

Abordando a Física no Dia a Dia: Sobre a Água

*Cintia Guimarães Ferreira; Ubiratan Barbosa de Araujo; Achilles Astuto;
Carlos Roberto Ferreira de Castro*

1. Introdução

Existem apenas duas maneiras de ver a vida. Uma é pensar que não existem milagres e a outra é que tudo é um milagre.

(Albert Einstein)

A epígrafe acima afirma de forma categórica que existem apenas duas maneiras de ver a vida. Vamos arriscar que Einstein escolheria a segunda opção, ainda que seus pensamentos andassem lado a lado com seu rigor científico. Se existe alguma certeza sobre a vida, ela está intimamente ligada à existência de água na Terra (seja qual for a sua maneira de ver a vida). Por este motivo escolhemos a água como caminho para introduzir alguns conceitos físicos que envolvem atividades simples do nosso dia-a-dia, seja observando o céu durante uma caminhada, seja preparando um prato saboroso para o jantar.

Nossos corpos são constituídos de 75% de água e a concepção de que a vida só foi possível devido a sua existência, tornou-se tão evidente que na procura de vida fora da Terra, a pergunta que se faz é: Existe água na forma líquida? Qual a garantia de que as leis da física, na Terra, são as mesmas leis físicas para o universo conhecido?

O nosso propósito é escrever sobre a Física do dia-a-dia, com o intuito de estimular e motivar o aluno a estudar. Se vamos conseguir, não sabemos, mas jamais saberíamos se não tentássemos.

2. Sobre a água (H₂O)

Temos boas razões para acreditar que as leis físicas são as mesmas, muito longe no tempo e no espaço. O estudo do espectro¹ das galáxias fornece um exemplo convincente. As linhas espectrais observadas correspondem perfeitamente aos átomos que conhecemos na Terra. Isto prova que os átomos “de lá” comportam-se da mesma maneira que os átomos na Terra.

A água é a única substância que pode ser encontrada na Terra, em abundância, nos três estados físicos normais (sólido, líquido e gasoso). As modalidades de água são: H₂O, D₂O e H₂O₂.

H₂O é a molécula da água que estamos estudando, ou seja, dois átomos de hidrogênio (H), combinando-se com um átomo de oxigênio (O). D₂O é o óxido de deutério² (conhecido como “água pesada”), onde D é o deutério e existe em uma parte por dez mil na água do mar. H₂O₂ é a água oxigenada, que é um desinfetante comum.

O hidrogênio possui 3 isótopos³: ¹H é o oxigênio comum (prócio ou prótio), ²H é o deutério e, ³H é o trítio (ou trício), que é um elemento radioativo com meia-vida⁴ de 12,6 anos usado na bomba de hidrogênio, como traçador e em tintas luminosas.

Cerca de 97,2% da água é encontrada nos oceanos, 2,15% nas geleiras e 0,65% em formas de “água doce”. A água potável está sendo poluída e poderá escassear em várias regiões da Terra, constituindo-se em um grande desafio para a sobrevivência humana, durante o século XXI.

O oxigênio partilha dois elétrons com cada um dos átomos de hidrogênio, mas essa partilha não é uniforme. O oxigênio atrai mais fortemente os elétrons, de modo que as cargas negativas ficam mais próximas do oxigênio. Embora a molécula de água seja eletricamente neutra, o lado do oxigênio da molécula possui uma pequena carga negativa e os dois lados do átomo de hidrogênio possuem uma pequena carga positiva (Figura 1).

¹ Espectro: Todas as frequências possíveis que uma onda eletromagnética pode ter.

² A água pesada é usada em alguns reatores nucleares e nos detectores de neutrinos. Experiências realizadas com ratos, alimentados com D₂O, mostraram que ela parece não ser utilizável para a vida, pois os ratos morreram de sede.

³ Elemento químico com o mesmo número atômico e diferentes números de massa.

⁴ Meia-vida: É o tempo necessário para que a atividade de um material radioativo decaia à metade.

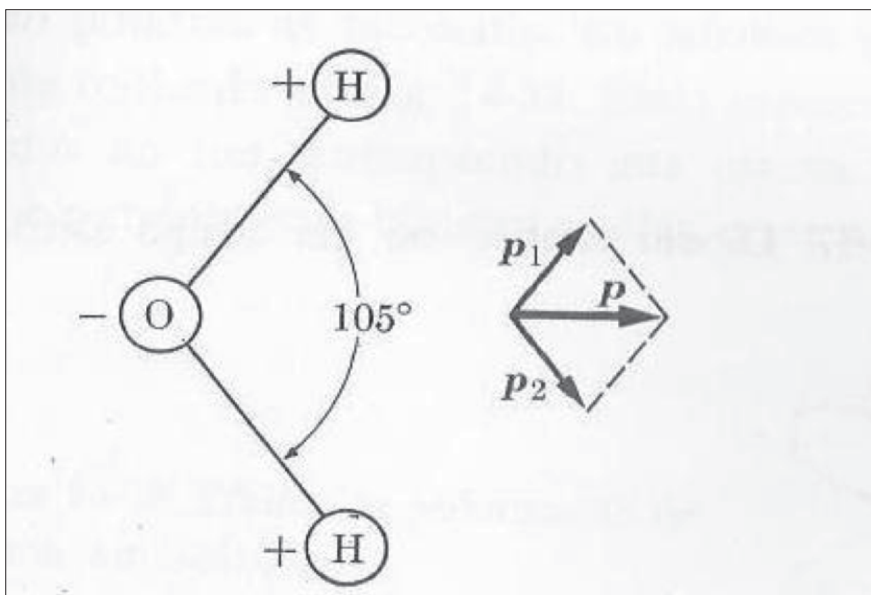


Figura 1 - Molécula de H_2O com momento de dipolo permanente que apontada direção do centro das cargas negativas para o centro das positivas.

Por isso é que a água é considerada POLAR, ou seja, existe na água um polo positivo e outro negativo. Essa polaridade cria o que se chama de dipolo elétrico⁵ (Figura 2). A água tem um momento de dipolo permanente⁶. As moléculas APOLARES não têm momento de dipolo permanente.

Em todas as reações bioquímicas, nos tipos de vida existente na Terra, dependem da polarização da água, ou seja, a nossa existência depende dos dipolos elétricos da água.

A água é um excelente solvente de substâncias iônicas. O sal de cozinha (cloreto de sódio – NaCl) é dissolvido em Na^+ e Cl^- , que são atraídos para os pólos da água. Isso só é possível porque a água forma um dipolo elétrico. O forno de microondas usa a polaridade da água (dipolo elétrico) para aquecer os alimentos.

⁵ É um par de cargas puntiformes com o mesmo módulo, porém de sinais trocados, separados por uma distância d .

⁶ Momento de dipolo elétrico (\vec{p}): $\vec{p} = q\vec{d}$. O vetor deslocamento \vec{a} vai SEMPRE da carga negativa para a positiva.

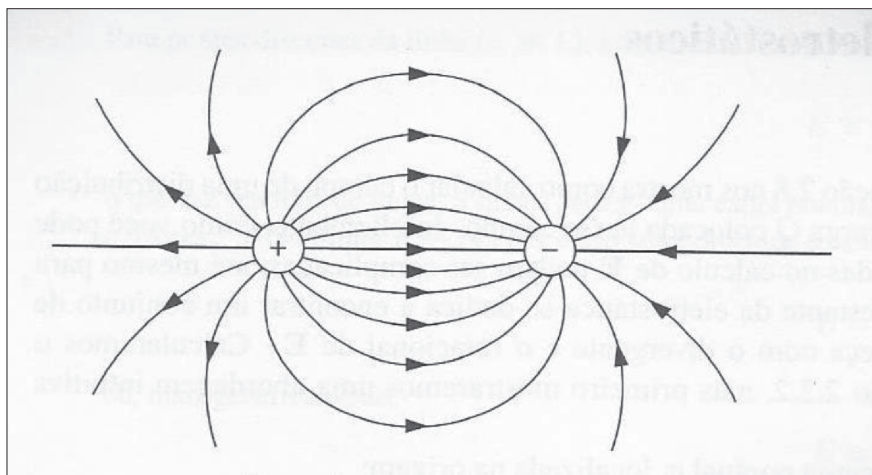


Figura 2 - Dipolo elétrico.

As cargas elétricas podem ser positivas e negativas. Cargas elétricas iguais se repelem e cargas elétricas diferentes se atraem. Portanto, devido à polaridade da água, elas se alinham ligando-se umas às outras. Essa ligação se chama PONTE DE HIDROGÊNIO. Essa força de ligação é pequena, mas é o suficiente para tornar as moléculas de água viscosas. Esse tipo de ligação é que faz com que a água possa juntar-se com mais facilidade e separar-se com mais dificuldade. No nível do mar, é necessário aquecer a água a 100°C para vencer essa ligação e fazer com que ela entre em ebulição. Se a temperatura cai a 0°C , as pontes de hidrogênio prevalecem de tal modo que as moléculas de água ficam presas no lugar e a água se transforma em gelo. Não fossem as pontes de hidrogênio, a temperatura teria que cair muito mais para que isso acontecesse.

A água possui um comportamento anômalo, pois ao ser aquecido de 0°C a 4°C (rigorosamente $3,98^{\circ}\text{C}$) o seu volume diminui. A partir de 4°C o nível da água sobe, conforme ilustrado na figura 3.

A densidade de um corpo é que determina se ele flutua ou não⁷. A densidade volumétrica é igual à massa do corpo dividida pelo seu volume, portanto para uma mesma massa de água, se o volume diminui, a sua densidade aumenta. Esse comportamento da água de 0°C a 4°C explica porque

⁷ É mais fácil nadar na água do mar (densidade maior), do que de um rio (densidade menor).

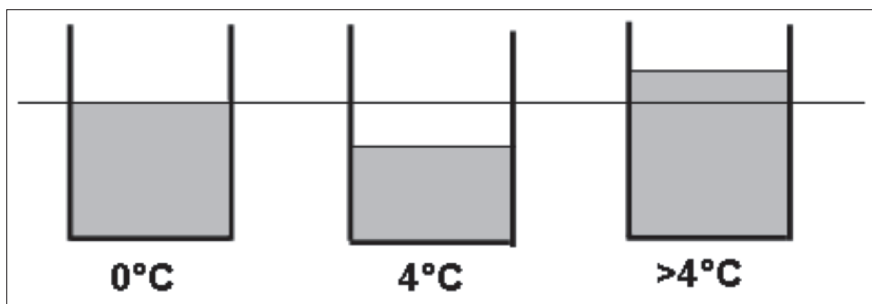


Figura 3 - O mesmo volume de água em recipientes iguais em temperaturas diferentes.

os lagos, rios e mares se congelam só na superfície. Assim, a vida biológica permanece devido a esse comportamento. Fica a pergunta: A anomalia da água proporcionou a presença de vida na Terra ou foi a vida que procurou um planeta rico em água?

A importância da água para a vida parece inquestionável. Vimos que sua polaridade, a ponte de hidrogênio e seu comportamento anômalo, são decisivos neste processo. Entretanto, a sua constituição de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio nos leva a fazer a seguinte pergunta:

Qual a origem do hidrogênio e do oxigênio?

Em quase toda cultura humana, existe uma explicação para a formação do universo e da vida. Com o desenvolvimento da ciência, uma explicação mais plausível foi se desenvolvendo, até que uma teoria surgiu: A teoria do *Big Bang*. O Universo surgiu de um ponto (singularidade) e tudo que existe depende dos elementos químicos que ali foram criados, que são: o hidrogênio, o hélio, o deutério e o lítio⁸. Cerca de 73% do universo visível é composto de hidrogênio, 25% de hélio e os restantes 2% dos outros elementos químicos. Assim, o hidrogênio e hélio respondem por, aproximadamente, 98% de todos os átomos do universo.

Com a expansão do universo, as estrelas e as galáxias foram surgindo. Devido à alta pressão das estrelas, o processo de fusão dos hidrogênios torna-se possível. Elementos químicos leves são produzidos em estrelas comuns (até o ferro), mas elementos químicos mais pesados só são possíveis nas estrelas chamadas de supernovas⁹.

⁸ O lítio da graxa dos automóveis só foi produzido no início do Big Bang. Levamos, assim, um pedaço da história cósmica a cada dia quando dirigimos.

⁹ Na explosão de uma supernova, o seu brilho chega a 100 vezes mais do que o brilho total de todas as outras estrelas da galáxia de onde ela explodiu.

Portanto, os elementos químicos que formam a água têm a sua origem no início do universo (H) e depois com a formação das estrelas (O). Com a união desses elementos formou-se a água, que com suas particularidades, possibilitou a vida. É curioso que o hidrogênio é um gás muito perigoso, altamente inflamável e o oxigênio (o fogo precisa dele) é necessário para aumentar a combustão (alto poder de oxidação). Ainda mais curioso: O oxigênio é o elemento vital para a respiração celular e a água apaga o fogo. Mais curioso ainda: Da união deles, depende a vida.

Carl Sagan escreveu: “Somos feitos de poeira das estrelas”.

Na análise não emotiva da ciência, somos conduzidos a uma realidade dura, mas inevitável: Quando nós humanos morremos, a matéria de que somos feitos, volta a integrar o cosmos e vai formar outros corpos, outras pessoas.

2.1. Sobre a panela de pressão

Os corpos celestes para reterem uma atmosfera precisam ter uma determinada massa. Na lua isso não é possível, pois sua massa é pequena. É essa atmosfera que irá determinar a cor do céu. Portanto, o céu lunar é preto. Na Terra, as moléculas da atmosfera dispersam a luz solar, sendo que a radiação com comprimento de onda menor é mais espalhada. Assim, a luz de tonalidade azul (comprimento de onda menor) será mais espalhada e o céu aparecerá azul. Nos finais de tarde, a luz atravessa um caminho maior na atmosfera, até chegar aos nossos olhos, provocando o aparecimento das cores vermelhas, laranjas e amarelas.

O ar atmosférico é uma mistura de gases (ar seco) e o vapor de água. Os principais gases que compõem o ar seco são o nitrogênio (78%) e o oxigênio (21%). Esses gases exercem uma determinada pressão sobre todas as coisas na Terra e têm influência no processo de EBULIÇÃO DA ÁGUA.

A temperatura de ebulição de um líquido depende da pressão exercida sobre ele. A água em particular, ferve a 100°C ao nível do mar, onde a pressão atmosférica é normal (1 atm). Em altitudes maiores, a ebulição da água ocorre em temperaturas mais baixas, porque a pressão atmosférica é menor. A figura a seguir (Figura 4) mostra a temperatura de ebulição da água em diferentes localidades e diferentes altitudes^{10,11}.

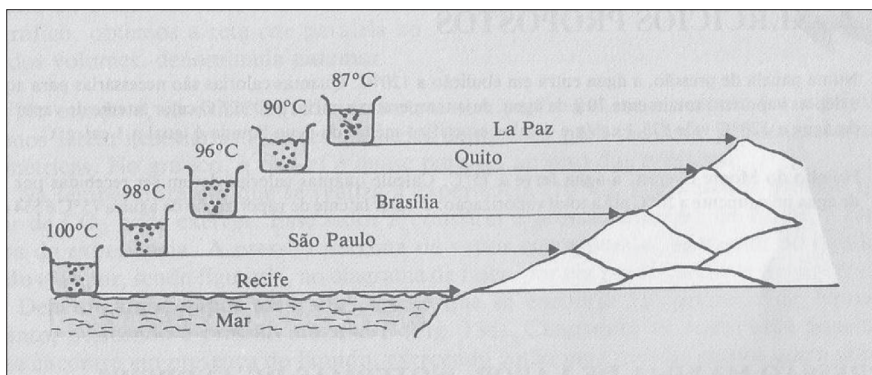


Figura 4 - Temperatura de ebulição da água com a altitude.

A mudança de fase da água (líquida para vapor) é conhecida como **CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO**. Durante esse processo a água permanecerá a 100°C (nível do mar), até que se transforme toda em vapor. Portanto, em uma panela comum, quando a água começar a ferver, pode-se abaixar o fogo para economizar gás, pois o alimento estará sendo cozinhado a uma temperatura de 100°C. Somente o tempo terá influência no cozimento do alimento.

A panela de pressão foi inventada em 1680 por Denis Papin, Físico e inventor francês. Em uma panela de pressão, a água aquecida começa a vaporizar e, devido à vedação, o vapor não pode sair. A pressão interna aumenta (maior do que a pressão atmosférica), fazendo com que a água ferva a uma temperatura maior do que 100°C (em torno de 120°C). Essa pressão aumenta até atingir um limite, fazendo com que o pino da válvula levante, para que o vapor possa sair. A partir desse momento, a pressão e a temperatura se mantêm constantes, portanto deve-se abaixar o fogo para economizar gás. Assim, com essa temperatura mais elevada, pode-se cozinhar os alimentos em tempo menores do que em panelas comuns.

No mar, a cada dez metros de profundidade, a pressão aumenta de uma atmosfera. Os seres de águas profundas (abissais) precisam se adaptar a essa pressão maior. Para isso eles desenvolveram uma constituição diferenciada dos seres da superfície da Terra.

¹⁰ Altitude é a altura em relação ao nível do mar. Altura é a posição de um corpo acima de um plano ou relação a um ponto de referência.

¹¹ No pico do Everest, a ebulição da água ocorre a 71°C.

Vimos que o aumento da pressão altera o ponto de ebulição da água. Na usina nuclear de Angra dos Reis, o reator nuclear – POWER WATER REACTOR (PWR) – Reator à água pressurizada, consegue manter a água na forma líquida a quase 400°C.

Uma experiência que pode ser realizada, para testar a pressão atmosférica é a seguinte (tomando-se o devido cuidado): coloca-se um chumaço de algodão com álcool dentro de uma lata. Faça pegar fogo e espere um determinado tempo. Tampe-a e veremos a pressão atmosférica entortar a lata.

2.2. Sobre a evaporação da água

A atmosfera é um sistema dinâmico. A sua movimentação se faz de uma região de alta pressão para uma de baixa pressão (vento). Devido à rotação da Terra o movimento das moléculas de ar no hemisfério norte é diferente à do hemisfério sul. O rodopio de um furacão no hemisfério norte é anti-horário e no hemisfério sul é no sentido horário. A figura 5 mostra esse efeito¹².

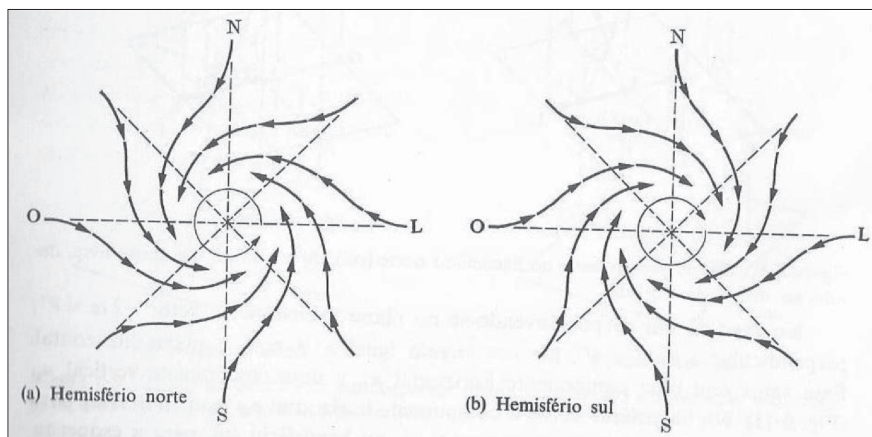


Figura 5 - O movimento de rotação de um furacão no Hemisfério norte e no Hemisfério sul.

¹² Embora a explicação seja complexa e um pouco diferente, podemos ter uma ideia realizando a seguinte experiência: abra a torneira da pia e tape com as mãos a saída da água. Retirando-se a mão, veremos que a água desce pelo ralo no sentido horário (hemisfério sul).

O ar é uma mistura de gases e de vapor de água. Esse vapor exerce uma pressão parcial f . O ar está saturado de vapor, quando existe em quantidade suficiente para exercer uma pressão máxima F . A UMI-DADE RELATIVA OU GRAU HIGROMÉTRICO H do ar é dado por:

$$H = \frac{f}{F} \quad \text{Equação 1}$$

A umidade relativa do ar é dada em porcentagem. Se o ambiente estiver saturado; temos: $f = F$, então a umidade relativa vale 1 (100%).

A ebulição da água ocorre somente a 100°C (nível do mar), diferentemente do processo de evaporação. A evaporação é a vaporização espontânea da água, sob quaisquer condições. A qualquer temperatura, algumas moléculas da água adquirem energia cinética superior à média e abandonam o líquido através da superfície livre.

A velocidade de evaporação V (massa que se evapora na unidade de tempo) é dada pela fórmula de Dalton:

$$\frac{m}{t} = V = K \frac{A(F - f)}{P_{\text{ext}}} \quad \text{Equação 2}$$

Uma grandeza se diz DIRETAMENTE proporcional a outra, quando aumentamos (ou diminuimos) uma, a outra também aumenta (ou diminui) e INVERSAMENTE proporcional, quando aumentamos uma, a outra diminui.

K é a constante de proporcionalidade e seu valor é elevado para líquidos voláteis (éter, álcool, gasolina...) e, baixo para líquidos fixos (óleos, mercúrio e entre outros.). Por isso, é que os líquidos voláteis evaporam-se mais rápido.

A pressão externa (P_{ext}) é inversamente proporcional a velocidade de evaporação, portanto quanto maior P_{ext} MENOR será a evaporação.

A área da superfície livre (A) é diretamente proporcional à velocidade de evaporação do líquido (V). Por esse motivo é que estendemos a roupa para que seque mais rápido.

Quanto maior a umidade relativa (H), a concentração de vapor junto ao líquido será maior. Assim, se a pressão parcial (f) aumenta, então a velocidade será menor. É por esse motivo que sentimos mais calor (abafado)

em dias que a umidade relativa está alta. O ar refrigerado além de refrigerar, retira a água do ambiente, fazendo com que a umidade relativa interna fique menor do que a externa. Ao se entrar no ambiente a velocidade de evaporação aumenta e temos a sensação de frio, devido à perda de energia cedida pelo nosso corpo para evaporação da água.

As moléculas que se vaporizam absorvem calor e a evaporação produz FRIO POR EVAPORAÇÃO. Existem várias situações do dia-a-dia que podem ser explicadas por esse fenômeno.

A água fica mais fresca em potes de barro. O barro é um material poroso, portanto as moléculas mais energéticas o atravessam e se evaporam. Temperatura é a medida de agitação molecular. Assim, a água que permanece dentro do pote fica a uma temperatura menor.

Um banhista sente mais frio quando molhado. A evaporação da água retira “calor” do seu corpo e o vento acelera o processo.

A sobrevivência do nosso organismo está condicionada na manutenção de uma temperatura constante (36,5°C). Ao nos exercitarmos a nossa temperatura aumenta, mas produzimos suor, que ao se evaporar retira “calor” do corpo na tentativa de mantê-la constante.

3. Considerações Finais

*Há uma estrada que ninguém
pode percorrer, só você. Não
pergunte aonde leva; vá em
frente.*

Nietzsche

Neste breve texto percorremos um caminho que envolveu grandes conhecimentos. Estudar parece uma tarefa simples, mas não é. Há de se buscar uma motivação. A nossa intenção ao escrever sobre física e água, foi estimular a leitura. Portanto, as explicações não foram aprofundadas e a matemática foi evitada, com isso esperamos ter conseguido a motivação para que se estude.

O aprendizado em física não precisa ser visto como assustador. Se refletirmos sobre as nossas tarefas do dia-a-dia, podemos imaginar que, em cada ação, há um fenômeno envolvido que é explicado pela física.

A necessidade de água para a existência da vida (na forma que conhecemos) é real. Os questionamentos que surgem a partir dessas evidências, é o que torna a ciência bela. Maiores explicações demandam mais pesquisas, mais investimentos. Esperamos que a sua caminhada na estrada da vida seja repleta de questionamentos e que estes questionamentos sejam fruto do estudo. Boa viagem!

4. Referências

CARVALHO, Regina Pinto. Física do dia a dia. Volumes 1 e 2, 3ª edição. Autêntica Editora Ltda, 2011. São Paulo.

COMINS, Neil F.; KAUFMANN III, Willian J. Descobrimdo o Universo, 2010. Editora Bookman, 8ª edição. Porto Alegre.

LAHERA, Jesús; FORTEZA, Ana. Ciências Física nos Ensinos Fundamental e Médio

– Modelos e Exemplos. ALE Artuned Editora AS, 2006. São Paulo.

NOVELLO, Mário. Do Big Bang ao Universo Eterno. Editora Zahar, 2010. Rio de Janeiro.

RAMALHO, Francisco Junior; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES; Paulo Antônio de Toledo. Os Fundamentos da Física. Volume 2. 6ª edição, Editora Moderna Ltda, 1995. São Paulo.

SHIEEKIYO, Carlos Tadashi; YAMAMOTO, Kazulito; FUKU, Luiz Felipe. Os Alicerces da Física. Volume 2. Editora Saraiva, 14ª edição, 2007. São Paulo.

STANNARD, Russel. Perguntem ao tio Alberto. Edições 70 Ltda, 1998. Portugal.

TRIGUEIRO, Edmac. História do Universo. Novo Século Editora Ltda, 2011. São Paulo.

VAISMAN, Delmo Santiago; AFONSO, Júlio Carlos; DURA, Paulo Bechara. Para que servem os elementos químicos. Editora Interciência, 2001. Rio de Janeiro.