

DO FANTASTICAMENTE PEQUENO AO FANTASTICAMENTE GRANDE

Começo com um problema que pode até parecer de ficção científica mas que é de um realismo fantástico. Veja-o:

“ Quanto tempo levariam os habitantes da Terra para contar as moléculas de 1cm^3 de gás, que estão nas condições normais de temperatura e pressão, admitindo que cada habitante conte duas moléculas por segundo?”

Vamos imaginar a solução. Vejamos o que é 1cm^3 de gás. Pense em um dado, estes de jogar, com 1 cm de lado. Logo, é um volume muito pequeno. As moléculas estão sob pressão de 1 atmosfera a 0°C . Logo, se fizermos um orifício no cubo não haverá escapamento de moléculas, pois a pressão interna e externa é a mesma. Por ser a pressão de apenas um atmosfera, as moléculas no cubo estão muito longe umas das outras, até porque uma duplicação da pressão reduziria o volume à metade, ainda estando as moléculas muito distantes. Imagine abrir-se este cubo em cima de um grande mesa em não exista nenhuma outra molécula. Claro, isto é fantasia. Agora as moléculas estarão muito afastadas umas das outras, pois se antes estavam em 1cm^3 agora ocupam uma área imensa. Podemos até imaginá-las formando um filme monomoleculas. Imagine a maior mesa do mundo! Continuemos as fantasias: imagine a população da Terra em volta da mesa, contando sem parar duas moléculas por segundo. Aqui é todo mundo (isto neste caso não é força de expressão) contando “apenas” as moléculas de 1cm^3 de gás.

Inicialmente vejamos quantas moléculas serão contadas. Em 1 mol qualquer substância há $6,02 \times 10^{23}$ moléculas. Isto é uma importante afirmação. Qualquer estudante recém iniciado na Química deve e conhece esse valor e o identifica com N_A NÚMERO DE AVOGADRO. MOL é a dúzia químicos. Quando se começa a estudar as relações ponderais (recorde o uso da balança de Lavoisier) Houve necessidade, necessidade com os incipientes conhecimentos de modelo atômicos, de se escolher, convenientemente, a “dúzia” porque assim como não é usual comprar um ovo ou uma banana, não é operacional manipular *um átomo*.

Por que uma dúzia de ovos é doze? Não existe base para escolha a não ser por conveniência ou convenção; assim, decidiu-se pelo doze (talvez haja ligação o sistema sexagesimal ou porque o doze tem mais divisores que o dez). Geraria confusão, porém se a dúzia de bananas fosse doze e a de ovos fosse treze.

Já que os átomos não podem ser vistos, não é prático contá-los, e, mesmo não é apropriado. A situação com átomos se parece mais com feijões do que com bananas. Ninguém chega a um armazém e diz: Quero “8.523 feijões”! Dirá, por exemplo, “quero um quilograma de feijão” (e levará aproximadamente, 8.000 grãos de feijão) porque é algo mais fácil de medir.

Os químicos selecionaram um peso conveniente de um determinado elemento para fixar o N_A . Decidiram que o *números de átomos* em 12,0000 gramas do isótopo de carbono (essa é a massa atômica do C^{12} , expressa em gramas) fosse N_A e esse número passou a caracterizar *um mol de átomos*, da mesma maneira que hoje dizemos que doze ovos constituem uma dúzia.

Durante um longo tempo os químicos trabalharam com o conceito de *mol* saber a

sua magnitude. Você já sabia sobre quantos grãos de feijão existem em 1 kg? Atualmente existem vários métodos para medir o valor de N . Não vamos detalhá-los, mas apenas dizer que um número colossal. Mas antes de resolvê-lo, agora que você conhece o *mol*, é preciso recordar o que é *volume molar*. Volume molar é o volume ocupado por um mol. Assim, 18 g de água (um mol) ocupam, na temperatura ambiente, aproximadamente 18 ml ou 18 cm^3 . É claro que um mol de água, quando no estado gasoso (mesmo mantendo a mesma massa e portanto o mesmo número de moléculas), ocupa um volume diferente. Verificou-se, experimentalmente, que os gases, quando a 0°C e pressão de uma atmosfera, ocupam o volume de 22,4 litros. Cuidado com esse número! Ele, muitas vezes, conduz os estudantes a conclusões absurdas.

Vamos abrir um parêntese na solução de nosso problema para um comentário adicional sobre o “22,4 litros”. Este é um valor experimental, que inclusive valida a hipótese de Avogadro: Volumes iguais, de quaisquer gases, nas mesmas condições de temperatura e pressão, têm o mesmo número de moléculas. “Assim, um mol de qualquer gás (ou 2 g de hidrogênio, ou 44 g de gás carbônico ou 58 g de butano), a 0°C e 1 atm ocupa o volume de 22,4 l. A medida experimental desse valor pode ser feita, por exemplo, pesando um litro de gás (nas condições referidas e conhecida a densidade e massa molar, calcular o volume molar). O valor assim encontrado deverá estar muito próximo de 22,4 l.

Mas aqui há detalhes que merecem atenção: o volume molar da água gasosa, a 0°C e 1 atm, é de 22,4 l; mas se tivermos água líquida, nesta mesma condição, o volume será de 18 ml, pois nestas condições a densidade da água é de $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Qual será o volume molar do mercúrio, se a densidade do mesmo é de $13,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, na temperatura ambiente? O volume molar do mercúrio é o volume ocupado por um mol de mercúrio, isto é, por 200,59 g é de $14,75 \text{ cm}^3$. Assim, pode-se inferir quando um átomo de mercúrio é maior (mais pesado) do que uma molécula de água. É por isso que o volume molar do mercúrio (na temperatura ambiente) também é bem maior que o volume molar da água. Agora verifique, mais uma vez, por que, se tivéssemos um e outro no estado gasoso e nas condições normais de temperatura e pressão, o volume molar de ambos seria igual.

Vale insistir que o 22,4 l é o volume molar exclusivo dos gases nas CNTP. Problemas envolvendo volume molar, em geral, dão margem a erros, pois esse assunto nem sempre é tratado adequadamente. A dificuldade não é apenas local. No *Journal of Chemical Education* há dois artigos que merecem leitura: “*I hate 22,4 l*” (Ago./74, p.526) e uma réplica ao mesmo: “*Some people love 22,4 l*” (Mar./75, p.204). Veja, há alguns que odeiam e outros, entretanto, que amam o 22,4 l.

Votemos à nossa interrogação inicial: “Quantas moléculas devem ser contadas?” Em um mol de gás há $22,4 \text{ l} = 22400 \text{ ml} = 22400 \text{ cm}^3$, em 1 cm^3 (que é de nosso cubo) há $2,69 \times 10^{19}$ moléculas.

Prossigamos: “Quantas moléculas deverão ser contadas por cada habitante da terra? Você sabia que, segundo as projeções dos que estudam populações, quando nasceu a primeira criança, no dia 11 de julho de 1987, atingimos 5 bilhões de habitantes? Para a tarefa de contar moléculas vamos convocar todos os habitantes da terra (recém-nascidos e velhos, brasileiros e chineses, povos ricos e terceiro-mundistas, todos mesmo!) Devemos contar as moléculas de um cm^3 de gás ($=2,69 \times 10^{19}$ moléculas). Como somos já cerca de $5,0 \times 10^9$ habitantes, a quota de cada um será de $5,39 \times 10^9$ moléculas. Este é o número que cada um de nós terá de contar.

Vamos continuar o nosso problema” “Quanto tempo levaremos para realizar esta

tarefa se cada um de nós conta 2 moléculas por segundo? Imagina o espetáculo que deve ser todo mundo catando duas moléculas por segundo, daquelas contidas no cosso cubo que agora estão espalhadas, muito rarefeitas, sobre a nossa fantasiosa grande mesa. Divida o número de moléculas por 2 e terá o tempo, em segundo, isto é, $2,69 \times 10^9$ segundos. Isso é muito tempo! Vejamos: são $4,48 \times 10^7$ minutos, ou $7,47 \times 10^5$ horas ou, ainda $3,44 \times 10^4$ dias ou 86,4 anos. Calcule, se começarmos a tarefa hoje, quanto a concluiremos... É, já estará vencendo $\frac{3}{4}$ do século XXI. Espero então que você esteja bem... após ter contado, durante tanto tempo, sem parar, dia e noite, sem férias, duas moléculas por segundo! Antes de começar a contagem vamos conversar um pouco sobre este tema, retomando alguns conceitos.

A Química é Ciência que investiga as substâncias e as transformações que ocorrem nas mesmas. As unidades envolvidas nos fenômenos químicos – *átomo, moléculas, íons, etc.* - são fantasticamente pequenas, e como tratamos de quantidades que precisam ser manipuladas pelos nossos instrumentos de medidas – *a balança* – por exemplo - , o número de unidades envolvidas é infinitamente grande. Trataremos agora um pouco em cima de disso, viajando num mundo de um realismo fantástico.

Qualquer estudante, recém iniciado em Química conhece o valor do Número de Avogadro. Mas o que significada $6,02 \times 10^{23}$?

Pode se dizer que o *mol* é dúzia dos químicos. Assim, quando se fala em dúzia de bananas ou em dúzias de ovos, sabemos que estamos nos referindo as 12 bananas ou 12 ovos. Quando falamos em um mol estamos nos referindo a $6,02 \times 10^{23}$ indivíduos , ou seja, um mol de moléculas, um mol de átomos, um mol de fótons, um mol de íons, um mol de elétrons , etc. Quando nos referimos à *massa molar* significa que estamos relacionando a massa de um mol de indivíduos. É preciso não confundir *massa molecular* (que é a massa de uma molécula) com a massa molar (que é a massa de um mol de moléculas).

A massa molecular da água é de 18 u.m.a. (unidade de massa atômica) e a massa molar da água é de 18 g (=1 mol). Assim, em 18 u.m.a. Há uma molécula de água e em 18 g há $6,02 \times 10^{23}$ moléculas. Calcule, agora, a massa de uma moléculas de água, expressa em gramas! Certo. É da ordem de $3,00 \times 10^{23}$ g.

Mas vamos tentar nos aproximar um pouco do significado do *Número de Avogadro* . Dizer que $6,02 \times 10^{23}$ é o número 602 seguido de 21 zeros, ou até fazer esta escrita, não chega a nos fornecer as melhores informações. Imagine um copo de contenha 200 ml de água, aproximadamente 200 g de água. Nesta massa há cerca de 21 moles (ou móis ou mols) de água, isto é, $21 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas ou $1,26 \times 10^{25}$ moléculas de águas.

Se num gole de água ingerimos alguns moles de água, quantos moles de grão de soja há em uma jamanta ou carreta de soja? Imagine 30 toneladas de soja! Esta é carga de uma destas que vemos transportando soja em nossas estradas. 30 toneladas são 3×10^4 kg ou 3×10^7 g. Cada grama de soja contém em média 7 grãos de soja, então termos $2,1 \times 10^8$ grãos em uma carreta, o que corresponde a uma fração infinitamente pequena de mol.

Vamos admitir uma excelente safra de soja no Rio Grande do Sul: 10 milhões de toneladas. Quantos moles de grãos termos então? 10^6 toneladas = 10^9 kg = 10^{12} g = 7×10^{12} grãos; novamente a nossa fração de mol de grão de soja é fantasticamente pequena. Se cada um de 25 estados do Brasil produzisse 10 milhões de toneladas de soja (isto é, em nossa fantasia Sergipe e Alagoas produzindo a mesma quantidade que

a excepcional safra gaúcha) estas 25 unidades da federação produziriam $1,75 \times 10^{13}$ grãos.

Se imaginarmos 200 países da terra produzindo tanta soja como na nossa ficção, isto é 25 x 10 milhões de toneladas, teríamos uma produção de $3,5 \times 10^{15}$ grãos. Ainda uma fração muito pequena do mol, mesmo sonhando com países tão pequenos como Andorra, Mônaco, Vaticano, etc. 250 milhões de toneladas de soja. Imaginemos mais: com estes 200 países produzindo esta massa anual de soja desde o nascimento de Cristo até os dias atuais teríamos cerca de $7,0 \times 10^{18}$ grãos. Se nossa fantástica ficção imaginarmos 100 planetas tipo a Terra produzindo 2 milênios, teríamos então, finalmente, atingido acerca de *1 milésimo de mol*.

Espero que com esta nossa fantasia você tenha obtido uma pálida idéia de quanto o *Número de Avogadro* é grande e quanto as moléculas são fantasticamente pequenas.

Para concluir, veja mais este exemplo: no “Aurélio” *Nosso Dicionário da Língua Portuguesa*”, há em média 45 letras por linha, 95 linhas por página, três colunas por página e 1 498 páginas; isto significa que há 1.921.850 letras ou $1,9 \times 10^6$ letras no “Aurélio”. Na UFRGS há 28 bibliotecas com cerca de 420 mil volumes. Se todo o acervo fosse iguais ao “Aurélio”, teríamos cerca de $7,9 \times 10^{11}$ letras nos livros das bibliotecas da UFRGS. Agora mais um sonho: se cada brasileiro tivesse uma biblioteca com 420 mil volumes do tipo “Aurélio”, teríamos nas bibliotecas dos 140 milhões de brasileiros $1,10 \times 10^{20}$ letras, isto é, da ordem de um milésimo de mol de letras em todas as bibliotecas de todos os brasileiros.

Após estas considerações e antes de passar para o próximo capítulo, onde vamos ver como fazer para interagir com um mundo tão fantasticamente pequeno, vale a pena imaginar como é este mundo onde num copo de água há vários mols de moléculas.

(texto retirado do Livro *A Educação no Ensino da Química* de Attico Inácio Chassot)