



## Ciência dos Materiais

### 1. Introdução:

Em geral, as propriedades dos materiais são consequência dos vários níveis de estruturas possíveis (subatômicos, atômicos, molecular e microestrutural). Já as características de um objeto dependem também da sua geometria (macroestrutura). É preciso compreender a estruturação para poder tirar todo o proveito possível dos materiais. Os níveis de estruturação que normalmente aborda a ciência dos materiais são os apresentados no quadro abaixo.

Escala (m)	Unidade	Estrutura
$<10^{-9}$	Å	Atômica
$10^{-9}$ a $10^{-6}$	nm	Nano
$10^{-6}$ a $10^{-3}$	µm	Micro
$\geq 10^{-3}$	mm, m, ...	Macro

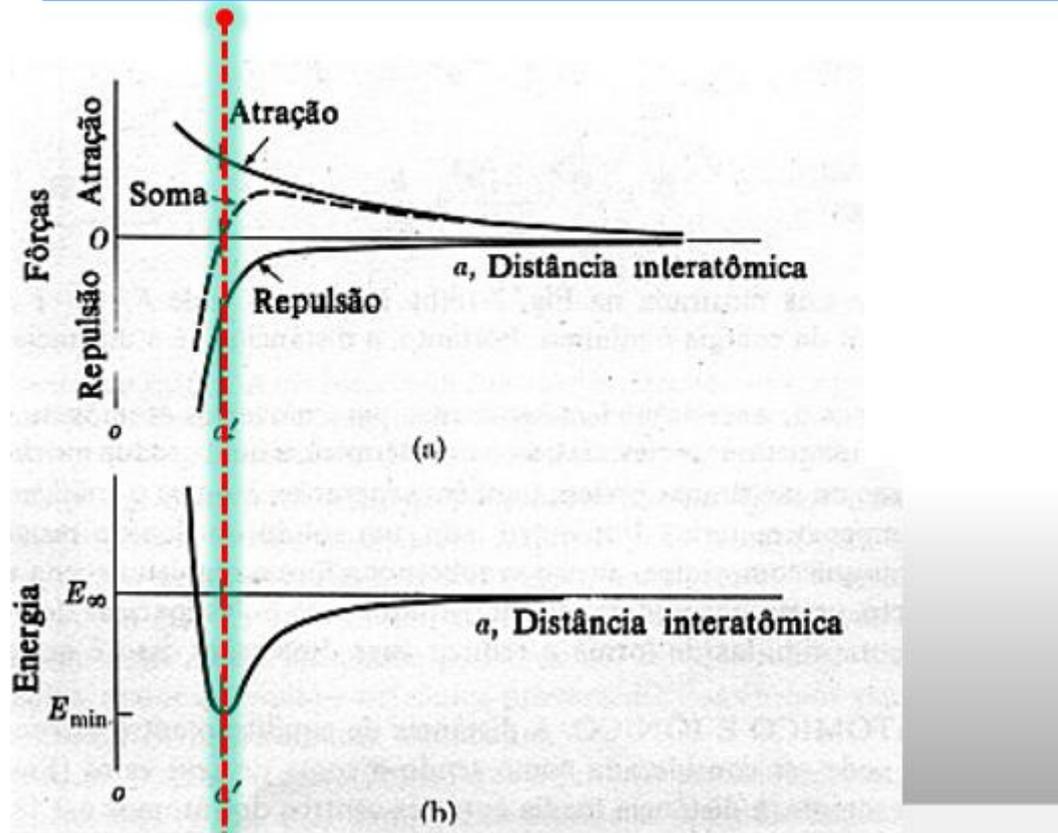
### 2. Estrutura da Matéria

#### 2.1. Átomo: modelo atômico de Bohr

- Núcleo: prótons e nêutrons.
- Eletrosfera: camadas eletrônicas (diferentes níveis de energia) com subníveis.
- A estrutura eletrônica de um átomo é relativamente estável quando existem oito elétrons na sua camada de valência, como acontece com os gases nobres. Os átomos de hidrogênio e hélio são exceções, que estabilizam com apenas dois elétrons. Outros átomos estabilizam ao perder, ganhar ou compartilhar elétrons para alcançar uma configuração estável, ou seja, com oito átomos na sua camada externa.
- Íon: átomo que ganha (-) ou perde (+) elétron(s).
- Radical livre: átomo ou molécula eletricamente neutra, mas com elétrons não pareados na última camada, portanto quimicamente instável.

#### 2.2. Ligações interatômicas influenciam nas propriedades

- Para que apareçam interações os átomos precisam estar muito próximos. Entre dois átomos suficientemente próximos, surgem forças de atração e forças de repulsão. A distância interatômica em que se equilibram a atração e a repulsão coincide com o menor nível de energia (energia da ligação química entre eles): para diminuir ou aumentar esta distância será necessário fornecer energia (consultar o gráfico do livro).



### 2.2.1. Tipos de ligações.

#### 2.2.1.1. Ligações químicas ou primárias (fortes)

2.2.1.1.1. Ligações metálicas (uma nuvem de elétrons é compartilhada por todos os átomos ligados do objeto).

2.2.1.1.2. Ligações covalentes (átomos compartilham pares de elétrons).

2.2.1.1.3. Ligações iônicas (um átomo ganha e outro doa elétrons).

2.2.1.2. Ligações secundárias ou eletrostáticas: variações de carga elétrica entre regiões da molécula constituem dipolos elétricos, que atraem eventuais dipolos adjacentes. Estas são interações físicas, relativamente fracas.

2.2.1.2.1. Pontes de hidrogênio: as mais fortes dentre as secundárias, por exemplo, a molécula de água sendo um dipolo permanente, se une a molécula de água adjacente por meio de uma interação de hidrogênio.

2.2.1.2.2. Forças de Van der Waals: (dipolos permanentes, dipolo induzido, instantâneo). Para moléculas polares, dipolos são efeito de uma distribuição espacial desigual de elétrons. Em moléculas apolares, um dipolo temporário pode ser induzido pela proximidade de algum dipolo, ou por uma ocorrência estatística (dipolo instantâneo).

### 2.3. Estados da matéria:

- Gasoso.
- Líquido.
  - Sol: líquido com um sólido disperso (exemplo: alginato recém misturado, que ainda esco).

- Sólido:
  - Gel: sólido com um líquido disperso (exemplo: alginato já elástico).
  - nanoestrutura do sólido.
    - Estrutura amorfa: átomos tendem a se arranjar em unidades não repetitivas, não existe uma regularidade no posicionamento dos átomos.
    - Estrutura cristalina: ocupam posições fixas e ordenadas. O arranjo atômico influencia as propriedades dos materiais, por exemplo: grafite (trigonal plano) e diamante (tetraédrico).

### 3. Classificação geral dos materiais

#### 3.1. Metais

- Ligações metálicas: nuvem de elétrons comuns a todos os núcleos.
- Exemplo odontológico: amálgama.
- Características gerais:
  - Boa condutividade térmica e elétrica.
  - Alta resistência mecânica.
  - Ductilidade (propriedade do material que, sob tração, apresenta uma grande deformação permanente antes de se romper, para formar fio).
  - Maleabilidade (propriedade do material que, sob compressão, apresenta uma grande deformação permanente antes de se romper, para formar lâmina).

#### 3.2. Polímeros

- Ligações covalentes para formar moléculas com longas cadeias de carbono, muitas vezes resultantes da união de monômeros num processo de polimerização.
- Exemplo: borrachas, plásticos, adesivos, material de moldagem, resina acrílica.
- Polimerização, normalmente ligada à contração volumétrica.
- Características dos polímeros:
  - Baixa condutividade térmica e elétrica.
  - Baixa resistência mecânica.
  - Termofixos ou termorrígidos. Não são amolecidos pelo calor, ligações cruzadas (primárias, fortes) entre as cadeias poliméricas (resina composta).
  - Termoplásticos. São amolecidos pelo calor, ligações fracas entre as cadeias ou apenas emaranhados (cera, guta percha, godiva).

#### 3.3. Cerâmicas

- Materiais em que coexistem ligações iônicas e covalentes, ou apenas ligações iônicas.
- Exemplo: porcelanas, vidros, refratários, abrasivos, vitrocerâmicas.
- Características dos cerâmicos:
  - Alta dureza.
  - Baixa condutividade térmica e elétrica.
  - Frágeis (ruptura com baixa deformação plástica em tração – não dúcteis).
  - Friáveis – não maleáveis.

#### 3.4. Compósitos

- Material constituído por duas classes de materiais, que mantém sua individualidade (não se dissolvem, permanecem isolados formando fases diferentes), porém unidos (por ligações primárias, secundárias ou por embricamento mecânico). Como resultado, as propriedades, em geral, são intermediárias às de cada classe de material isolado.

- Exemplo: concreto, materiais reforçados como polímeros reforçados por fibra de vidro, resina composta (polímero + cerâmica)..

#### 4. Itens para estudar pelos livros

- Propriedades térmicas [Anusavice, K. Phillips Materiais Dentários. Elsevier, 12a ed, 2013 (capítulo 3)]:
  - Coeficiente de expansão térmica.
  - Condutividade térmica.
  - Difusividade térmica.

Pode servir de base o seguinte texto:

### Propriedades térmicas

Se considerarmos que a boca está naturalmente exposta a variações de temperatura razoavelmente grandes dos alimentos, além de receber tratamentos terapêuticos que podem gerar calor (corte com laser ou fresas, profilaxia e polimento dentário, etc.), compreenderemos a relevância clínica do conhecimento das propriedades térmicas dos tecidos dentais e dos materiais de uso odontológico. As propriedades térmicas são a resposta de um material à aplicação de calor. Quando um material sólido é aquecido seus átomos passam a vibrar com uma maior amplitude ao redor das suas posições médias. Isto se reflete macroscopicamente num aumento de volume do objeto considerado; ou seja: uma expansão. O “coeficiente de expansão térmico-linear” (CETL) avalia este comportamento dos sólidos numa das três direções do espaço: expressa o número de mm de aumento do comprimento em relação ao comprimento inicial, para cada °C de aumento da temperatura. Suas unidades são mm/mm °C, ou °C<sup>-1</sup>. Materiais restauradores ideais devem apresentar CETL semelhante ao dos tecidos dentários. Deste modo, quando o dente restaurado for aquecido ou resfriado pelos alimentos, o material restaurador poderá acompanhar as mudanças dimensionais ocorridas no dente, sem apresentar tendência a abrir um espaço na interface ou a pressionar a interface.

Como foi visto no capítulo anterior (LINK), a polpa dentária não admite temperaturas muito diferentes da temperatura fisiológica corporal, de 37°C. Mas é comum ingerir alimentos muito mais frios ou muito mais quentes, e a polpa precisa ser protegida para que sua temperatura não chegue a variar tanto quanto a deste tipo de alimentos. Para fornecer esta proteção, os tecidos naturais que revestem a polpa apresentam uma boa capacidade de “isolamento térmico”. Com isto, as eventuais temperaturas extremas dos alimentos, que normalmente passam rapidamente pela boca, serão sentidas pela língua e mucosas da boca, mas não alcançarão nem afetarão a polpa. Uma experiência comum pode ajudar a compreender esta ideia: as paredes de uma casa isolam da temperatura externa num dia quente. Quanto maior a quantidade de calor que passe por elas, maior será a temperatura dentro da casa. A quantidade de calor que atravessa a parede será maior quanto maiores forem o tempo decorrido, a área da parede, a diferença de temperaturas entre o exterior e o interior e o coeficiente de condutividade térmica do material da parede. E será menor quanto maior a espessura da parede e maior a capacidade de o material da parede armazenar calor.

Quando se perde esmalte ou dentina é bom substituí-los por algum material com uma capacidade semelhante de isolamento térmico, para que não mude muito a sensação de quente / frio que a polpa irá sentir a partir desta mudança. A capacidade de isolamento térmico depende de três características que devem apresentar tanto os tecidos naturais quanto os biomateriais que pretendam substituí-los:

- 1) **Condutividade térmica (k):** é uma propriedade que descreve a capacidade de um objeto transmitir o calor rapidamente. Materiais com baixa condutividade são utilizados para isolamento térmico. Define-se como a quantidade de calor Q (em Joules; ou calorias) transmitida na unidade de tempo através de uma unidade de espessura E, numa direção normal a uma unidade de superfície de área A, quando é aplicado um gradiente de uma unidade de temperatura  $\Delta T$  (em Kelvin). As unidades

$$k = \frac{(J/s)m}{m^2 K} = \frac{Wm}{m^2 K} = \frac{W}{mK} = W/mK$$

da condutividade térmica são

- 2) **Difusividade térmica:** é uma propriedade mais apropriada para descrever o controle térmico que um material pode exercer. É uma medida da “inércia térmica” do material, ou da rapidez com que um material muda sua temperatura ao entrar em contato com outro a temperatura diferente. A difusividade é a razão entre a condutividade e o armazenamento de calor. Calcula-se dividindo a condutividade ( $W/(m \cdot K)$ ) pelo calor específico ( $J/(kg \cdot K)$ ) e pela massa específica ( $kg/m^3$ ) do material; ou seja: a difusividade térmica é menor quanto menor a condutividade térmica e maiores a densidade e o calor específico (que mede o armazenamento ou a energia necessária para aumentar a temperatura de um material por unidade de volume). As dimensões da difusividade são de  $m^2/s$ .

$$\begin{aligned} \text{Difusividade} &= \frac{\text{Condutividade}}{\text{Armazenamento}} = \\ &= \frac{\text{Condutividade}}{\text{Calor específico} \times \text{Massa específica}} = \frac{W/mK}{J/kgK \times kg/m^3} = m^2/s \end{aligned}$$

- 3) **Espessura:** a capacidade de isolamento térmico é proporcional à espessura de material que o calor precisa atravessar. É também por isto que as roupas para resistir a frio intenso precisam ser mais grossas, mesmo que tenham valores favoráveis das duas propriedades anteriores. É também por isto que a dentina e o esmalte apresentam naturalmente uma espessura de alguns milímetros. Biomateriais utilizados com a finalidade de isolar termicamente a polpa precisam ser colocados com um mínimo de espessura para cumprir bem a sua função (normalmente entre 1 a 2 mm).

*Tabela 0-1: Propriedades térmicas de alguns materiais.*

Material	Condutividade (W/mK)	Difusividade (mm <sup>2</sup> /s)
Madeira	0,11 - 0,14	0,13
Dentina bovina (300°C)		0,15
Polietileno	0,35	0,15
Gesso	0,51	0,47
Vidro	0,72 - 0,86	0,59
Esmalte bovino (300°C)		0,84
Lã	0,043	1,85

Material	Condutividade (W/mK)	Difusividade (mm <sup>2</sup> /s)
Água (30°C)	0,61	15
Ar (0°C)	0,026	19
Alumínio	237	85–99
Cobre	398	117
Prata	426	149

## 5. Onde saber mais

- Anusavice, K. Phillips Materiais Dentários. Elsevier, 12a ed (capítulo 3).
- Powers, JM; Sakaguchi, RL. Craig – Materiais Dentários Restauradores. Elsevier, 13a ed, 2012 (capítulo 4).