, uma redução no número de fórmulas diretamente apresentadas ao aluno. Com esse propósito foi desenvolvido o presente trabalho, através do qual se deseja trazer à discussão as considerações aqui tratadas.

Tabela 1
Algumas fórmulas no ensino do segundo grau

QUÍMICA QUÍMICA GERAL	FÍSICA MECÂNICA	MATEMÁTICA ÁLGEBRA
Lei de Avogadro:	Peso de um corpo:	Raízes da equação do 2º grau:
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$	$P = Mg$	$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
Lei de Proust:	Movimento Uniforme:	Relações entre os coeficientes e as raízes da equação do 2º grau:
$\frac{m_1}{m'_1} = \frac{m_2}{m'_2}$	$e = Vt$	$x' + x'' = \frac{-b}{a}$
Lei de Dalton:	Trabalho:	$x' \cdot x'' = \frac{c}{a}$
$\frac{M_1}{a} = \frac{M_2}{b} = \frac{M_3}{c^3}$	$\tau = mgh$	$x^2 - Sx + P = 0$
Lei de Richter:	Força:	Progressões Aritméticas:
$\frac{m_1}{m_2} = \frac{m'_1}{m'_2}$	$F = ma$	$a_n = a_1 + (n-1)r$
Lei Volumétrica de Gay Lussac:	Densidade:	$r = \frac{b-a}{m+1}$
$\frac{V_A}{a} = \frac{V_B}{b} = \frac{V_C}{c}$	$d = \frac{m}{v}$	Progressões Geométricas:
Nº de moles, átomos grama ou íons grama:	Pressão hidrostática:	$a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$
$N = \frac{m}{M}$	$P = \mu hg$	$q^{m+1} = \frac{b}{a}$
Lei de Boyle-Mariotte:	Pressão:	Mudança de base em logaritmos:
$P_1 V_1 = P_2 V_2$	$P = \frac{F}{A}$	$\log_a^b = \frac{\log_c^b}{\log_c^a}$
Lei de Gay Lussac:	Lei de Hooke do alongamento:	Determinantes:
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$F = K \Delta \ell$	$\det A = \det A_t$
	Resistência do ar:	$\det A = \det B + \det C$
	$R = K.S.V^2$	
	Potência:	
	$P = \frac{\tau}{T}$	
	Momento de uma força:	
	$M = F.d$	

Tabela 1 (cont.)

Lei de Charles:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Equação do gás ideal:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Equação de Clapeyron:

$$PV = nRT$$

FÍSICO QUÍMICA

Concentração de solução:

$$c = \frac{m}{v}$$

Equivalente grama:

$$E = \frac{M}{V}$$

Relação entre concentração e título:

$$C = dt$$

Molalidade:

$$W = \frac{1000m_1}{m_2 M_1}$$

Lei de Henry:

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

Lei da partição de Nernst:

$$\frac{MS/A}{V_A} = \frac{MS/B}{V_B}$$

Coefficiente de atrito estático:

$$\mu = \frac{F}{N}$$

ELETRICIDADE

Carga elétrica:

$$Q = it$$

Tensão elétrica:

$$\mu = ri$$

Capacidade eletrostática:

$$C = \frac{q}{v}$$

Potência elétrica:

$$P = ui$$

Lei de Coulomb:

$$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

Segunda Lei de Ohm:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

TERMOLOGIA

Capacidade térmica:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Equivalente mecânico de caloria:

$$J = \frac{z}{Q}$$

Trigonometria:

$$\text{Sen}^2 x + \text{cos}^2 x = 1$$

$$\text{ctg}^2 x + 1 = \text{csc}^2 x$$

$$\text{ctgx} = \frac{1}{\text{tgx}}$$

$$\text{sen } p + \text{sen } q = 2 \text{sen} \frac{p+q}{2} \text{cos} \frac{p-q}{2}$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \text{cos} \alpha$$

GEOMETRIA ANALÍTICA:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$\frac{x}{p} + \frac{y}{q} = 1$$

$$y - y_0 = m(x - x_0)$$

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 y_1 1 \\ x_2 y_2 1 \\ x_3 y_3 1 \end{vmatrix}$$

$$x \cdot \text{cos} \alpha + y \cdot \text{sen} \alpha + d = 0$$

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{m_2 - m_1}{1 + M_2 M_1}$$

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Tabela 1 (cont.)

Propriedades coligativas:

$$\Delta t_c = K_e W$$

$$\Delta t_c = K_x W$$

$$\pi V = NRT$$

Termoquímica:

$$Q = mc\Delta T$$

$$\tau = P\Delta V$$

Cinética:

$$V_m = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

$$V = K [A]^a [B]^b [C]^c$$

Eletroquímica:

$$M = \frac{e\Gamma}{F}$$

$$\Delta G = nF\Delta E$$

$$E = E^0 - \frac{0,059}{N} \log \frac{[\text{produtos}]}{[\text{reagentes}]}$$

Lei de Fourier:

$$Q = \frac{K.S(T_1 - T_2)\Delta t}{e}$$

Calor cedido ou recebido:

$$Q = mc\Delta t$$

ÓPTICA

Índice de refração:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = N_{2,1}$$

Desvio do prisma:

$$d = i + i' - A$$

Focos conjugados:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

Equação de Newton:

$$x \cdot x' = f^2$$

Deslocamento na lâmina de faces paralelas:

$$d = e \cdot \frac{\text{sen } (i-r)}{\text{cos } r}$$

GEOMETRIA PLANA

Coroa circular:

$$S = \pi(R^2 - r^2)$$

Segmento circular:

$$S = (1-h) \cdot \frac{R}{2}$$

ÓP

Setor circular:

$$S = \frac{\pi r^2 \alpha}{360}$$

Elipse:

$$S = \pi ab$$

Apótema:

$$a_n = \sqrt{\frac{4R^2 - 1n^2}{2}}$$

GEOMETRIA NO ESPAÇO

Calota esférica:

$$A_c = 2\pi RH_c$$

Anel esférico:

$$V_a = \frac{1}{6} \pi a^2 H$$

POR QUE SUPRIMIR OU REDUZIR O USO DE FÓRMULAS?

A aprendizagem de fórmulas, tal como aqui considerada, deve ser conseqüência e não antecedente dos conceitos e princípios. Somente quando estes forem compreendidos e manipulados, as fórmulas poderão ser aplicadas como recursos sistematizadores, deixando, então, de ser, para grande parte dos alunos, um processo meramente mecânico.

A relação entre conceito e fórmula deve ser entendida como tendo um caráter reversível. Isto é, se o estudante é capaz de resolver problemas através de fórmulas, deverá também poder resolvê-los através dos conceitos por elas expressos e das relações entre eles. Se esta reversibilidade não for desenvolvida por ocasião da aprendizagem inicial, a aquisição de conceitos e de suas respectivas fórmulas dar-se-á isoladamente. Daí, então, ser freqüente encontrar alunos perguntando sobre o significado conceitual de uma fórmula.

A ausência da reversibilidade acima mencionada pode provocar algumas conseqüências indesejáveis, como por exemplo: a capacidade do aluno raciocinar conceitualmente torna-se deficitária, o que o leva a desenvolver um hábito excessivo e desnecessário de memorização em detrimento de sua capacidade criadora que o poderia conduzir, por si só, à fórmula desejada. Desse modo, nega-se ao aluno a possibilidade da descoberta e as conseqüências benéficas que disso resultam. Por outro lado, o professor, apesar de seus esforços, observará, perplexo, que seus alunos, quando solicitados a responder a questões conceituais, mesmo as mais simples, sentem enorme dificuldade. Tal fato acontece desde o início da aprendizagem, pois, desde então, raramente é dada ao aluno a oportunidade de desenvolver o conteúdo de forma conceitual, e não apenas algébrica, tanto na exposição teórica como nos problemas.

A origem desse quadro está provavelmente associada aos métodos de ensino dos livros atuais (considerar-se-ão aqui, como atuais, os principais livros editados na última década) de Química para o 2º grau¹⁻¹⁴. A importância do livro didático foi amplamente discutida por Schnetzler em sua dissertação de mestrado, onde assinala que¹⁵ "... o livro didático tem sido considerado como o representante por excelência na veiculação de conhecimento, além de ser o recurso didático mais utilizado no processo de ensino-aprendizagem".

Assim, num levantamento feito dos livros de química atuais para o 2º grau, concluiu-se que o procedimento utilizado em assuntos envolvendo expressões matemáticas tem dois componentes principais, quais sejam, localização das fórmulas e exemplos de aplicação de fórmulas, conforme será explicitado a seguir. a) *Localização de Fórmulas*: As fórmulas são colocadas, em geral, diretamente no início da apresentação do tema, com seu enunciado completo, sem que o aluno possa participar na elaboração do mesmo. b) *Exemplos de Aplicação de Fórmulas*: Problemas resolvidos através de fórmulas são colocados após a exposição teórica, treinando-se o aluno a manipular apenas o aspecto algébrico.

Estes dois componentes serão exemplificados a seguir, para um mesmo conteúdo — Leis da Eletrólise — extraído

de dois livros diferentes^{12,13} de larga utilização no ensino de 2º grau (identificados como I e II, respectivamente) e que podem ser tomados como representantes dos livros atuais.

EXEMPLOS DE PROCEDIMENTOS DE LIVROS DIDÁTICOS ATUAIS

Componente "a".

Livro I¹⁶: "1ª Lei: A massa (m) de substância eletrolizada é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade (Q) que atravessa a solução.

Matematicamente: $m = K_1 Q$ ou, lembrando da eletricidade, que $Q = it$, temos $M = K_1 it$ ". . .

"2ª Lei: A mesma quantidade de eletricidade irá eletrolisar massas (m) de substâncias diferentes que serão proporcionais aos respectivos equivalentes grama (E) de oxirredução.

Matematicamente: $m = K_2 E$ ". . .

"Reunindo as duas leis, temos:

$$1^a) m_1 = K_1 Q \quad m = KEQ \text{ ou } m = KEIT$$

$$2^a) m_2 = K_2 Q$$

Livro II¹⁷: "A primeira lei de Faraday diz: "A massa formada em um eletrodo é diretamente proporcional à carga que atravessa a solução".

Teremos, então:

$$m = K_1 Q \text{ onde: } \begin{array}{l} m = \text{massa formada no eletrodo} \\ K_1 = \text{constante de} \\ \text{proporcionalidade} \\ Q = \text{carga (Coulomb)} \end{array}$$

Mas, como $Q = it$, onde:

$$\begin{array}{l} i = \text{intensidade de corrente (Ampère)} \\ t = \text{tempo (segundos)} \end{array}$$

poderemos escrever:

$$m = K_1 it \dots$$

"A segunda lei de Faraday diz: "A massa formada em um eletrodo será proporcional ao equivalente-grama da substância produzida no eletrodo".

Poderemos, então, escrever:

$$m = K_2 E$$

onde: m = massa formada no eletrodo

K_2 = constante de proporcionalidade

E = equivalente-grama da substância produzida no eletrodo". . .

"As leis de Faraday poderão ser reunidas em uma única expressão:

$$m = \frac{E it}{96500}$$

Componente "b"

Livro I¹⁸:

"Exercícios

713 — Calcular a massa de cobre metálico, depositado por uma corrente elétrica de 1,93 ampères, que atravessa uma solução de sulfato cúprico, durante 10 minutos. (Cu = 63,5).

Resolução:

$$m = \frac{1}{96500} E i t$$

$$\text{Sulfato cúprico} \rightarrow \text{Cu}^{++} \rightarrow E = \frac{63,5}{2} = 31,75\text{g}$$

$$i = 1,93 \text{ A}$$

$$t = 10 \text{ min}$$

Portanto:

$$t = 600 \text{ seg.}$$

$$m = \frac{1}{96500} \times 31,75 \times 1,93 \times 600$$

$$m = 0,381 \text{ g}$$

714 – Calcular o volume de hidrogênio liberado a 27°C e 700 mm Hg, por uma corrente elétrica de 3,86 Ampères, atravessando uma solução aquosa diluída de ácido sulfúrico, durante meia hora (H = 1).

Resolução:

$$m = \frac{1}{96500} E i t$$

$$m = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{1} \times 3,86 \times (30 \times 60)$$

$$m = 0,072 \text{ g H}_2$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$700 \times V = \frac{0,072}{2} \times 62,3 \times 300$$

$$V = 961,2 \text{ ml}''$$

Livro II¹⁹:

“Alguns problemas resolvidos:

1. Qual o equivalente-grama de uma substância formada em um eletrodo, sabendo-se que, ao se passar uma corrente de intensidade 9,65 Ampères durante 8 minutos e 20 segundos, forma-se 1,4 g da substância?

$$m = \frac{E i t}{96500} \quad \begin{array}{l} m = 1,4 \text{ g} \\ i = 9,65 \text{ Ampères} \\ t = 8 \text{ min. } 20 \text{ seg.} \therefore \\ \quad 500 \text{ segundos} \end{array}$$

$$1,4 = \frac{E \times 9,65 \times 500}{96500}$$

$$E = 28 \text{ g}$$

2. Qual a intensidade de corrente necessária para depositar em um eletrodo 3/5 do equivalente-grama de uma substância, ao término de 33 min e 20 seg?

Resolução:

$$m = \frac{E i t}{96500} \quad \begin{array}{l} m = 3/5 E \\ t = 33 \text{ min. } 20 \text{ seg.} = \\ \quad 2000 \text{ seg.} \end{array}$$

$$3/5 E = \frac{E i 2000}{96500}$$

$$i = 28,95 \text{ ampères}''$$

Nota-se que, com essa metodologia, o aluno é induzido a resolver problemas exclusivamente através de fórmulas, uma vez que, na exposição teórica e nos exercícios resolvidos, salientou-se demasiadamente o uso das mesmas, desvinculando-as dos respectivos conceitos e princípios. Esses aspectos, aliados à participação do professor na transmissão do conteúdo, levam a uma automatização algébrica, o que implica a perda de conceitos e princípios químicos e físicos.

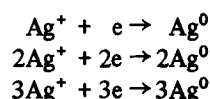
UM OUTRO PROCEDIMENTO

Ilustra-se, a seguir, como exemplo, a exposição teórica da 1ª lei da eletrólise, procurando-se enfatizar mais os conceitos e princípios, conhecimentos anteriores e raciocínio, em vez da apresentação direta da fórmula, que nada exige do aluno nesses aspectos.

Supondo-se que a eletrólise qualitativa já tenha sido ensinada, pode-se iniciar a discussão perguntando-se como calcular o peso de substâncias depositadas em eletrodos.

Colocado o problema, recorre-se a um caso particular, como, por exemplo, a eletrólise de uma solução de AgCl por se tratar de íons monovalentes, o que facilita a discussão. Analisa-se primeiramente o que ocorre no cátodo, por ser a prata uma substância sólida nas condições ambientais e ser mais conhecida do aluno.

É mostrado, então, como esse metal será depositado.



Por indução, o aluno concluirá que, quanto maior o número de átomos depositados maior será o peso correspondente. Mas para que isso ocorra, é necessário uma quantidade maior de elétrons, implicando maior carga elétrica. É proposta, então, a seguinte pergunta: essas grandezas podem ser relacionadas?

Sugere-se que poderia haver uma relação entre a massa de prata e os elétrons fornecidos durante a eletrólise. O desenvolvimento abaixo poderá ajudar a encontrar a resposta.

Para neutralizar um único íon Ag^+ , é necessário um elétron, cuja carga é $1,6 \times 10^{-19}\text{C}$. Assim, forma-se um átomo de prata cuja massa é $107/6,02 \times 10^{23}\text{g}$. A neutralização de 2 íons Ag^+ exige 2 elétrons cuja carga é o dobro do caso anterior, ou seja, $2 \times 1,6 \times 10^{-19}\text{C}$. Agora são pro-

duzidos dois átomos de prata cuja massa total é $2 \times (107/6,02 \times 10^{23})$ g. O mesmo procedimento se repete para 3 íons, e assim por diante. A Tabela 2 contém um resumo deste procedimento.

Utilizando-se a Tabela 2, alguns problemas podem ser propostos e resolvidos sem o uso de fórmulas. Somente após esta fase se poderia pedir ao aluno que encontre uma expressão matemática que relacione os valores de m e Q da Tabela 2. Para isso, poder-se-ia propor a seguinte questão: analise as colunas "carga correspondente dos elétrons" e "massa dos átomos produzidos", respectivamente, e responda: Qual será a massa m de prata produzida quando passar na célula eletrolítica uma quantidade de carga elétrica Q ?

A resposta será facilmente encontrada, relacionando-se quaisquer valores da carga dos elétrons e da massa dos átomos com a carga Q e a massa m , respectivamente. Uma vez que a proporcionalidade entre essas grandezas é reconhecida, estabelece-se a proporção correspondente:

$$\frac{1,6 \times 10^{-19}}{Q} = \frac{107}{6,02 \times 10^{23} m}$$

Portanto,

$$m = \frac{107}{96320} Q$$

Relembra-se ao aluno que 107 é o valor da massa atômica da prata. Assim, massas atômicas de outros elementos poderiam ser substituídas na expressão obtida. Portanto, generalizando-se para uma substância qualquer, ter-se-á:

$$m = \frac{M}{96320} Q$$

sendo M = massa atômica da substância depositada. Deste modo, obtém-se a fórmula que foi apresentada diretamente como $m = K_1 Q$, sendo que, agora, o próprio aluno poderá chegar sozinho ao enunciado da lei correspondente. Esse método pode, também, ser aplicado no ensino experimental²⁰.

OS DOIS PROCEDIMENTOS EM PARALELO

A seguir, a título de ilustração, são apresentados alguns problemas resolvidos simultaneamente de duas maneiras: apenas através de fórmulas (indicado pela letra "a"), e com um mínimo destas (indicado pela letra "b").

Exemplos:

1) ELETROQUÍMICA

Em uma célula eletrolítica, contendo uma solução de sulfato de zinco, obteve-se, por eletrólise, a deposição de

Tabela 2

Quantidade de íons Ag^+ a serem neutralizados	Quantidade de elétrons necessários	Carga correspondente dos elétrons (C)	Quantidade de átomos formados	Massa dos átomos produzidos (g)
1	1	$1 \times 1,6 \times 10^{-19}$	1	$1 \times \frac{107}{6,02 \times 10^{23}}$
2	2	$2 \times 1,6 \times 10^{-19}$	2	$2 \times \frac{107}{6,02 \times 10^{23}}$
3	3	$3 \times 1,6 \times 10^{-19}$	3	$3 \times \frac{107}{6,02 \times 10^{23}}$
4	4	$4 \times 1,6 \times 10^{-19}$	4	$4 \times \frac{107}{6,02 \times 10^{23}}$
.
.
.
$6,02 \times 10^{23}$	$6,02 \times 10^{23}$	$6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}$	$6,02 \times 10^{23}$	$6,02 \times 10^{23} \times \frac{107}{6,02 \times 10^{23}}$
.
.
.
.	.	Q	.	m

3,27 g de Zn. Qual a quantidade de ferro obtida na eletrólise de uma solução de cloreto de ferro (III), contida em uma célula eletrolítica ligada em série com a primeira?

$$a) m = \frac{Eq}{F} \rightarrow \frac{m}{E} = \frac{q}{F} = \text{cte.}, \text{ pois a ligação é em série}$$

$$\text{Como } \frac{m}{E} = e, \text{ temos: } e = \text{cte.}$$

$$\text{Para o Zn: } E = \frac{A}{z} = \frac{65,4}{2} = 32,7$$

$$e = \frac{m}{E} = \frac{3,27}{32,7} = 0,1$$

$$\text{Para o Fe: } E = \frac{A}{z} = \frac{55,8}{3} = 18,6 \text{ g}$$

$$e = \frac{m}{E} \rightarrow m = e \cdot E = 0,1 \cdot 18,6 = 1,86 \text{ g Fe}$$

b) Para se depositar um único átomo de ferro são necessários 3 elétrons, pois a solução contém Fe(III). Então, a produção de $6,02 \times 10^{23}$ átomos de ferro exigirá $3 \times (6,02 \times 10^{23})$ elétrons, cuja carga total será $3 \times (6,02 \times 10^{23}) \times (1,6 \times 10^{-19}) = 288.960 \text{ C}$. Assim, para se depositar 56 g de Fe é necessária uma carga de 288.960 C. Portanto, obtendo-se a quantidade de carga relativa à segunda célula pode-se calcular a massa de ferro. Mas, com os dados para a primeira célula pode-se calcular a carga que circulou através da segunda, pois a ligação é em série. Para se depositar um único átomo de zinco são necessários dois elétrons. Assim, a deposição de um mol de zinco exigirá $2 \times (6,02 \times 10^{23})$ elétrons. Mas, a massa de zinco produzida é proporcional ao número de elétrons, estabelecendo-se a seguinte proporção:

$$\frac{65,4 \text{ g Zn}}{3,27 \text{ g Zn}} = \frac{2 \times (6,02 \times 10^{23}) \text{ elétrons}}{x \text{ elétrons}} \quad (*)$$

$$\rightarrow x = 6,02 \times 10^{22} \text{ elétrons}$$

Então, a carga correspondente à 2ª célula é:

$$(6,02 \times 10^{22}) \times (1,6 \times 10^{-19}) = 9.644,64 \text{ C}$$

Estabelecendo-se uma proporção para o Fe, análoga àquela para o Zn (eq. (*)), obtém-se a massa de ferro:

$$\frac{56 \text{ g Fe}}{m \text{ g Fe}} = \frac{288.960 \text{ C}}{9.644,64 \text{ C}} \rightarrow m = 1,86 \text{ g Fe}$$

2) PROPRIEDADES COLIGATIVAS:

Qual a temperatura de congelamento de uma solução contendo 4,88 g de ácido benzóico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) em 512 g de

benzeno, sabendo-se que as moléculas do soluto, nesta solução, estão totalmente associadas duas a duas, formando dímeros?

Dados: – constante criométrica do benzeno: $5,12^\circ \text{C} \times \text{Kg}$ solvente/mol soluto.
– temperatura de congelamento do benzeno puro: $5,5^\circ \text{C}$

$$a) \Delta T = t - t' = K_c \frac{1000m}{m'M}$$

para o ácido benzóico associado:

$$M = 2 \times 122, \text{ donde:}$$

$$5,5 - t' = 5,12 \frac{1000 \times 4,88}{512 \times (2 \times 122)} \rightarrow t' = 5,3^\circ \text{C}$$

b) A constante criométrica indica que uma solução 1 molal de um soluto qualquer em benzeno, teria seu ponto de congelamento $5,12^\circ \text{C}$ mais baixo em relação ao benzeno puro. Portanto, 1 molal corresponde a $5,12^\circ \text{C}$, uma vez que essas grandezas (molalidade e efeito coligativo) são diretamente proporcionais. A molalidade da solução em estudo é 0,078†. Esse valor corresponde a um determinado efeito coligativo. Reconhecida a proporcionalidade, tem-se:

$$\frac{1}{0,078} = \frac{5,12}{x} \rightarrow x = 0,4^\circ \text{C}$$

Contudo, uma vez que a associação ou dissociação inter-molecular determina de modo diretamente proporcional o efeito coligativo, este será a metade do calculado, ou seja $0,2^\circ \text{C}$.

Como a temperatura de congelamento do benzeno puro é $5,5^\circ \text{C}$, segue-se que a temperatura da solução em estudo será $(5,5 - 0,2) = 5,3^\circ \text{C}$.

3) TITULAÇÃO DE SOLUÇÃO:

5,85 g de cloreto de sódio puro são dissolvidos em água suficiente para resultar em 200 cm^3 de solução. Para se titular 20 cm^3 de uma solução de nitrato de prata gasta-se $23,88 \text{ cm}^3$ da solução de cloreto de sódio. Qual a concentração em g/l da solução de nitrato de prata?

$$a) n_E = \frac{m}{\text{eq.}} = \frac{5,85}{58,5} = 0,1$$

$$N = \frac{n_E}{V(\ell)} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5$$

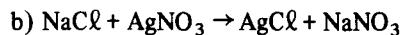
$$n_E = V(\ell) \times N$$

† Vide comentário na conclusão deste artigo.

$$n^{\circ} \text{ eq. g. NaCl} = 0,02388 \times 0,5 = 0,01 = n^{\circ} \text{ eq. g. AgNO}_3$$

$$m_{\text{AgNO}_3} = 170 \times (0,02388 \times 0,5) = 2,03 \text{ g}$$

$$C = \frac{m}{V(\ell)} \approx C = \frac{2,03}{0,02} = 101,5 \text{ g/l}$$

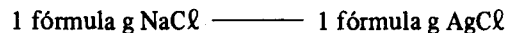


Calculando-se a massa de NaCl existente em 23,88 cm³ da solução pode-se obter a massa de AgCl em 200 cm³ através da estequiometria da reação acima. Com esse resultado encontra-se a concentração da solução pedida. A massa de NaCl e volume da solução são grandezas diretamente proporcionais. Assim a proporção correspondente será:

$$\frac{200}{23,88} = \frac{5,85}{m_1}$$

$$\text{onde } m_1 = 0,7 \text{ g NaCl}$$

Usando-se esse valor para estabelecer a proporção entre a fórmula grama e a massa do sal, tem-se:



$$\frac{58,5}{0,7} = \frac{170}{m_2} \longrightarrow m_2 = 2,03 \text{ g}$$

Como essa é a quantidade que existe em 20 cm³ de solução AgCl, em um litro haverá uma massa de 1000/20 = 50 vezes maior que 2,03 g. Assim, a concentração pedida será 50 . 2,03 = 101,5 g/l.

4) CÁLCULO DE FÓRMULA MÍNIMA

a) É freqüente serem dadas 3 regras para a resolução deste tipo de problema:

- divide-se a porcentagem de cada elemento pelos seus respectivos pesos atômicos;
- a seguir, caso os resultados obtidos sejam números decimais, divide-se-lhes pelo menor deles;
- se, após a divisão, os resultados permanecerem números decimais, multiplica-se-lhes por um número conveniente de modo a torná-los números inteiros.

Com essas regras, o aluno, seguindo-as, pode encontrar a resposta numericamente correta, sem, entretanto, saber o significado do que está fazendo. Um problema, resolvido sem a utilização dessas regras, é exemplificado a seguir.

b) Um certo composto contém as seguintes porcentagens em peso: 32,45 de sódio; 22,55 de enxofre e 45,11 de oxigênio. Qual é a sua fórmula mínima?

Calculando-se as quantidades de átomos, dos diferentes elementos, existentes em 100 g do composto, obtém-se:

$$\frac{23}{32,45} = \frac{6,02 \times 10^{23}}{x} \quad x = 8,49 \times 10^{23} \text{ átomos de Na}$$

$$\frac{32}{22,55} = \frac{6,02 \times 10^{23}}{y} \quad y = 4,24 \times 10^{23} \text{ átomos de S}$$

$$\frac{16}{45,1} = \frac{6,02 \times 10^{23}}{z} \quad z = 18,97 \times 10^{23} \text{ átomos de O}$$

A relação entre esses números de átomos obtidos é constante para qualquer quantidade do composto. Assim, também o será para uma única "molécula". Portanto, essa relação — 2:1:4 — fornece a fórmula Na₂SO₄.

5) EQUILÍBRIO QUÍMICO

Qual a molaridade de uma solução aquosa de um ácido monoprotônico, HA, sabendo-se que ele está 1,5 x 10⁻²% dissociado e que sua constante de dissociação, na mesma temperatura, é 4,5 x 10⁻⁸?

a) Utilizando-se a fórmula $K_a = M\alpha^2$, onde K_a é a constante do ácido, M a molaridade e α a constante de dissociação, a resposta seria imediata, bastando substituir os valores correspondentes. Assim, encontra-se a resposta M = 2.

b) $\text{HA}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{A}^-(\text{aq})$
A molaridade sendo M, no equilíbrio as concentrações de H⁺(aq) e A⁻(aq) serão iguais a (1,5 x 10⁻⁴) x M, pois o ácido está 1,5 x 10⁻²% dissociado. A concentração de HA será M - (1,5 x 10⁻⁴) x M. Portanto,

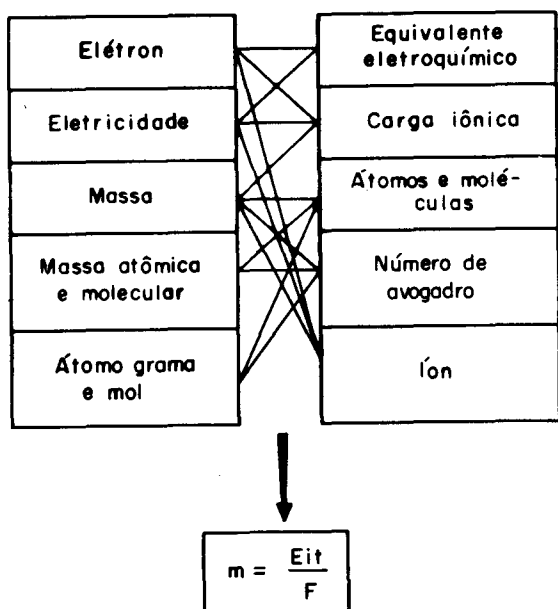
$$K_a = 4,5 \times 10^{-8} = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})][\text{A}^-(\text{aq})]}{[\text{HA}(\text{aq})]} =$$

$$\frac{2,25 \times 10^{-8} \times M^2}{M(1 - 1,5 \times 10^{-4})} \rightarrow M = 2$$

Nos exemplos acima colocados, para que o aluno execute as resoluções apresentadas (identificadas com a letra b), ele deverá conhecer claramente os conceitos e as relações entre eles, a fim de chegar até a resposta.

Embora exista a possibilidade de o aluno fazer uso constante da "regra de três", ele deverá antes reconhecer em um problema quais grandezas são direta ou inversamente proporcionais. Feito esse reconhecimento, a utilização da regra de três ou da proporção equivalente torna-se inevitável.

Por outro lado, nas resoluções identificadas com a letra a, muitos conceitos e relações entre os mesmos podem não ser devidamente avaliados através da simples aplicação de fórmulas. Isso é ilustrado, a seguir, com a equação fundamental da eletrólise ($m = Eit/F$), para a qual alguns dos conceitos são mostrados em retângulos, e algumas das relações entre eles indicadas com traços de união.



A equação acima envolve, simultaneamente, grande quantidade de conceitos, isolados e relacionados. Aplicando-se a fórmula diretamente, podem-se suprimir conhecimentos que não estejam bem compreendidos e o aluno terá a falsa impressão de que o domina por completo. Mesmo que ele encontre a resposta numérica do problema, nada se pode afirmar quanto ao seu domínio do conteúdo. Entretanto, fragmentando-se a fórmula em seus componentes a resposta somente será encontrada quando houver um perfeito domínio dos conceitos e princípios envolvidos.

A proposição de qualquer procedimento alternativo na resolução de problemas de Química no ensino de 2º grau deverá sempre ser acompanhada, previamente, da respectiva exposição teórica, devendo ambas as etapas serem coerentes, para que se atinja o objetivo desejado. Por exemplo, apresentar um problema não contendo fatores diretamente expressos em fórmula anteriormente apresentada, quando eles não foram mencionados no desenvolvimento teórico, mostraria incoerência entre este e a resolução através de fórmula. Exemplificando explicitamente: no cátodo de uma célula eletrolítica chegam 6×10^{15} cátions por segundo. Neste mesmo tempo, chegam ao ânodo 3×10^{15} ânions. Qual é o valor da intensidade de corrente, se o cátion é monovalente e o ânion bivalente?

Apenas de posse da expressão $M = (Eit)/F$, a dificuldade em resolver tal problema seria grande para alunos aos quais tal fórmula foi apresentada diretamente, sem o respectivo acompanhamento conceitual. Como substituir, na fórmula, os valores dos números de cátions e ânions que chegam aos eletrodos? O mesmo pode ser dito sobre a carga dos íons. É necessário calcular o valor de M para depois fazer a substituição? As respostas a estas questões seriam facilmente encontradas por alunos que aprenderam a raciocinar a partir de todos os fatores componentes da fórmula.

Conclusão

Nem sempre a resolução de problema através desse tratamento implica poucas operações; exige, na maioria das vezes, o oposto. Este fato, entretanto, é compensado pelo

constante uso de conceitos e princípios, até se chegar à resposta, o que não ocorre com o uso direto de fórmulas.

Embora o uso destas seja necessário à medida que se avance em complexidade, ou apenas para maior simplificação, também se deve levar em conta as relações que as fundamentam. Para isso, elas podem ser substituídas por uma abordagem conceitual, conforme mostrado nos exemplos anteriores, ou em qualquer processo onde se enfatizem conceitos e princípios²¹⁻²². Todavia, tal substituição deve ser considerada como uma fase no ensino, anterior à utilização de fórmulas. Somente depois disso, pode-se admitir sua dedução e manipulação, sendo desnecessário, então, refletir sobre todos os seus significados. Mesmo assim, todavia, isto só pode acontecer se elas não forem utilizadas como único processo na resolução de problemas.

Apesar de em alguns tópicos — especialmente naqueles não contendo grandezas direta ou inversamente proporcionais — a ausência completa da utilização de fórmulas na resolução de problemas não ser facilmente exequível, seria importante que a utilização das mesmas fosse mínima, combinando-as, simultaneamente, com conceitos e princípios.

O desenvolvimento de fórmulas anteriormente aprendidas pode ser dispensado, desde que tal tenha acontecido em aprendizagem anterior. Assim, por exemplo, na resolução de problemas sobre propriedades coligativas, dispensa-se o desenvolvimento das fórmulas que envolvem concentrações das soluções. O mesmo se aplica no caso da fórmula $Q = it$, em eletroquímica.

Os dados fornecidos na proposição de um problema devem ser tais, que permitam reduzir a um mínimo a utilização de valores tabelados, definições ou fórmulas. Desse modo, no primeiro exemplo apresentado, o valor da constante de Faraday ($F = 96500 \text{ C}$) não é fornecido, bem como a definição de equivalente eletroquímico, fornecendo-se, apenas, o valor da carga do elétron.

A redução ou supressão de fórmulas tal como foi aqui apresentado em nada prejudicam o aspecto quantitativo. Ao contrário, enfatizam-no simultaneamente com o aspecto qualitativo, como foi visto nos exemplos apresentados. Assim, a utilização do procedimento aqui proposto em sala de aula ou em textos didáticos poderá amenizar muitos dos problemas salientados anteriormente.

Evitando-se o uso demasiado de fórmulas, o aluno terá maior possibilidade de concentrar sua atenção nas entidades fundamentais da Química: átomos, íons e moléculas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Romeu Cardozo Rocha Filho, pelas discussões proporcionadas e sugestões recebidas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- ¹ L.P. do Amaral. *Estudos de Química*. V. 2. Ed. Moderna, São Paulo, 1. ed., 1977.
- ² C.A.M. Araujo. *Química*, Ed. Sagra, Porto Alegre, s.d.
- ³ G.C. de Carvalho. *Aulas de Química*, v. 2. Ed. Nobel, São Paulo, 1977.

- ⁴ G.C. de Carvalho. *Química Moderna*, v. 4. Ed. Nobel, São Paulo, s.d.
- ⁵ G.C. de Carvalho. *Estudo Dirigido de Física Química*, V. único, Ed. Nobel, São Paulo, 1977.
- ⁶ W. Kiel. *Química Geral Básica*, V. 4. Ed. do Professor Gaucho, Porto Alegre, 4. Ed., 1977.
- ⁷ R. Moraes & A.P. Pizzatto. *Química Geral e Físico-Química*, Ed. Saraiva, São Paulo, 1976.
- ⁸ V.A. Nehmi. *Química Geral*, v. 5. Ed. Átomo, São Paulo, 10 ed., 1977.
- ⁹ E. Politi & H.J. dos Reis. *Química – série sinopse*, Ed. Moderna, São Paulo, 1 ed. 1976.
- ¹⁰ A. Sardella & E. Mateus. *Química fundamental*, v. 3, Ática, São Paulo, 1979.
- ¹¹ L.C.R. Silva & outros. *Toda a química simplificada*, v. único, FTD, São Paulo, 1978.
- ¹² R. Feltre. *Química – vol. 2*. São Paulo, Moderna, 1977.
- ¹³ A. Lembo & Sardella. *Química – Vol. 2*. São Paulo, Ática, 1977.
- ¹⁴ P. Chauvim. *Química, V. 2*. São Paulo, IBEP.
- ¹⁵ R.P. Schnetzler. "O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de química de 1875 a 1978". Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1980, p. 3.
- ¹⁶ Ref. 12, pág. 356.
- ¹⁷ Ref. 13, pág. 297.
- ¹⁸ Ref. 12, pág. 363.
- ¹⁹ Ref. 13, pág. 301.
- ²⁰ D.R. Hartwig, R.C. Rocha Filho & R. Rodrigues. *Química Nova*, 5, 60 (1982).
- ²¹ J.G. Traynham. *J. Chem. Ed.* 31, 82 (1954).
- ²² D.R. Hartwig. "Componentes metodológicos como estratégia para a aprendizagem significativa no ensino da química. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1981.

Obras Consultadas

1. H. AEBLI. *Prática de ensino*. Petrópolis, Vozes, 1976.
2. U. D'AMBROSIO. *Desenvolvimento nacional e estratégias para educação científica*, UNICAMP, 1977, 113 p.