

Matéria e materiais

Texto original: Macchi RL. Materiales Dentales: fundamentos para su estudio. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 1980.
Tradução e adaptação: Ezequias Rodrigues e Leonardo Eloy.

1. Generalidades e classificação dos materiais

Se você encarar a leitura desse texto como uma preparação para o estudo do que foi denominado "materiais dentários", não será demais começar tomando como ponto de partida algumas descrições do que se entende por essa denominação.

Para não tentarmos buscar definições que provavelmente não nos satisfizessem completamente, começemos analisando o significado das palavras "materiais" e "dentários". Para isso, vamos ao dicionário.

Nele, encontramos o verbete "**material**" e dentro dos seus diferentes significados, uma referência ao seu uso no plural. No dicionário, "*materiais são a matéria ou materiais necessários para realizar uma obra ou exercer uma profissão*". Por outro lado, encontramos que "**dental**" significa "*relativo aos dentes*".

Se com um pouco de liberdade, unirmos ambos os significados, poderíamos aceitar que "materiais dentários" significa a *matéria ou os materiais empregados para exercer uma profissão relativa aos dentes*, ou seja, para exercer a Odontologia.

Acontece que os materiais dentários são *matéria* e, por consequência, para conhecê-los, estudá-los e utilizá-los corretamente, faz-se necessário partir do conhecimento e estudo do que é matéria.

Os textos de física e química definem matéria como tudo aquilo que possui massa e, portanto, ocupa lugar no espaço. Da mesma forma, descrevem como a matéria não é contínua, se não, é formada por partículas que possuem certa relação entre si. Quando essa relação é estável, no sentido de que cada partícula mantém uma posição definida com as que as moléculas ao seu redor, a matéria se apresenta no que se chama de **estado sólido**. Quando essa relação não é mais estável e não há posição definida em relação às partículas adjacentes, a matéria está no **estado líquido**, e

quando entre as partículas não existe essa tendência de relação, agrupamento ou união, senão uma certa repulsão se entre si, estamos diante do **estado gasoso**.

Os textos antes mencionados também nos ilustram a respeito de que uma mesma matéria pode apresentar-se em qualquer um desses estados de acordo com as condições ambientais em que se encontram. Por exemplo, uma matéria que é sólida a temperatura ambiente, pode transformar-se em um líquido ou um gás quando aquecida. Ou seja, a energia de atração entre essas partículas, que à temperatura ambiente é suficiente para permitir que se localizem em uma posição definida em relação a suas vizinhas, é superada com o aquecimento pela energia térmica, que as obriga a mover-se e perder sua conformação estável.

Dessa forma, não é difícil inferir que a temperatura necessária para alcançar essa mudança, por exemplo, de estado sólido para líquido, dependerá de quão forte é a força que mantém unidas as partículas que compõem o sólido. Se essa força, denominada **coesão**, é forte, a matéria terá a sua temperatura de fusão elevada. Se essa força é fraca, menor quantidade de energia será necessária para superá-la. Vemos, assim, que é possível obtermos conclusões relativas às características da matéria e, por conseguinte, dos materiais a partir do conhecimento da sua íntima constituição. Pensemos que da mesma maneira será mais difícil romper (ou seja, separar as partículas unidas por coesão) ou modificar a forma de um corpo constituído por partículas fortemente unidas entre si do que o mesmo em outro corpo em que a coesão seja fraca.

Quase não podemos, então, conhecer e entender o funcionamento dos materiais, e dentro destes os materiais dentários, sem analisar, mesmo que superficialmente, as características das partículas elementares que os constituem e as forças que as relacionam ou as unem.

Até agora temos usado o termo "**partícula**" e, com certeza, podemos supor que o leitor já o associou ao conceito de **átomo**, a partícula mais elementar que constitui uma matéria. A divisão do átomo dá lugar ao surgimento independente de outras partículas, que por sua vez, perdem as características da matéria original. Como consequência, podemos aceitar que a matéria, e por extensão os materiais, é constituída por átomos.

Lembremos que existe mais de uma centena de átomos diferentes na natureza e devido ao fato de alguns deles apresentarem características semelhantes, é possível agrupá-los. A análise da tabela periódica de Mendelejeff nos mostra a existência de dois grandes grupos de elementos e, portanto, de átomos: os **metais** e os **não-metais**.

Existe a matéria que é formada por átomos metálicos e, assim, chamaremos esses materiais de "**materiais metálicos**" (chumbo, ferro, ouro, etc.). Quando os átomos metálicos passam a combinar-se com os não metálicos (nos sais, por exemplo), passam a existir matéria e materiais formados por esses dois tipos de átomos. Esses são chamados de "**materiais cerâmicos**" (gesso, mármore, etc.). Existe um átomo em particular, que está como na metade do caminho entre os metálicos e não metálicos, que dá lugar a um grande capítulo dentro da química: a química orgânica. É o átomo de **carbono**, que pode formar moléculas com outros elementos (hidrogênio, oxigênio, etc.), algumas de tamanho grande, que ao relacionar-se entre si, dão lugar aos "**materiais orgânicos**" (madeira, couro, cêra, etc.).

Ou seja, os materiais podem ser classificados em função do seu tipo de matéria ou átomos em: **metálicos, cerâmicos e orgânicos**. Podem ocorrer casos em que a presença de um átomo intermediário, como já mencionado o carbono, ou o silício, seja difícil realizar tal classificação. Entretanto, suas características são suficientes para classificá-los.

Essa classificação dos materiais não possui um fim didático. A presença de átomos distintos em cada um destes faz com que sejam diferentes as condições e forças com que se relacionam para constituir materiais no estado sólido e, portanto, suas características diferem totalmente. Isso pode levar, como consequência, a diversas aplicações e utilidades.

Tratemos de analisar como são formados, ou seja, qual é a estrutura de cada um dos tipos de materiais.

2. Ligações químicas e estrutura dos materiais

Começemos pelos **materiais metálicos**. Quase todos são sólidos à temperatura e pressão ambientes. Ou seja, átomos que os compõem estão firmemente unidos entre si. Mas, o que determina essa união? Os átomos metálicos possuem a tendência de perder elétrons (os denominados de valência) para, assim, ficarem com uma órbita externa completa. Ou seja, com facilidade se transformam em cátions. No metal sólido, não há de fato átomos, senão íons positivos, e os elétrons que tenham permanecido livres circulam entre os íons e são compartilhados por todos, permitindo que se unam. Esse tipo de união é conhecida como **ligação metálica**, e o conjunto de elétrons que se move livremente dentro do sólido é chamado **nuvem de elétrons**.

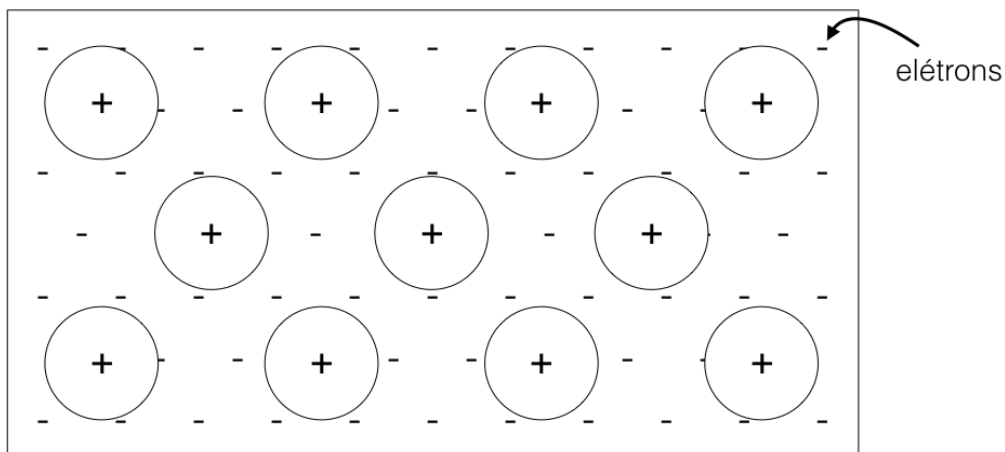


Figura 1. Esquema de ligação metálica e a nuvem de elétrons.

O sistema está representado esquematicamente e em um único plano na figura 1, e faz com que todos os cátions sejam obrigados a localizar-se equidistantes a seus vizinhos, formando uma estrutura regular, chamada de **estrutura cristalina**. Isso significa que se traçarmos linhas imaginárias entre os átomos (ou íons), obteríamos uma figura geométrica regular ou o chamado **reticulado espacial** (figura 2). Se fosse possível que um homem diminuísse de tamanho a ponto de poder realizar uma viagem dentro de um reticulado espacial, essa experiência seria muito monótona. O homem seria

testemunha de uma paisagem que se repete constantemente. Ou seja, bastaria ver a primeira parte para ter ideia de como é a estrutura toda.

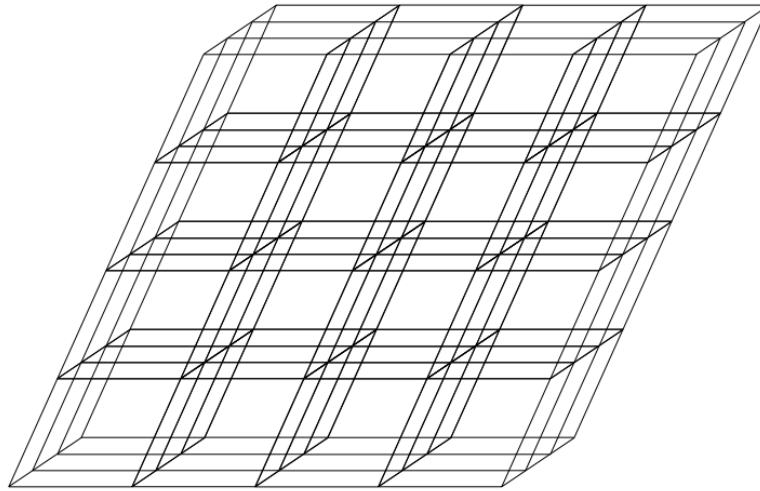


Figura 2. Reticulado espacial (esquemático).

Para conhecer um reticulado espacial é necessário conhecer a menor unidade deste, a qual ao repetir-se, dá lugar à formação do conjunto. Essa unidade é chamada de **célula unitária** ou **célula elementar**. O reticulado do esquema da figura 2 é o resultado do agrupamento de cubos que estão localizados uns ao lado dos outros. A célula unitária é cúbica, como mostra a figura 3. Segundo as características do átomo do metal, a célula unitária varia de forma e, portanto, nem todos os materiais metálicos apresentam arranjo cristalino semelhante.

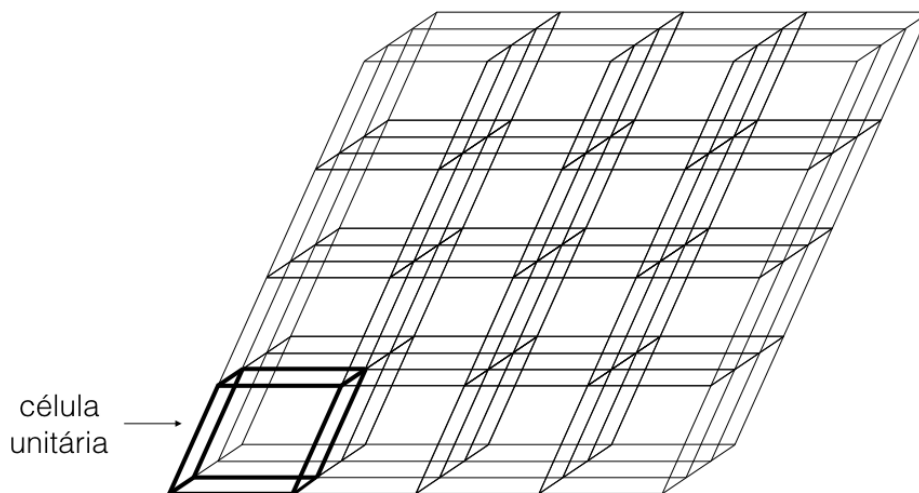


Figura 3. Célula unitária em um reticulado espacial (esquemático).

Deixemos, por um momento, o estudo dos materiais metálicos e analisemos a situação dos **sólidos cerâmicos**. Nesse caso, a união que determina o estado sólido deve acontecer não entre átomos iguais, mas sim entre átomos diferentes: entre átomos de elementos metálicos e não metálicos. Aqui, os conhecimentos de química novamente poderão nos auxiliar.

Por que um material comum, como o sal de cozinha (cloreto de sódio), é sólido? O sódio como metal pode facilmente perder um elétron para transformar-se em um cátion. O cloro, por sua vez, necessita de um elétron para completar a sua órbita externa. É conveniente para o cloro tomar um elétron do sódio e continuar convertido em ânion. As cargas opostas que ambos passam a possuir faz com que se atraiam e se unam. Esse tipo de ligação é chamada **ligação iônica** ou **eletrovalência** e está representada na figura 4.

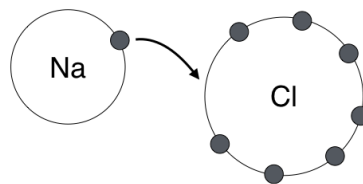


Figura 4. Ligação iônica e eletrovalente. É possível observar apenas a superfície externa de elétrons.

O sódio e o cloro agora possuem cargas positiva e negativa, respectivamente, o que não influencia apenas o átomo vizinho, mas em todas as direções. Isso faz com que ao redor do sódio se localizem outros átomos (ou íons) de cloro e ao redor destes, outros átomos (ou íons) de sódio. Assim, se forma uma estrutura semelhante à observada na figura 5, que também dá lugar à formação de um reticulado espacial sólido. Entretanto, diferente do que acontecia nos materiais metálicos, existem dois tipos de átomos com cargas diferentes e nenhum elétron livre, ou seja, não há nuvem de elétrons.

Em outros casos, as uniões que proporcionam o estado sólido não são por eletrovalência. Por exemplo, na sílica e em outros materiais deste tipo, os átomos principais são o silício e o oxigênio. O primeiro tem quatro

elétrons em sua órbita externa e antes de cedê-los ou tomar outros quatro para completar-se, é mais fácil compartilhá-los. O oxigênio, por sua vez, possui uma órbita externa com seis elétrons e precisa de outros dois para completá-la.

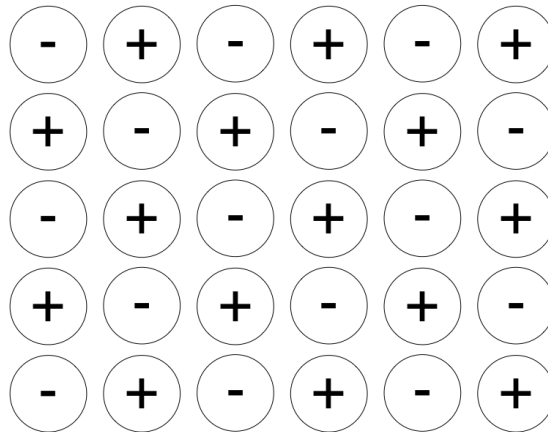


Figura 5. Esquema da estrutura em matéria sólida com ligações iônicas.

Na figura 6, é possível ver que a distribuição eletrônica facilita que o silício compartilhe um elétron com cada um de quatro átomos de oxigênio.

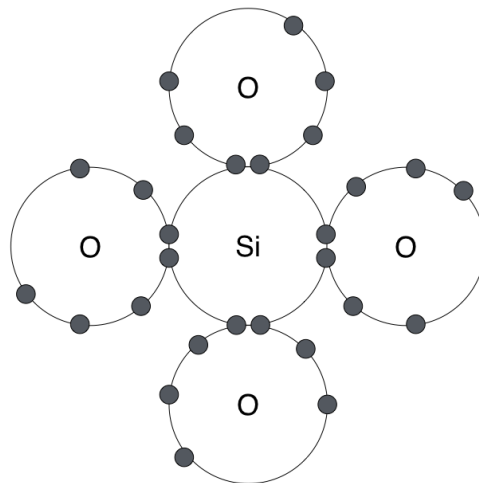


Figura 6. Esquema de ligação covalente. É possível observar apenas a superfície externa de elétrons.

Mas como cada um destes pode, por sua vez, compartilhar o outro elétron com outro átomo de silício, passa a ser possível que estes átomos se configurem de forma definitiva a formar uma estrutura tridimensional, a qual

está esquematizada na figura 7. Nela também há dois átomos diferentes e não há elétrons livres, já que cada um está sendo compartilhado por dois átomos definidos e não por todos. Claro, já falaremos que se tratam de **ligações covalentes** entre cada silício e cada oxigênio.

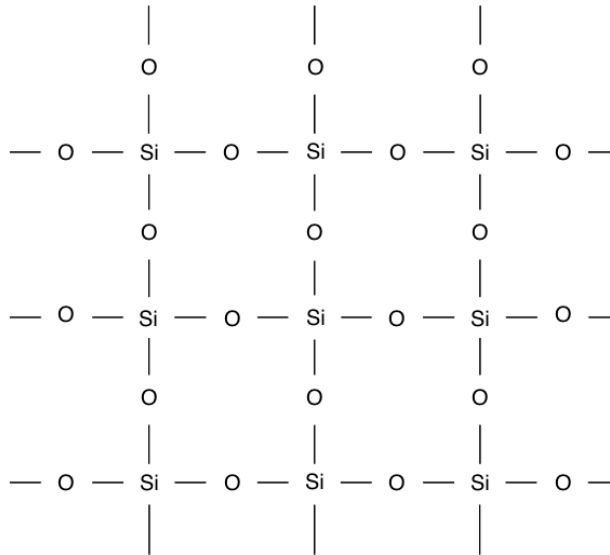


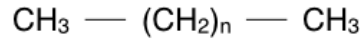
Figura 7. Esquema da estrutura da matéria sólida com ligações covalentes.

Observe que nos exemplos citados, quando estão presentes dois átomos, não se pode falar da existência de uma molécula. Quando, em química, se escreve NaCl para representar o cloreto de sódio ou SiO₂ para a sílica ou para o dióxido de silício, indica-se somente que existe um átomo de sódio para cada cloro e um de silício para dois oxigênios, respectivamente. Nos esquemas das figuras 4 e 6, é possível observar que, na realidade, não existe uma união independente entre dois ou três átomos. Na verdade, todos estão vinculados entre si.

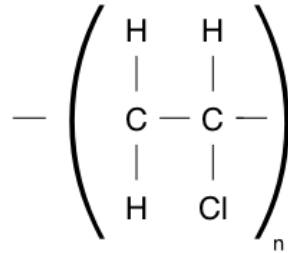
Nos exemplos dados, as uniões que determinam o aparecimento do estado sólido são, exclusivamente, ou iônicas ou covalentes. Em materiais cerâmicos mais complexos, como o gesso (CaSO₄ · 2H₂O) e outros, ambos tipos de ligações estão presentes e às vezes existem, inclusive, outros tipos de ligações que as complementam, como a **ligação coordenada**.

Veremos agora como é a conformação de **materiais orgânicos**. O átomo preponderante é quase sempre o carbono. Este, com seus quatro elétrons, pode unir-se a outros átomos iguais e/ou com os de outros

elementos por meio de **ligações covalentes** e formar **moléculas**. Assim, por exemplo, um material orgânico pode ser formado por moléculas como:



ou também:



onde "n" é um número inteiro variável.

Essas moléculas se formaram em função das ligações covalentes entre átomos. Porém, não necessariamente levarão à formação de um sólido. Para que isso aconteça, as diferentes moléculas devem se unir, diferente do que acontece nos materiais metálicos ou cerâmicos, onde a união entre átomos é responsável pelo estado sólido.

Como, então, essas moléculas se unem? Para responder a essa pergunta, vamos partir da análise de uma molécula simples, mesmo que difícil de localizar dentro da classificação dos materiais: a água, ou seja, H₂O.

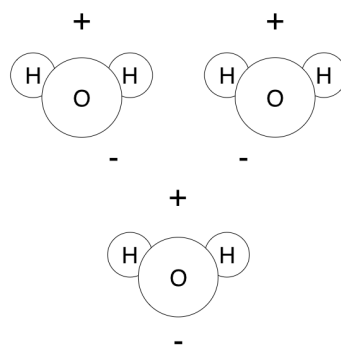
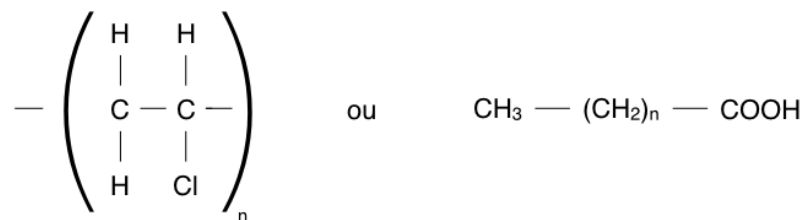


Figura 8. Esquema das ligações entre moléculas de água.

Como toda molécula, a molécula de água é neutra, entretanto devido à direção das forças de valência, nela se localizam dois átomos de hidrogênio sobre uma face do átomo de oxigênio, como disposto na figura 8. Como o oxigênio possui mais elétrons que o hidrogênio, a face onde os átomos deste último se encontram é mais negativa que a outra. A molécula (neutra) constitui, então, um **dipolo**.

É fácil perceber que outras moléculas de água tenderão a se ligar-se de maneira que a parte positiva do dipolo de uma coincida com a parte negativa do outro, e vice-versa. Há, então, forças de atração entre moléculas de água, e se a energia térmica permite (temperatura inferior a 0° C a pressão normal), podem apresentar-se na forma sólida (gelo). Observe que esse sólido se constituiu baseado na união entre moléculas, e não entre átomos.

O mesmo sistema permite que materiais orgânicos de fórmula como:



possam ser sólidos. As zonas onde se localizam o cloro, no primeiro caso, ou o grupo -COOH (carboxílico) no segundo, são mais negativas que as outras, já que o cloro e os oxigênios dos dois grupos mencionados possuem maior quantidade de elétrons que os demais elementos inseridos na moléculas.

Se a energia térmica permitir, uma atração suficiente pode acontecer entre esses dipolos, a fim de obter-se um sólido.

Algo diferente acontece, por exemplo, com moléculas como:



Nesta última não existem zonas que podem ser consideradas de diferentes densidades ou quantidade de elétrons. É um molécula simétrica e

aparentemente não forma um dipolo. Porém, hidrocarbonetos desse tipo podem apresentar-se no estado sólido. Por que isso?

Isso acontece devido ao fato de que os elétrons não estão fixos, senão em contínuo movimento, e esses fazem com que, mesmo que a molécula seja simétrica em um dado momento, haja uma maior concentração de elétrons em uma zona e, esta ao ser relativamente mais negativa, converte todo o conjunto em um dipolo. Contudo, no momento seguinte, os elétrons mudam de posição e o dipolo segue existindo, entretanto mudando a localização das cargas.

Os dipolos gerados dessa forma são denominados **flutuantes**, diferente dos já analisados, que se formam em moléculas simétricas, e são denominados **permanentes**.

Esses dipolos flutuantes podem dar lugar à formação de sólidos, mesmo que seja mais fácil de se destruir (romper, fundir) que aqueles formados por dipolos permanentes.

As moléculas dentro desses sólidos orgânicos podem se organizar formando algo similar a um reticulado espacial. Porém, seu tamanho, geralmente grande, e as forças de união que as atraem (dipolos), mais frágeis que outros tipos de ligação, fazem com que a sua localização no espaço não siga um padrão constante ou definido. Raras vezes apresentam uma estrutura cristalina. Do contrário, são estruturas **amorfas** ou, mais exatamente, **mesomorfas**, já que pode existir algum tipo de ordenamento, mesmo que mínimo.

Resumindo o que vimos nesse capítulo, pode-se dizer que a matéria se apresenta em estado sólido quando a energia estabelecida por suas ligações químicas entre as partículas que a compõem são suficientemente fortes para formar relações constante entre elas.

Essas uniões químicas podem ser do tipo **primária**, como a ligação metálica, a iônica e a covalente, e **secundária** (também denominadas forças de van der Waals) quando acontecem pela formação de dipolos permanentes ou flutuantes em moléculas.

Como é de se esperar, as características desses materiais serão diferentes também estão em função de diferenças em suas estruturas e na forma como essa estrutura é adquirida.