



Volume 2
O Sal

série
Química na cozinha

Emiliano Chemello

CHEMELLO, Emiliano. A Química na Cozinha apresenta: O Sal. **Revista Eletrônica ZOOM da Editora Cia da Escola** – São Paulo, Ano 6, nº 3, 2005. [versão para impressão] Original disponível on-line em: www.ciadaescola.com.br/zoom/materia.asp?materia=277

Sumário

INTRODUÇÃO	4
ASPECTOS HISTÓRICOS	4
ASPECTOS MICROSCÓPICOS	6
O SAL NA COZINHA	11
Por que precisamos ingerir sal?	11
De que forma sentimos o sabor salgado?	11
Por que as azeitonas devem ser curadas em sal?	13
Truque doméstico	14
Gelando a Cervejinha	14
Sal marinho x Sal grosso	15
Bebendo a água do mar	15
Cuidado com os exageros	15
CURIOSIDADES	17
Planeta Sal	17
Mais do que um filtro	18
BIBLIOGRAFIA UTILIZADA	19
PARA SABER MAIS	20
COMO APLICAR ESTA MATÉRIA EM SALA DE AULA	20
SOBRE O AUTOR	21
NOTAS EXPLICATIVAS	21

Introdução

O segundo artigo da série 'Química na cozinha' falará sobre o sal e suas diversas utilizações. Creio que devo, antes de tudo, fazer algumas considerações em relação a nomenclatura utilizada de forma a deixar bem claro de que 'sal' estarei falando. O termo 'sal' pode se referir a inúmeras espécies químicas e, portanto, sendo insuficiente quando utilizado sozinho para se referir a um composto específico. Entretanto, o 'sal' que irei tratar neste artigo é o 'cloreto de sódio', o qual nada mais é do que um exemplo de 'sal inorgânico'.

Essas diferenças entre a linguagem popular e a nomenclatura científica são muito importantes para que o artigo seja compreendido da maneira correta. Usarei as denominações 'sal' e 'cloreto de sódio' de forma indistinta respeitando a denominação popular, mesmo que as duas expressões não signifiquem a mesma coisa. Contudo, sabemos que o sal de cozinha não é 100 % cloreto de sódio e contém outros compostos na sua composição, os quais, com detalhes, veremos mais adiante.

Além da análise da presença do sal na cozinha, também me aventurei em uma viagem histórica sobre a sua utilização por povos antigos. Procurei fazer uma análise química do sal, explicando a luz das teorias que justificam a formação do composto. Como não bastasse, ousei trazer algumas curiosidades que acabei deparando na revisão bibliográfica para a produção deste artigo. Espero que você goste. Boa leitura!

Aspectos históricos

Sal de cozinha, sal-gema, sal marinho ou, como combinamos na introdução deste artigo, o cloreto de sódio, teve muita influência na vida do homem. Ele está presente desde os tempos antigos. Símbolo religioso, moeda, fonte de poder e motivo de conflitos, influenciou até no destino das nações.

Quem já não ouviu o comentário: "Ela é linda, mas não tem o menor sal?". Alusões como estas são mais que figuras de linguagem. O sal existe nos mares e nos continentes, nas células e no líquido que as envolve. A vida sem ele, portanto, não só não teria graça, como metáfora, como não seria possível. Por isto, o sal acabou 'temperando' a história da humanidade. Ele começou a ser explorado e usado no início do Período Neolítico¹, cerca de 10 mil anos atrás, quando surgiram a agricultura, a pecuária e as primeiras comunidades rurais.



Figura 1 - Saleiro derramado em frente a Judas no quadro "A última ceia" de Leonardo da Vinci.

Muitos acontecimentos estão associados ao cloreto de sódio, dentre os quais, alguns curiosos. Destaca-se uma superstição que foi publicada na revista Superinteressante, onde se conta que a obra "A última ceia" de Leonardo da Vinci (1452-1519) retrata um saleiro derrubado diante de Judas (veja **Figura 1**). Uma das crenças da época dizia que, se uma pessoa derramasse sal, deveria pegar alguns cristais caídos e jogá-los para trás do ombro esquerdo - o lado que representava o mal. Até o século XIX, o cloreto de sódio era o único agente utilizado para conservar os alimentos, principalmente as carnes. Atuando como um agente desidratante, impedia o surgimento de vermes, os quais precisam da água para sobreviver. Uma curiosidade interessante é que o sal foi a origem da palavra 'salário' (Do lat. *salarium*, 'ração de sal', 'soldo'.), visto que os soldados do Império Romano recebiam parte de sua paga em sal.

Acredita-se que foi observando o gado localizar poços salgados que o homem chegou ao sal. É sabido que animais com deficiência de sódio no organismo são capazes de achar, pelo olfato, águas salgadas. Mais adiante veremos porque o corpo precisa de sal.



Figura 2 - Ilustração da mulher de Lot sendo transformada em estátua de sal durante a fuga das cidades de Sodoma e Gomorra.

Na Antigüidade, os assírios já o utilizavam nos cultos. Na religião judaica, por outro lado, o sal sempre teve forte presença simbólica. O Antigo Testamento narra, por exemplo, o caso da mulher de Lot que foi transformada em estátua de sal porque olhou para trás ao fugir de Sodoma e Gomorra, cidades destruídas pela ira divina. Para os hebreus, o sal era um elemento purificador, símbolo da perenidade da aliança entre Deus e o povo de Israel. O ritual de batismo da Igreja Católica Romana, em que cristais de sal são colocados nos lábios dos recém-nascidos, reproduz a crença judaica no sal como purificador.

Na Idade Média, porém, a antiga santidade do sal acabou se transformando em malefício e proliferavam superstições como a de que desperdiçar sal era mau agouro, além de abjeto. Falando do Brasil, na sentença que condenou o inconfidente Tiradentes à morte, em 1792, os juízes portugueses mandaram salgar o chão de sua casa para que ali nada mais tornasse a nascer.

Atualmente, graças aos métodos físicos e químicos, o sal passou ao segundo plano como conservante de alimentos. Mas até o final do século XIX era o único agente que preservava certas comidas. Na verdade, o sal desidrata² a carne e o peixe, impedindo a deterioração. Esta função serve para dar uma idéia da importância econômica do sal na Europa, em cujos portos e estradas circulavam dezenas de milhares de toneladas do produto todo ano, na passagem dos tempos medievais para o renascimento.

Aspectos microscópicos

Por que os átomos estabelecem ligações químicas? Esta é uma boa pergunta para começar a explicar a formação do cloreto de sódio. De maneira geral, para que uma ligação química se estabeleça entre dois átomos, deverá ocorrer um nítido decréscimo na energia do sistema, isto é, para que ocorra a reação geral $A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow AB_{(g)}$, deve haver liberação de energia. Contudo, nem sempre as reações ocorreram desta forma. Há casos em que mesmo havendo uma absorção de energia, ao invés de uma liberação, a reação química acontece de forma espontânea em função da maior entropia³ do sistema. Mas isto será visto com mais detalhes a seguir.

A matéria é, em última análise, constituída por entidades que apresentam atrações ou repulsões mútuas, ou seja, núcleos e elétrons. Os núcleos têm carga relativa positiva, pois neles estão localizados os prótons; os elétrons, distribuídos ao redor do núcleo, têm carga relativa negativa. Logo, compostos constituídos por dois ou mais núcleos e elétrons apresentam uma estrutura que está sob a ação de forças atrativas e repulsivas.

Vemos assim que a força resultante sobre os núcleos e elétrons nos compostos deve ser, como resultado de um balanço entre as atrações e repulsões, nula. No entanto, se as partículas forem levemente deslocadas de suas posições de equilíbrio, devem aparecer forças atrativas que restauram o equilíbrio. Deste modo, o composto se mantém estável. A expressão "ligação química" é simplesmente o nome dado a esta força atrativa que aparece quando tentamos afastar as partículas de sua posição de equilíbrio.

1A (1)	Tabela Periódica																7A (17)		
3 Li Lithium	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	9 F Fluorine		
11 Na Sodium	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	17 Cl Chlorine
19 K Potassium	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	35 Br Bromine
37 Rb Rubidium	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	53 I Iodine	
55 Cs Cesium	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mn	Uu	Uu	Uu	85 At Astatine
87 Fr Francium																			

Figura 3 - Elementos que constituem o cloreto de sódio

Os termos "cloreto de sódio" e "sal" estão sendo utilizados indistintamente neste artigo, conforme foi destacado na introdução. Neste ponto, reconheço a necessidade de explicar esta distinção. O termo "sal" na química diz respeito aos compostos capazes de se dissociarem na água liberando íons, mesmo que em pequena porcentagem, dos quais pelo menos um cátion é diferente de H_3O^+ e pelo menos um ânion é diferente de OH^- . Com base nesta definição, o cloreto de sódio é um sal. Contudo, o sal de cozinha não é um "sal". Por quê? Pois o sal de cozinha não é constituído apenas por cloreto de sódio, mas também, segundo a lei brasileira, deve ter um teor igual ou superior a 40 miligramas até o limite máximo de 100 miligramas de iodo por quilograma de cloreto de sódio.

O sal é um composto constituído pelos elementos sódio e cloro. O primeiro pertence a família dos metais alcalinos da tabela periódica, já o segundo pertence a família dos halogênios (veja **Figura 3**). Em termos de eletronegatividade, temos os valores de 3,19 e 0,93 para o cloro e o sódio, respectivamente, com base na tabela elaborada pelo químico Linus Pauling. Devido a diferença de eletronegatividade ser maior que 1,7 ($3,19 - 0,93 = 2,26$), a ligação química entre o sódio e o cloro assume um caráter predominantemente iônico, isto é, um elétron do átomo sódio é 'transferido' para o átomo de cloro, e ambos assumem uma configuração eletrônica estável semelhante a de um gás nobre (veja **Figura 4**).

Cada elemento tem um determinado valor de eletronegatividade, propriedade que podemos relacionar com a tendência que um átomo possui de atrair elétrons para perto de si quando se encontra 'ligado' a outro átomo de elemento químico diferente, em uma substância composta. Não há sentido falar no efeito da eletronegatividade em substâncias simples, como o gás cloro ($\text{Cl}_2(\text{g})$), visto que ambos os átomos de cloro possuem a mesma eletronegatividade, não havendo deslocamento da ligação para um átomo em detrimento do outro.

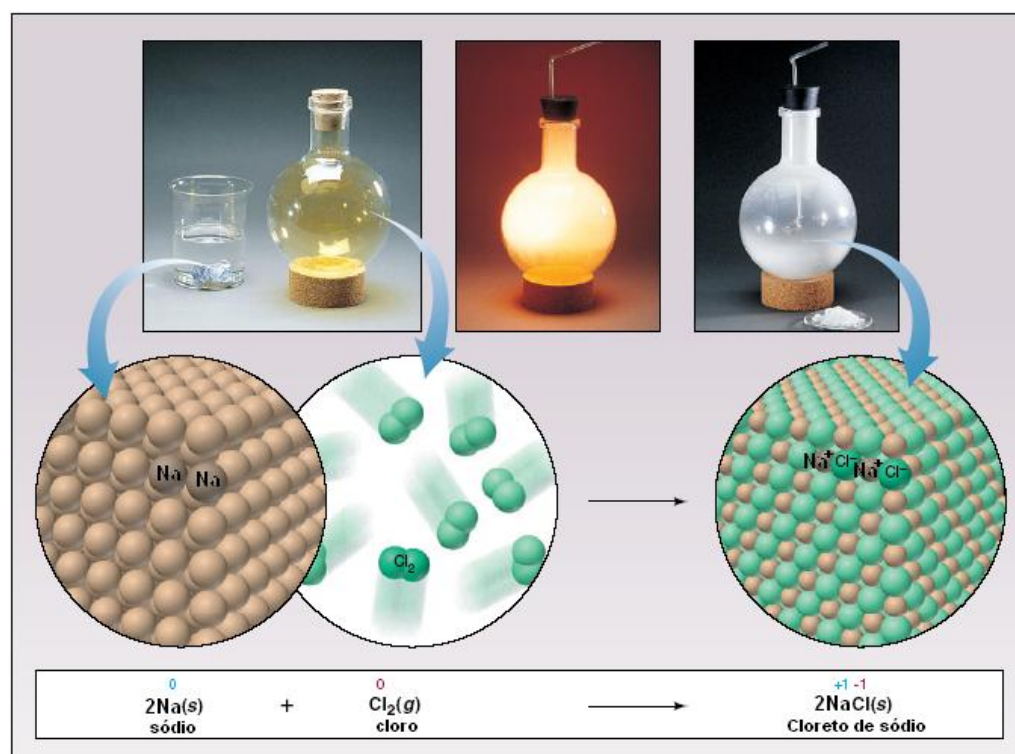


Figura 4 - O sódio e o cloro estabelecem uma ligação iônica e formam o cloreto de sódio

Ao proporcionarmos o contato entre os dois elementos no seu estado fundamental, ocorre uma reação espontânea de formação do cloreto de sódio. Por que isto ocorre? A termodinâmica⁴ explica.

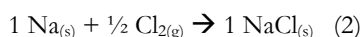
Por evento espontâneo entende-se aquele que ocorre independentemente, sem uma assistência externa. Contudo, ser espontâneo não significa que o evento é instantâneo. Além disso, há também eventos não-espontâneos. Como exemplo, citarei o caso da parede de tijolos. Um monte de tijolos se tornar uma parede não é um evento espontâneo. Podemos passar pelo monte de tijolos pela manhã e, na tarde do mesmo dia, ao passarmos novamente por ele, estará imóvel. Para que o monte de tijolos se torne uma parede há a necessidade da intervenção de um pedreiro, ou seja, é preciso um fornecimento de energia externa ao sistema.

Mas, o que tudo isso tem a ver com a formação do cloreto de sódio? Não é objetivo fazer aqui uma revisão sobre a termodinâmica. Contudo, de maneira bastante sintética, tentarei explicar porque a reação de sódio metálico com cloro gasoso produzindo cloreto de sódio é espontânea, conforme representado na **Figura 4**.

Para que um evento seja espontâneo o valor da energia livre (energia livre de Gibbs) do sistema tem que ser negativa. Esta energia é calculada segundo a equação termodinâmica:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

A energia livre é resultado da interação da variação da entalpia (ΔH) com a variação da entropia (ΔS), sob efeito da temperatura (T). No caso do cloreto de sódio, há uma diminuição da entropia, isto é, há uma organização maior do produto em comparação aos reagentes. Este aspecto não colabora para um processo espontâneo. Por quê? Perceba na equação (1) que quanto menor for o valor de ΔS , maior será a tendência do valor de ΔG ser positivo. Essa diminuição da entropia pode ser notada pela soma dos mols dos reagentes em comparação ao do produto.



2 mol de reagentes | 1 mol de produto

Como podemos ver na equação (2), um mol de sódio somado a um mol de cloro resulta em um mol de cloreto de sódio. Nota-se uma organização do sistema, onde dois mols de reagentes produziram um mol de produto. Não obstante, a liberação de energia (ΔH) é relativamente grande, garantindo o valor negativo de ΔG e explicando o caráter espontâneo da reação.

Existem diversas entalpias a serem consideradas na formação do cloreto de sódio quando os elementos sódio e cloro estão em seus estados fundamentais. O ciclo de Born-Haber é um modelo que procura prever o valor da energia liberada ou absorvida na reação. Para conhecer os detalhes do ciclo de Born-Haber, [clique aqui](#).

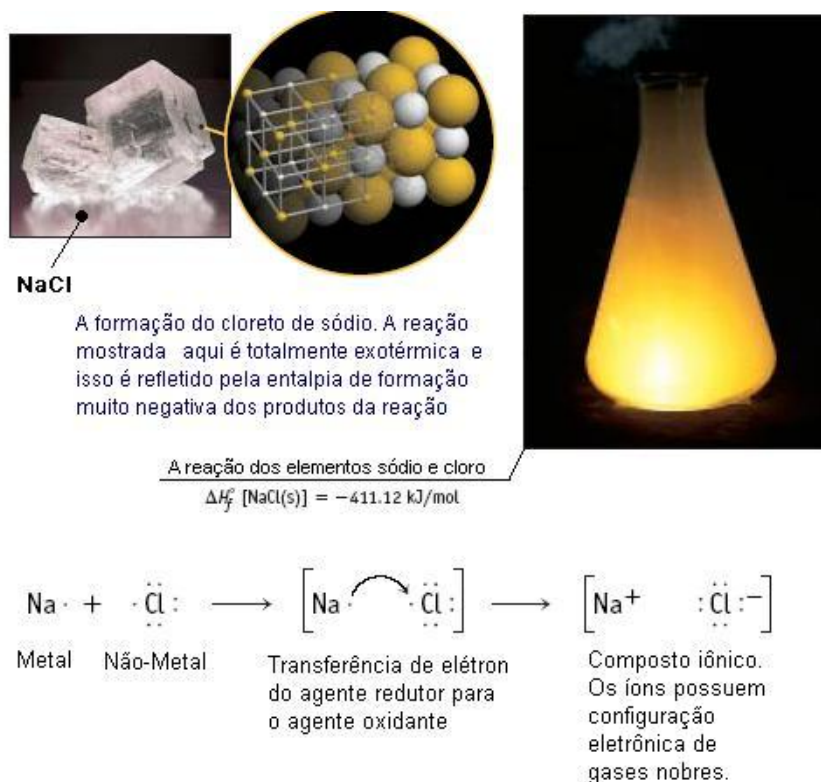


Figura 5 - Formação do cloreto de sódio - um processo espontâneo.

A reação de formação do cloreto de sódio é exotérmica, ou seja, libera energia durante a reação. Isto nos permite inferir que a energia dos produtos é menor que a dos reagentes e, mesmo havendo uma maior organização (menor entropia), a reação se dá de forma espontânea devido ao processo ser relativamente muito exotérmico. Detalhes da reação com as estruturas de Lewis podem ser observados na **Figura 5**.

O cloreto de sódio é um sólido iônico. Portanto, há interações de atração e repulsão entre as cargas dos íons. Existe uma propriedade nos sólidos chamada "número de coordenação", a qual representa o número de íons que circunda um outro íon. No caso do $\text{NaCl}_{(s)}$, o

número de coordenação do íon Na^+ é igual ao do íon Cl^- , visto que há uma relação de 1:1 entre eles.

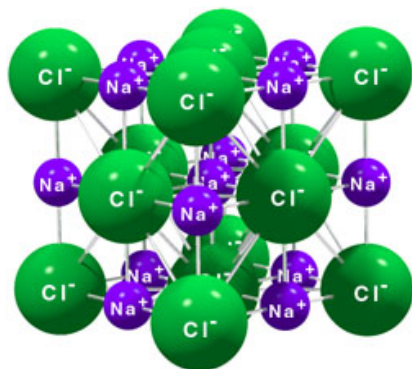


Figura 6 - Configuração octaédrica do cloreto de sódio.

A estrutura dos sólidos iônicos pode ser explicada considerando-se os tamanhos (raios) relativos dos íons positivos e negativos. Cálculos geométricos simples permitem determinar quantos íons de um dado tamanho podem se arranjar em torno de outro íon.

No cloreto de sódio, o quociente dos raios iônicos é igual a 0,52 e sugere um arranjo octaédrico⁵, conforme pode ser visto na **Figura 6**. Note que cada íon está rodeado por outros seis íons de carga oposta. Contudo, para fazer estes cálculos é necessário admitirmos algumas idealizações. Por exemplo, consideram-se os íons como esferas rígidas e elásticas; a ligação entre os íons seriam 100 % iônicas; os raios dos íons são exatos, dentre outras. Não obstante, mesmo sabendo que estas propriedades não são exatas desta forma, idealizações são necessárias para obtermos resultados relativamente próximos ao real.

Outro aspecto que permite que o sal esteja presente na cozinha é a sua solubilidade no considerado solvente universal: a água. A solubilização do sal gera os íons Na^+ e Cl^- , conforme representado na **Figura 7**.

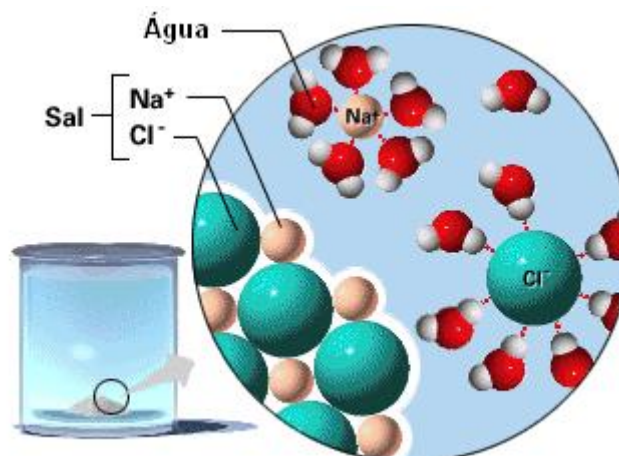


Figura 7 - Solubilidade do cloreto de sódio em água

A solubilidade de substâncias, de maneira geral, se dá em função de uma afinidade eletrônica existente entre as espécies em um sistema. Esta afinidade pode ser expressa na famosa frase: "Semelhante dissolve semelhante". A questão é: Semelhante em que aspecto? Para responder a esta pergunta devemos fazer uma análise da estrutura molecular das substâncias envolvidas.

Um cubo de açúcar contém muitas moléculas e elas são mantidas unidas pelas ligações de hidrogênio⁶. Quando um cubo de açúcar dissolve, cada molécula permanece intacta. A molécula estabelece ligações intermoleculares com as moléculas de água e desfaz as ligações de hidrogênio com as outras moléculas de açúcar. Por outro lado, o sal em solução transforma-se em íons, como o cátion Na^+ e o ânion Cl^- . A solubilidade do cloreto de sódio só é possível devido à afinidade eletrônica existente entre o soluto (sal) e o solvente (água).

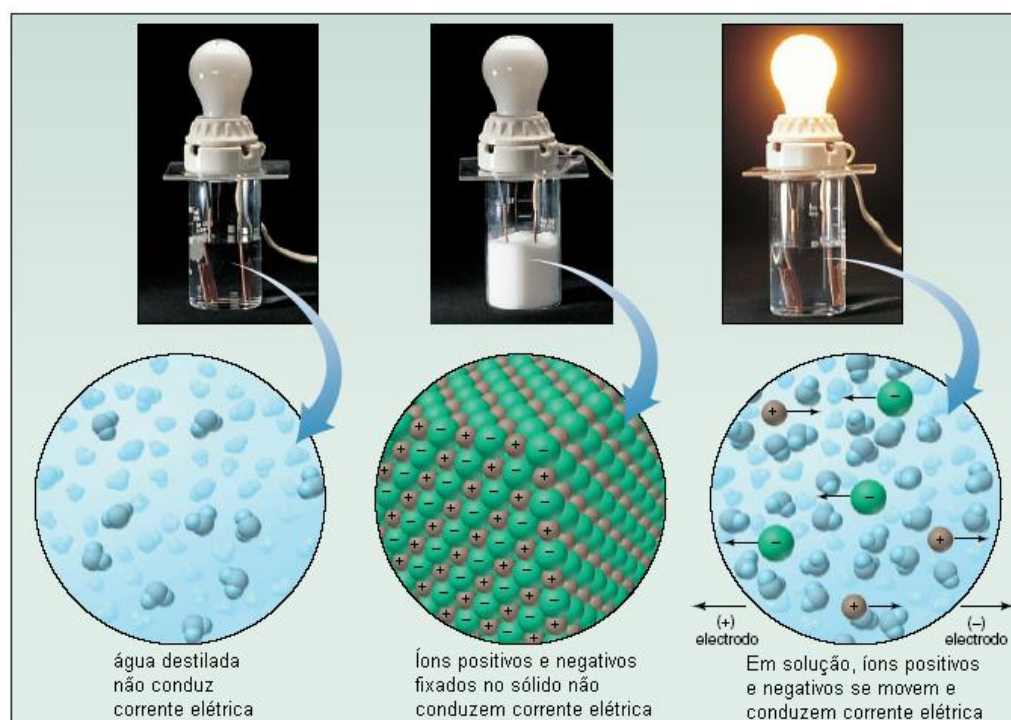


Figura 8 - Experimento que mostra a ionização do sal em água.

Uma experiência possível de ser realizada até em sala de aula é a representada pela **Figura 8**. A água destilada é um mal condutor de eletricidade. Porém, ao adicionarmos cloreto de sódio (preferivelmente em água quente ou morna para aumentar a solubilidade do sal), ocorre a solubilização do mesmo e a conseqüente condução elétrica. O fenômeno macroscópico que nos indica isto é o acendimento da lâmpada de incandescência. Por que a lâmpada acende? Os íons presentes na solução servem como uma espécie de 'ponte' que leva os elétrons a se moverem na solução e transitarem entre os pólos positivo e negativo.

O sal na cozinha

Por que precisamos ingerir sal?

Nossas células precisam dele o tempo todo, uma vez que o sódio é um importante controlador. No transporte ativo⁷, ocorre a passagem de substâncias através das membranas celulares. Este transporte se dá por um mecanismo denominado bomba de sódio, o qual ocorre quando íons como o sódio (Na^+) e o potássio (K^+) têm que atravessar a membrana contra um gradiente de concentração.

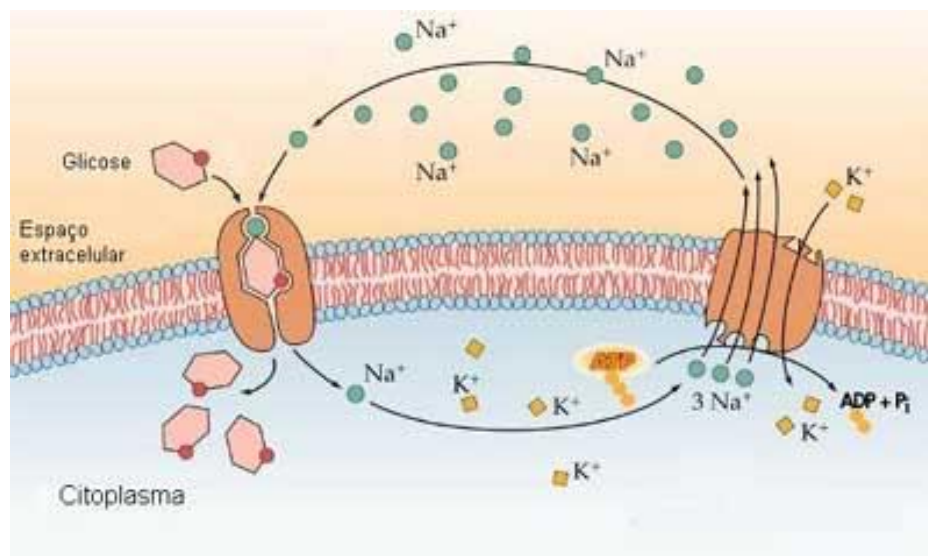


Figura 9 - Bomba de sódio e a representação das entradas e saídas de espécies químicas da célula. fonte: www.mie.utoronto.ca/labs/ledlab/biopic/biofigures.htm - acesso em 25/06/2005

Encontramos concentrações diferentes, dentro e fora da célula, para o sódio e o potássio. Na maioria das células dos organismos superiores a concentração do íon sódio é bem mais baixa dentro da célula do que fora desta. O íon potássio apresenta situação inversa, ou seja, a sua concentração é mais alta dentro da célula do que fora.

Ingerindo de seis a oito gramas de cloreto de sódio por dia, conseguimos manter o equilíbrio do corpo, isto é, um balanço ideal dos nutrientes e de água dentro das células. Com relação ao íon cloro, este é fundamental para o funcionamento e manutenção do organismo. A quantidade sugerida de ingestão de cloreto varia de 750 a 900 miligramas (mg) por dia, faixa baseada no fato que a perda total de cloreto está na média de 530 mg por dia. Uma importante ação desempenhada pelo cloro é a sua participação na formação do ácido clorídrico do estômago, o qual tem como função a digestão dos alimentos.

Patologias associadas à falta de cloro são raras. Contudo, quando instauradas, podem ocasionar problemas sérios, como a alcalose sanguínea. Há um equilíbrio bastante sensível do pH sanguíneo. Este deve estar em uma faixa que varia entre 7,37 a 7,44. Um desequilíbrio do pH pode acontecer devido a perda excessiva de minerais através da transpiração. Sintomas incluem fraqueza nos músculos, perda de apetite, irritabilidade e desidratação. Sem o íon cloro, o corpo humano não poderia administrar as transmissões nervosas, o movimento de músculos ou manter os rins em funcionamento.

De que forma sentimos o sabor salgado?

Nós humanos reconhecemos basicamente 5 tipos de gostos: doce, salgado, umami, amargo e ácido. Dos cinco citados, o menos conhecido é o 'umami', o qual se refere ao sabor de certos aminoácidos (e.g., glutamato, aspartato, entre outros). Foi o japonês Kikunae Ikeda, da Universidade Imperial de Tóquio, quem no início do século XX caracterizou o gosto umami como um sabor inimitável por qualquer combinação dos quatro sabores básicos. Ikeda

também determinou, a partir da análise bioquímica de alimentos ricos no sabor, como o atum e o caldo de carne, que o principal elemento responsável pelo sabor umami é o glutamato (vendido como Aji-no-moto ou Sazon), o mais comum dos vinte aminoácidos - os 'bloquinhos' que constituem as proteínas - essenciais à vida humana. Abaixo, são colocadas as mais conhecidas espécies químicas que representam os cinco gostos.

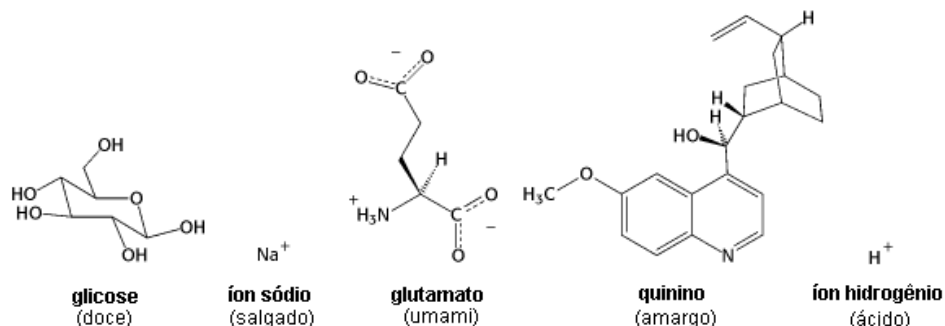


Figura 10 - Moléculas representantes dos cinco tipos de gosto.

Tratando especificamente do sabor salgado, podemos dizer que estamos diante de uma complexa interação bioquímica que ocorre em nossa língua. De maneira simplificada, podemos afirmar que a sensação de salgado se dá em função do íon sódio entrar nas células receptoras via canais de sódio (sódio amilorida-sensíveis - ASSCs). Isto causa uma despolarização que se propaga pelo nervo aferente primário (veja Figura 11).

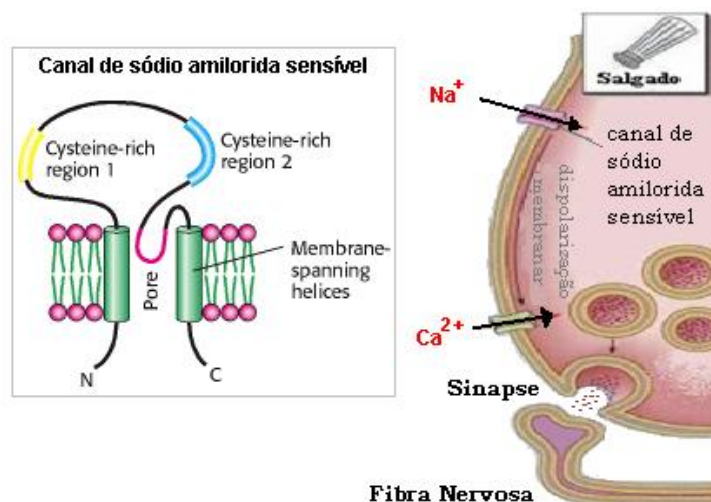


Figura 11 - Esquema da sensação de salgado

As sensações de doce e salgado estão localizadas, principalmente, na ponta da língua, a sensação de azedo nas porções laterais e a sensação de amargo sobre a região posterior (veja Figura 12).

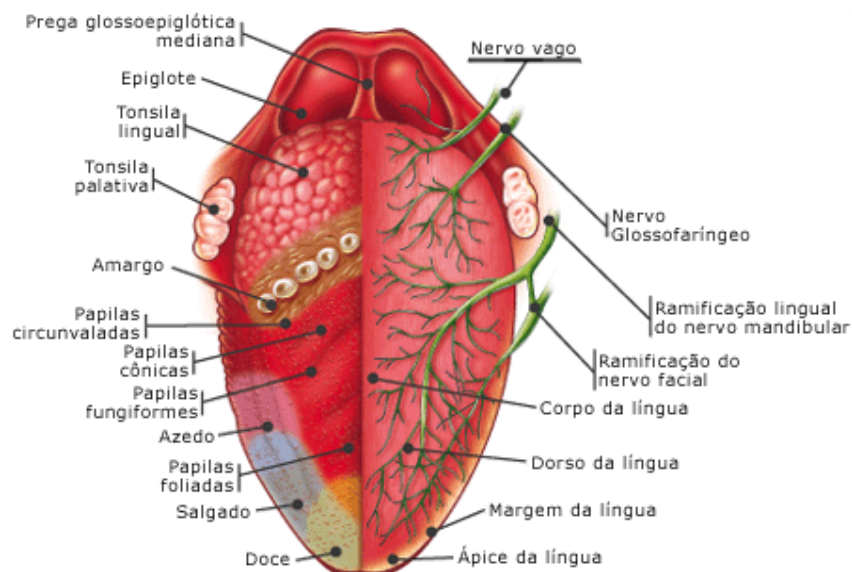


Figura 12 - Principais regiões da língua e a relação com a percepção do gosto.

Essa é uma visão muito simplificada do processo de reconhecimento de um gosto, pois a sensibilidade gustativa está distribuída por toda a cavidade oral. Contudo, verifica-se que algumas áreas são mais especializadas em um determinado sabor.

Segundo a lógica de sinalizar a presença na boca de nutrientes necessários (açúcar, sais minerais e ácidos) ou substâncias tóxicas e indesejáveis (em geral amargas), faz sentido existir um gosto básico sensível ao componente mais comum das proteínas, como é o caso do umami. Resumindo em poucas palavras: a natureza é sábia.

Por que as azeitonas devem ser curadas em sal?

Recém colhidas, as azeitonas possuem um sabor amargo muito forte em função da presença da oleuropeína, um composto orgânico presente em sua polpa.



Figura 13 - A oleuropeína.

Colocadas por alguns meses em salmoura⁸, em uma determinada temperatura, começa a fermentação láctica, a qual transforma os açúcares presentes na azeitona em ácido láctico⁹. Esta produção de ácido diminui o pH, proporcionando a conservação. A salmoura também tem a função de diluir a oleuropeína, dando a azeitona um sabor agradável.

Truque doméstico

Um truque doméstico faz com que você não precise espancar o saleiro quando quiser utilizá-lo em seu prato. Basta adicionar alguns grãos de arroz e o saleiro terá seu funcionamento garantido.



Figura 14 - Truque do saleiro

O cloreto de sódio é um sal que tem como propriedade característica a absorção da umidade. Com isto, retirá-lo do saleiro se torna uma missão impossível em dias úmidos. Além de promover uma separação física dos grãos de sal, o arroz ainda absorve um pouco de umidade, bem menos que o sal, mas isso acaba ajudando também.

Gelando a Cervejinha

Quase tudo pronto para uma refeição deliciosa. Imagine um belo churrasco em um domingo de sol intenso. Um dia de calor nos convida a tomar bebidas geladas, certo? Mas o dia está muito quente e a bebida não está gelada o suficiente. Algum conhecimento químico pode nos ajudar nesta situação? Haverá uma possibilidade de deixarmos as bebidas mais geladas? A resposta para as duas perguntas é sim! Podemos jogar sal junto ao gelo. Ele alterará as temperaturas em que a solução formada muda de estado físico. A este fenômeno se dá o nome de efeito crioscópico.



Figura 15 - Cerveja mais gelada através do efeito crioscópico.

O sal forma uma mistura com o gelo e esta tem um ponto de fusão inferior ao do gelo puro, podendo formar uma mistura eutética¹⁰ dependendo da quantidade de sal adicionado. Mesmo sem a formação da mistura com ponto de fusão constante, a adição de sal faz com que o gelo derreta, num primeiro momento, em função do abaixamento do ponto de fusão, tornando a água líquida, a qual conduz melhor o calor do que o gelo (em função do maior superfície de contato com a bebida e também em função da própria característica do estado físico em conduzir melhor o calor). Isto faz com que a energia térmica da bebida seja 'removida' com maior velocidade em relação ao gelo puro, fazendo com que a bebida fique mais gelada.

É interessante notar que o sal é usado porque está sempre à mão em uma mesa de bar ou em casa, além de ser um produto relativamente barato. Mas ele pode ser substituído por qualquer outro pó solúvel em água, como o açúcar, por exemplo.

Sal marinho x Sal grosso

Os sais refinados, após a extração, passam por uma lavagem, são moídos, centrifugados e após secos em altas temperaturas. Em seguida, as impurezas são extraídas por peneiração e são adicionados compostos antiulectantes¹¹ a fim de torná-lo bem solto, além de uma dose de iodato de potássio, exigido pela legislação brasileira, para prevenir o bócio, uma doença que ocorre na tireóide em função da diminuição ou ausência de iodo no organismo. O sal grosso sofre um processo de recristalização¹² mais lento, o que explica a formação de cristais maiores.

A denominação "sal marinho" nem sempre quer dizer que ele saiu do mar, mas também que não passou por nenhum procedimento de refinação, somente a adição de iodo. Um fato interessante é a valorização pelos *chefs* da chamada "flor de sal", uma camada fina de cristais que se forma na superfície das salinas, a qual dizem ter um sabor inigualável.

Bebendo a água do mar

No filme "O Naufrago" (título original: *Cast Away*) vemos uma cena em que o ator Tom Hanks vai para alto mar em busca da salvação. Em um determinado ponto da viagem, falta água devido às chuvas escassas e a incapacidade do personagem em estocá-la. Chega a ser até paradoxal esta cena, visto que o personagem se encontrava rodeado por água. Por que não podemos tomar água do mar?



Figura 16 - Cena do filme "O Naufrago".

De maneira geral, considera-se normal tomar água com até 5 g de $\text{NaCl}_{(aq)}$ / kg de H_2O . A água do mar contém cerca de 7 vezes mais esta quantidade. Se uma pessoa beber apenas água do mar acabará morrendo, porque o organismo humano não tem capacidade de eliminar todo o sal ingerido. Para cada litro de água do mar, necessita-se de dois litros de água para diluir

o sal. Nesta condição, a elevada concentração do cloreto de sódio no organismo faria com que as células liberassem água na tentativa de diluí-lo (osmose¹³), provocando um quadro de desidratação.

Cuidado com os exageros

O consumo de sal é importante, mas temos que tomar cuidado para não exagerarmos, principalmente se este consumo desencadear modificações em nossa pressão sanguínea. A pressão, definida como força/unidade de área, é uma grandeza física. A pressão arterial, portanto, depende de fatores físicos, como volume sanguíneo, por exemplo.



Figura 17 - A pressão do sangue.

Os primeiros comentários a respeito dos efeitos do sal sobre a função circulatória foram encontrados em antigos manuscritos chineses. No entanto, as relações entre o consumo de sal e pressão arterial somente foram reconhecidas a partir do século XX. Os indivíduos chamados de “sal-sensíveis” apresentam predisposição maior ao desenvolvimento de hipertensão em decorrência de ingestão salina. Cerca de 30% a 60% dos pacientes com hipertensão são “sal-sensíveis”.

O grupo de Guyton (veja referências ao final do artigo), entre as décadas de 60 e 70, mostrou o papel renal na regulação da pressão arterial por longos períodos, descrevendo o conceito de natriurese pressórica¹⁴, em que os rins aumentariam a excreção de sódio em resposta à elevação da pressão, e a incapacidade de administrar este aumento levaria à hipertensão. O desenvolvimento da hipertensão (determinada pelo sal) deve-se, inicialmente, à retenção de sódio e ao conseqüente acúmulo de volume sanguíneo, elevando o débito cardíaco. Modelos usando infusão de angiotensina II em cães concomitantemente à sobrecarga salina demonstram que a hipertensão se desenvolve primariamente por retenção de água, com conseqüente expansão do volume sanguíneo, aumentando o débito cardíaco e, gradualmente, a resistência periférica.



Figura 18 -É recomendável verificar a pressão sanguínea regularmente

Este artigo não tem como objetivo tratar do assunto hipertensão, pois é uma patologia com múltiplas causas, inclusive genéticas. Contudo, algumas considerações genéricas sobre a ingestão do sal podem ser feitas. Por exemplo, a maior ingestão de potássio - dieta rica em vegetais e frutas contendo 2 a 4 g de potássio/dia - pode ser útil na redução da pressão e prevenção da hipertensão arterial. Os substitutos do sal contendo cloreto de potássio e menos cloreto de sódio são úteis para reduzir a ingestão de sódio e aumentar a de potássio. A esta mistura de cloretos de sódio e potássio se dá o nome de SAL LIGHT. Segundo Inmetro, o sal light é constituído por 50% cloreto de sódio e 50% cloreto de potássio.

Curiosidades

Planeta Sal

Um planalto enorme, do tamanho da Jamaica, tem o chão duro, escorregadio e branco. Se você se deparar com um cenário desses, provavelmente estará em Uyuni, nos Andes bolivianos, um antigo lago de água salgada que secou.



Figura 19 - Imagem do deserto de sal em Uyuni, nos Andes bolivianos.

Uyuni, o maior lago salgado do mundo, tem 10 600 quilômetros quadrados, uma área do tamanho da Jamaica ou metade do Estado de Sergipe. Há 15 000 anos, Uyuni era diferente. O lago tinha água doce e era cercado por vulcões ativos. Foram eles que salgaram a área.

As erupções despejaram na terra toneladas de lava enriquecida com sais minerais, que foram arrastados pelas chuvas e rios para o lago. Com o tempo, o clima seco evaporou tudo por ali e transformou Uyuni no que os geólogos chamam de salar - uma placa salgada de mais de 200 metros de espessura. Com isso, Uyuni acumulou 64 bilhões de toneladas de cloreto de sódio, mais 150 milhões de toneladas de cloreto de potássio e outras 100 milhões de cloreto de magnésio.

Mais do que um filtro

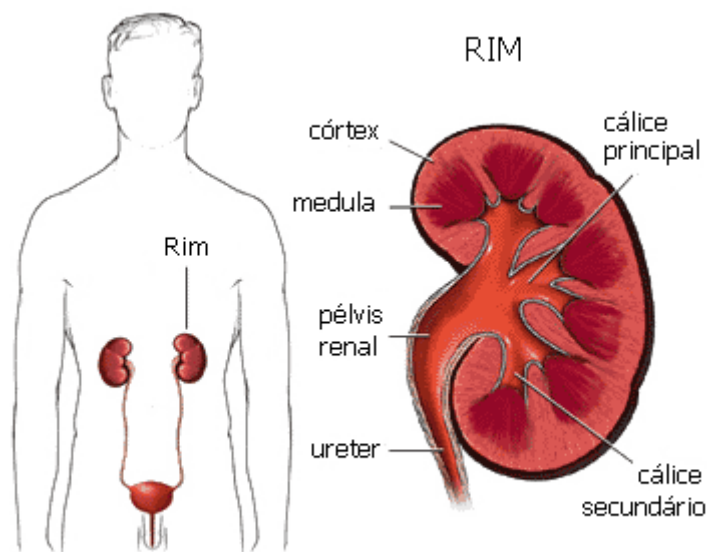


Figura 20 - Nossos rins

A relação entre o funcionamento dos rins e a pressão sanguínea é intrínseca, como citamos anteriormente. A influência do sal na pressão arterial está relacionada a uma propriedade desta substância: precisa estar dissolvida em água para agir. Ou seja, quanto mais sal a pessoa ingerir, mais líquidos precisa para dissolvê-lo, sobrecarregando o sistema circulatório.

Com um consumo excessivo de sal ocorrendo todos os dias, a tendência seria a pessoa inchar indefinidamente. Mas o organismo possui um mecanismo para eliminar o excesso de sal e, junto dele, o excesso de água. O órgão envolvido nesse processo são os rins. O equilíbrio se desfaz, porém, para os que têm problemas renais. Desta forma, o órgão fica sobrecarregado, a pessoa acumula mais líquidos e pode desenvolver fibrose renal e chegar à falência do órgão.

Bibliografia utilizada

- ☞ ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa nacional garante qualidade do sal consumido no País (National program assures quality to salt consumed in the country). *Revista de Saúde Pública*, v.38, n° 4; pg. 611-2, 2004.
- ☞ *Biochemistry*, Fifth Edition. This Web site is designed to help students review key concepts from the textbook through interactive exercises, animated 3D tutorials and learning tools. <http://bcs.whfreeman.com/biochem5> - acesso em 27/062005.
- ☞ COLEMAN TG, GUYTON, AC. Hypertension caused by salt loading in the dog - III. Onset transient of cardiac output and other circulatory variables. *Circ Res* 1969;25:153-60.
- ☞ EMSLEY, J. *The elements*, 3rd ed., Clarendon Press, Oxford, 1998.
- ☞ FORTUNATO et al. *Transdução Gustativa*. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto. Texto de apoio. Disponível on-line em: http://fisiologia.med.up.pt/Textos_Apoio/Teoricas/gustativa.pdf
- ☞ *General Chemistry Online* - Does salt water expand as much as fresh water does when it freezes? <http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/solutions/faq/saltwater-ice-volume.shtml> - acesso em 05/07/2005.
- ☞ G.L. Heck, S. Mierson, and J.A. DeSimone. Salt taste transduction occurs through an amiloride-sensitive sodium transport pathway. *Science* 223: 403-405 (1984).
- ☞ IRIGOYEN MC e cols. Fisiopatologia da hipertensão: o que avançamos? *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* - Vol 13 - N° 1 - Janeiro/Fevereiro de 2003.
- ☞ *Inmetro* - Sal para Consumo Humano <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/sal2.asp> - acesso em 06/07/2005.
- ☞ KOTZ, John C., TREICHEL, Paul M., WEAVER, Gabriela C. *Chemistry and Chemical Reactivity*. 6th Edition, 2006. ISBN: 053499766X.
- ☞ LEE, J.D. *Química Orgânica não tão concisa*. Trad. da 5ª edição Inglesa - São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999. ISBN: 85-212-0176-1
- ☞ LINDERMAN, Bernd. Receptors and transduction in taste. *Nature*. Vol 413 p.219-225. (2001). Disponível on-line em: http://scitec.uwichill.edu.bb/bcs/courses/Biochemistry/BL38B/pdfs/pdf3/38b3_lindeman.pdf
- ☞ MELETIS, Chris D. Chloride: The Forgotten Essential Mineral. Disponível on-line em: http://www.eletewater.com/elpdf/chloride_meletis.pdf - acesso em 26/06/2005.
- ☞ MINATTI, Edson. Químiosensores - O corpo humano é uma central de análises! - *Revista Eletrônica QMCWeb*. UFSC. Disponível em: <http://qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/quimiosensores.html> - acesso em 27/06/2005.
- ☞ MOORE, John W., STANITSKI, Conrad L., JURIS, Peter C. *Chemistry - The Molecular Science*. 2nd Edition, 2005.
- ☞ NETTO, Luiz Ferraz. *Feira de ciências* - O sentido das reações (parte 2). Disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala21/21_25.asp - acesso em 28/06/2005.

- ➡ O'NEIL, Maryadele J. et al. *The Merck Index - an encyclopedia of chemical, drugs and biologicals*. 13th Edition - Whitehouse Station: Merck, 2001.
- ➡ PARSON, Theran D.; SLABAUGH, Wendell H.; *Química Geral*. 2ª edição - Rio de Janeiro: Editora LTC, 1982.
- ➡ *Revista Superinteressante*. Edições 60, 122, 140, 145 e 188.
- ➡ *The Chemistry of Life* CD-ROM - December 11, 1997.

Para saber mais

- ➡ *Salt Institute*, FAQs on salt & the salt industry, and the history & current uses of salt <http://www.saltinstitute.org> - acesso em 27/06/2005.
- ➡ *Blood Pressure Illustration* http://www.takepressureoff.com/info/about/highbp/bp_illustration.jsp?checked=y - acesso em 27/06/2005.
- ➡ LOLIO, Cecília Amaro de. The epidemiology of arterial hypertension. *Rev. Saúde Pública*, vol. 4, nº 5, p. 425-432. ISSN 0034-8910, 1990. Disponível on-line em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v24n5/12.pdf>
- ➡ *Centre de Calcul recherche et Réseau Jussieu* - Microscopie électronique à balayage - Cristaux de NaCl. <http://www.ccr.jussieu.fr/ple/Galerie.html> - acesso em 02/07/2005.

Como aplicar esta matéria em sala de aula

O segundo artigo da série "Química na cozinha" traz um assunto bastante interessante para se trabalhar em sala de aula, visto que está presente na vida dos alunos. Devido ao caráter interdisciplinar, sugiro que o 'sal' seja proposto como 'tema transversal' na proposta de trabalho do início do ano letivo na escola. As disciplinas de História, Geografia, Física, Química e Biologia são contempladas por este tema de maneira direta.

Os aspectos diversos do sal são descritos em menor ou em maior grau no texto, ficando a cargo do professor definir qual nível de complexidade deve ser trabalhado em sala de aula. No caso da química é importante ressaltar que sejam realizadas experiências, na medida do possível, a fim de comprovar que os fenômenos descritos relatados acontecem da forma prevista.

Dentre as várias experiências possíveis em sala de aula, destaco algumas:

- Condutividade elétrica em meio eletrólito e não eletrólito.
Sugestão: <http://educar.sc.usp.br/quimapoio/eletrolitos.html>
- Adição de sal no gelo, fazendo com que o ponto de fusão da mistura seja menor e proporcionando, com isso, o derretimento mais rápido do gelo na temperatura ambiente do que o ele puro.
Sugestão: <http://www.cdcc.sc.usp.br/quimica/experimentos/coliga.html>
- Mudança da densidade da solução com a adição de sal (simulação da densidade do "Mar Morto"). Comparar a densidade da água e da solução 'água+sal'.
Sugestão: <http://cienciaemcasa.ciencioviva.pt/medidensidade.html>

- A variação da temperatura e a mudança do coeficiente de solubilidade do sal em água.

Sugestão:

<http://educ.queensu.ca/~science/main/concept/chem/c10/C10lalg2.htm>

Bom trabalho!

Sobre o autor

Emiliano Chemello é formado em Química Licenciatura pela Universidade de Caxias do Sul e é colaborador da Revista Eletrônica ZOOM da Editora Cia da Escola. Para saber mais, acesse o seu website ou envie um e-mail.

website: www.quimica.net/emiliano

e-mail: emiliano@quimica.net

Notas explicativas

¹ Período Neolítico, também conhecido como Período da Pedra Polida, foi o momento na história em que o homem (*Homo sapiens*) conseguiu produzir instrumentos (lâminas de corte, machados, serras com dentes de pedra) mais eficientes e mais bem acabados.

² Desidratar significa retirar a água.

³ Entropia é (1) a grandeza física que descreve a capacidade de um sistema em realizar trabalho. (2) A propriedade que descreve a desordem de um sistema.

⁴ Termodinâmica é o capítulo da Física/Química que estuda a relação entre o calor e outras formas de energia, os processos de transformação de energia e o comportamento dos sistemas nestes processos.

⁵ Octaédrica é uma configuração semelhante a um sólido de oito faces.

⁶ A ligação de hidrogênio é uma interação intermolecular entre o hidrogênio e um elemento com elevada eletronegatividade, como o flúor, oxigênio e nitrogênio.

⁷ No transporte ativo, diferentemente do transporte passivo (osmose, por exemplo), há a necessidade de energia para ocorrer. Esta energia é proveniente das ligações de fosfato da molécula de ATP (adenosina trifosfato).

⁸ Salmoura é uma solução contendo água (solvente) e cloreto de sódio (soluto).

⁹ O ácido láctico é um composto orgânico de função mista (ácido carboxílico e álcool) de fórmula molecular $C_3H_6O_3$. Seu nome oficial é ácido 2-hidroxi-propanóico.

¹⁰ A mistura eutética se comporta como um composto puro no que diz respeito propriedade de ter uma temperatura de fusão constante. No caso da água e sal, forma-se uma mistura eutética quando há cerca de 23,3 % (em peso) de $NaCl_{(s)}$ em água. A temperatura de fusão da mistura fica em torno de $-22\text{ }^{\circ}C$. Para maiores detalhes, [clique aqui](#).

¹¹ Antiumectante é uma substância capaz de reduzir a absorção de umidade.

¹² A recristalização é um processo de cristalização sucessiva de forma a purificar uma substância ou a obter cristais mais regulares de uma substância purificada.

¹³ O nome osmose é dado ao fenômeno da passagem de um solvente através de uma membrana semipermeável separando duas soluções de concentrações diferentes.

¹⁴ Nome dado ao fenômeno central do processo de excreção renal de sódio e na regulação renal da pressão arterial.