

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Que é Ciência e Engenharia de Materiais?

Os materiais estão intimamente ligados à existência da espécie humana. Desde o início da civilização os materiais e a energia são usados com o objetivo de melhorar o nível de vida do ser humano.

Atualmente, existe uma grande quantidade de materiais, sendo os de uso mais frequentes: pedra, madeira, cimento, aço, plástico, vidro, borracha, alumínio, cobre e papel.

A produção e a transformação de materiais em bens acabados constituem uma das mais importantes atividades de uma economia moderna. Aos engenheiros cabe conceber a maioria dos produtos fabricados e definir as tecnologias necessárias para a sua produção.

A manufatura de um produto requer uma etapa de *planejamento de produção*, onde são selecionados diversos materiais, de acordo com custos e, principalmente, com as necessidades técnicas exigidas. A elaboração desta etapa exige do seu responsável a noção das *estruturas internas e das propriedades dos materiais*, pois esses conhecimentos permitem prever o comportamento do material em serviço, bem como possibilita programar e controlar as suas propriedades e características. Tais conhecimentos, portanto, tornam os engenheiros aptos a selecionar os mais adequados materiais para cada aplicação, e a serem capazes de desenvolver os melhores processos de produção.

Os materiais são analisados e desenvolvidos dentro do ramo de conhecimento denominado *Ciência e Engenharia de Materiais*, o qual é um campo interdisciplinar que trata da descoberta de novos materiais e do melhoramento dos já existentes, pelo desenvolvimento e aprofundamento do conhecimento da relação microestrutura-composição-síntese-processamento entre diferentes materiais (ASKELAND & PHULÉ, 2003).

A *composição* é o termo que significa a constituição química de um material; a *estrutura* significa uma descrição do arranjo de átomos em diferentes níveis de detalhes; a *síntese* é o termo que se refere à obtenção dos materiais, se ocorrem naturalmente ou se são quimicamente produzidos; e o *processamento* que significa as diferentes maneiras de conformar os materiais em componentes utilizáveis, ou mudar as suas propriedades.

A *Ciência dos Materiais* está associada ao estudo das relações entre a síntese e o processamento, a microestrutura e as propriedades dos materiais. Portanto, visa

fundamentalmente a descoberta de conhecimentos básicos nos domínios da estrutura interna, das propriedades e do processamento de materiais.

A *Engenharia dos Materiais* está principalmente ligada ao emprego de conceitos fundamentais e empíricos dos materiais, na conversão destes em produtos finais. Dedicase essencialmente à aplicação dos conhecimentos da ciência dos materiais, de modo que os materiais possam ser convertidos em produtos úteis ou desejados pela sociedade (o foco é como transformar os materiais em uma peça ou estrutura utilizável).

A *estrutura do material* tem uma profunda influência em muitas de suas *propriedades*, mesmo que a sua composição química não seja alterada. Por exemplo, um fio de cobre puro quando flexionado repetidamente fica mais duro e mais frágil, e sua resistividade elétrica também aumenta; como a composição química do fio não foi modificada, as mudanças em suas propriedades são devidas às modificações em sua estrutura interna. Nesse exemplo não se observa nenhuma mudança no material em escala macroscópica; entretanto, sua estrutura foi modificada em uma escala muito pequena ou *escala microscópica*, a qual é conhecida como *microestrutura*. Se pudermos entender como o material modificou microscopicamente, começaremos a descobrir maneiras de controlar as suas propriedades.

1.2 Classificação dos Materiais

A maioria dos materiais de engenharia é classificada em quatro grupos principais: *metais, polímeros, cerâmicos* e, mais recentemente, *compósitos ou conjugados*. Outros dois grupos têm sido considerados importantes como materiais de engenharia (CALLISTER, 2002), em função do grande desenvolvimento de suas aplicações nos últimos anos: *semicondutores e biomateriais*. Os semicondutores se caracterizam por possuírem propriedades elétricas intermediárias entre as dos condutores e as dos isolantes; esses materiais possibilitaram o advento dos circuitos integrados, que revolucionaram as indústrias de produtos eletrônicos e de computadores. Os biomateriais, por sua vez, apresentam características específicas que permitem a sua utilização como componentes implantados no interior do corpo humano, substituindo as partes doentes ou danificadas do mesmo.

Os *materiais metálicos*, formados pelos metais e ligas metálicas¹, são substâncias inorgânicas compostas por um ou mais elementos metálicos, mas podem, também, conter elementos não-metálicos. São exemplos de materiais metálicos: ferro (Fe), cobre (Cu), alumínio (Al) e níquel (Ni), aços (ligas Fe-C), bronzes (ligas Cu-Sn) e latões (ligas Cu-Zn).

Os elementos não-metálicos mais comuns em ligas metálicas são: carbono (C), nitrogênio (N) e oxigênio (O).

Os materiais metálicos possuem uma estrutura cristalina na qual os átomos estão arranjados de maneira ordenada. Geralmente, são bons condutores térmicos e elétricos, e quase todos são mecanicamente resistentes, dúcteis e, na sua maioria, mantêm essa resistência mesmo em altas temperaturas.

Os *materiais poliméricos*, algumas vezes denominados de plásticos, na sua maioria consistem de cadeias moleculares orgânicas (carbono) de longa extensão. Estruturalmente, estes materiais, na sua maioria, não são cristalinos; no entanto, alguns exibem uma mistura de regiões cristalinas e não-cristalinas. A resistência mecânica e a ductilidade dos materiais poliméricos variam em grande escala. Devido à natureza da estrutura interna, esses materiais normalmente são péssimos condutores de eletricidade e de calor, o que lhes permite serem utilizados freqüentemente como isolantes, o que os torna de grande importância na confecção de dispositivos e equipamentos eletrônicos.

Os *materiais cerâmicos* são definidos como materiais cristalinos inorgânicos. A maioria apresenta alta dureza e elevada resistência mecânica, mesmo em altas temperaturas; entretanto, normalmente são bastante frágeis. O fato de serem bons isolantes térmicos e possuírem alta resistência ao calor os tornam muito importantes na construção de fornos usados na indústria metalúrgica.

A idéia principal no desenvolvimento dos *materiais compósitos* foi combinar as propriedades de diferentes materiais. Os materiais compósitos são formados de dois ou mais materiais, produzindo propriedades não encontradas nos materiais que o formam. A maioria consiste de um elemento de reforço envolvido por uma matriz constituída de resina ligante, com o objetivo de se obter características específicas e propriedades desejadas. Geralmente, os

¹ Liga metálica: consiste de uma combinação entre dois elementos, onde pelo menos um é metal e os outros podem ser metais ou não-metais, desde que o caráter metálico da liga seja mantido.

componentes não se dissolvem um no outro, e podem ser identificados fisicamente por uma interface bem definida entre eles. Podem ser de vários tipos, e os mais importantes são os fibrosos (fibras envolvidas por uma matriz) e os particulados (partículas envolvidas por uma matriz). Um exemplo bastante comum de material compósito é o concreto armado, que é constituído de uma matriz de concreto (cimento, areia e pedra) envolvendo o elemento reforço (barras de aço).

O Quadro 1.1 destaca comparativamente algumas propriedades dos materiais, e a Figura 1.1 ilustra a resistência representativa de várias classes de materiais.

Quadro 1.1 – Propriedades gerais das diversas classes de materiais (CARAM, 2000).

Material	Características	Constituintes típicos
Metálicos	Dúctil, elevada resistência mecânica, alta dureza, condutor térmico e elétrico, opaco	Átomos metálicos e não-metálicos
Cerâmicos	Frágil, isolante térmico e elétrico, alta estabilidade térmica, elevada dureza, transparentes em alguns casos	Óxidos, silicatos, nitretos, aluminatos etc.
Poliméricos	Dúctil, baixa resistência mecânica, baixa dureza, flexível, baixa estabilidade térmica, transparente em alguns casos	Cadeia molecular orgânica de comprimento elevado
Compósitos	Alta relação resistência/peso, alta dureza, etc.	Matriz+ligante

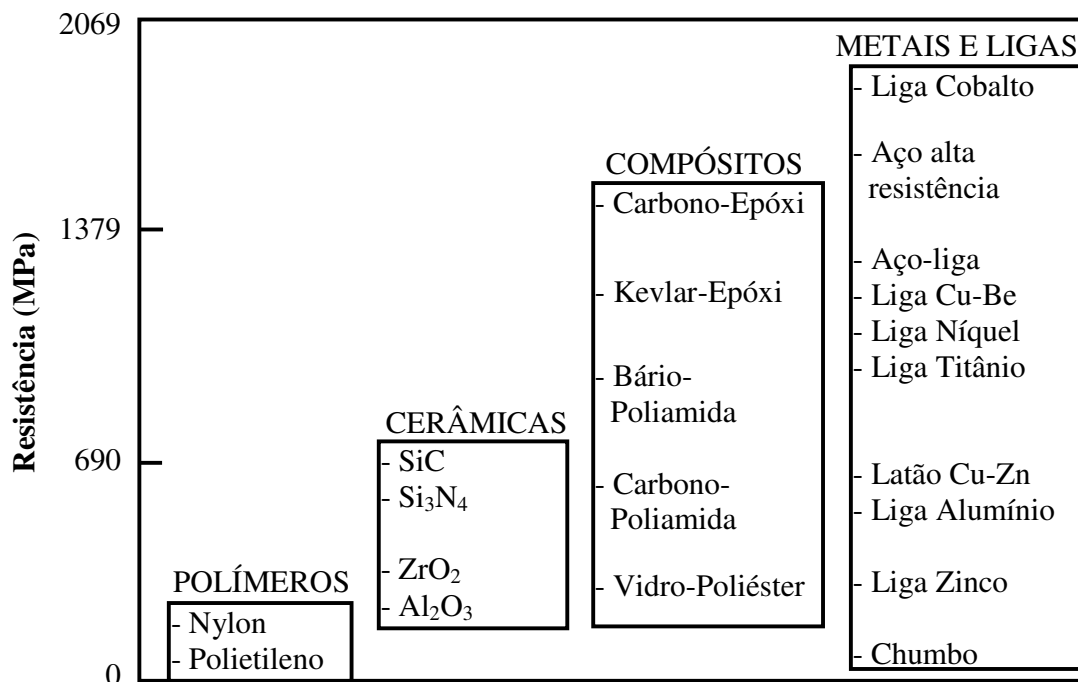


Figura 1.1 - Resistência representativa de várias classes de materiais (adaptado de ASKELAND & PHULÉ, 2003):

1.3 Estrutura e Propriedades dos Materiais

O emprego de materiais na forma de produtos acabados envolve, geralmente, etapas de processamento onde algumas de suas características podem ser significativamente alteradas. Normalmente, esta etapa promove modificações na estrutura interna do material. A modificação da forma geométrica de um material metálico (conformação plástica) resulta em alterações no estado de tensões da estrutura atômica, bem como pode modificar a estrutura ao nível atômico.

Para a produção de uma peça metálica por processo de fundição (pistão de automóvel, por exemplo), um molde, geralmente metálico, é preenchido por um volume de metal líquido; após a solidificação, a peça é desmoldada e o processo é concluído. A *estrutura interna do material* solidificado será afetada pela *velocidade de solidificação do metal líquido* com relação a defeitos nos arranjos atômicos, influenciando, assim, as propriedades da peça.

Um material para ser aplicado em engenharia necessita apresentar dados sobre suas características básicas, como também sobre a maneira com que foi processado até o momento

de ser empregado. Uma chapa de aço (liga ferro-carbono) laminada a frio, por exemplo, apresenta características distintas de outra laminada a quente.

A Figura 1.2 mostra a relação entre estruturas, propriedades e processos de modificação de propriedades dos materiais (CARAM, 2000).

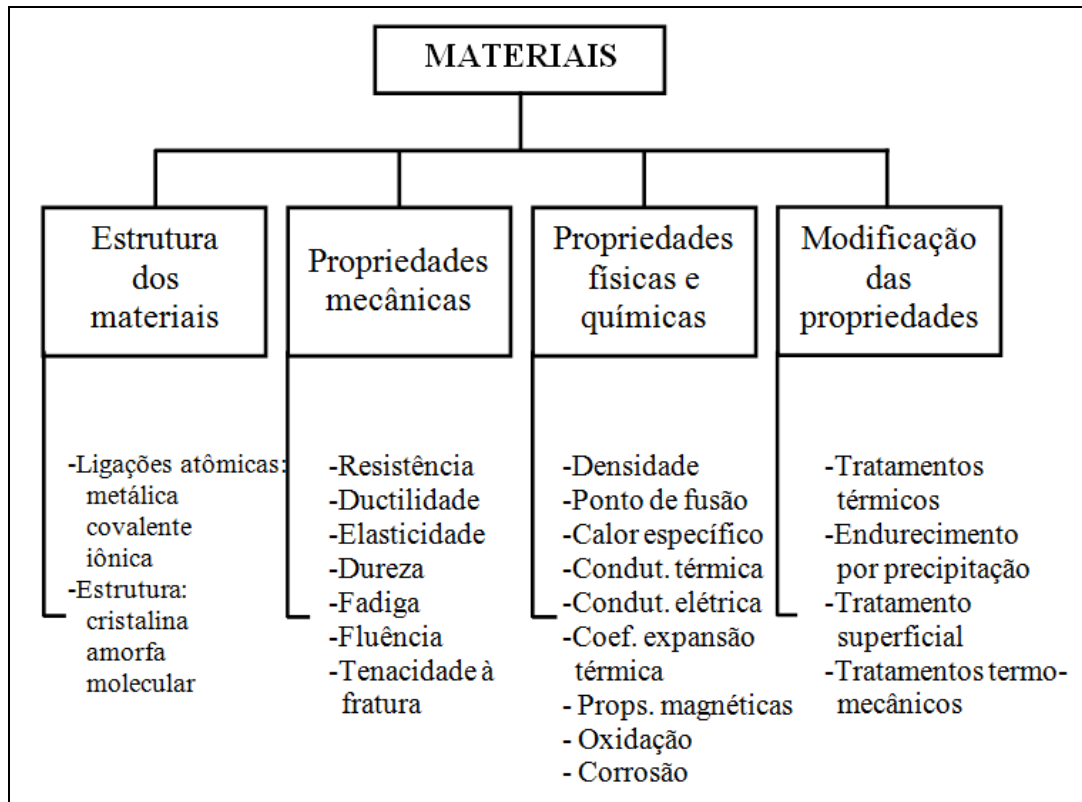


Figura 1.2 - Relação entre estruturas, propriedades e processos de modificação de propriedades dos materiais (CARAM, 2000).

A natureza e o comportamento dos materiais em serviço estão basicamente associados aos *tipos de átomos envolvidos e aos seus arranjos*. Um material pode ser constituído por um ou mais elementos químicos; entretanto, a forma com que tais elementos se arranjam no espaço determinará as características do material.

Dessa forma, a *estrutura dos materiais* pode ser estudada de acordo com *quatro níveis sequenciais*, quais sejam: *subatômico, atômico, microscópico e macroscópico*.

O *nível subatômico* está relacionado à análise do átomo individual, o comportamento do seu núcleo e os elétrons de suas camadas periféricas, ou seja, a interação núcleo-eletrosfera.

Existe um compromisso muito forte entre o comportamento do átomo e suas partículas subatômicas com as propriedades elétricas, térmicas e magnéticas.

O *nível atômico* está ligado à análise do comportamento de um átomo em relação a outro átomo, ou seja, à interação entre átomos e ligações entre os mesmos e a formação de moléculas. As ligações interatômicas dependem do comportamento do átomo ao nível subatômico. Em função do tipo e intensidade dessas ligações, um dado material pode apresentar-se como sólido, líquido ou gasoso (estado de agregação), dependendo de uma determinada condição.

O *nível microscópico* relaciona-se à análise do arranjo dos átomos ou suas moléculas no espaço. Um arranjo atômico pode resultar em três tipos estruturais: arranjo cristalino, arranjo molecular e arranjo amorfo. O arranjo estrutural apresentado por um material influencia diretamente as suas propriedades e características.

O *nível macroscópico* relaciona-se às características e propriedades dos materiais em serviço, as quais estão diretamente ligadas à natureza do comportamento atômico nos três níveis anteriores e à maneira com que o material foi processado.

Os três primeiros níveis são responsáveis pela formação do material e o último nível por sua utilização.

A Figura 1.4 relaciona a escala de tamanho de diversas estruturas (CARAM, 2000).

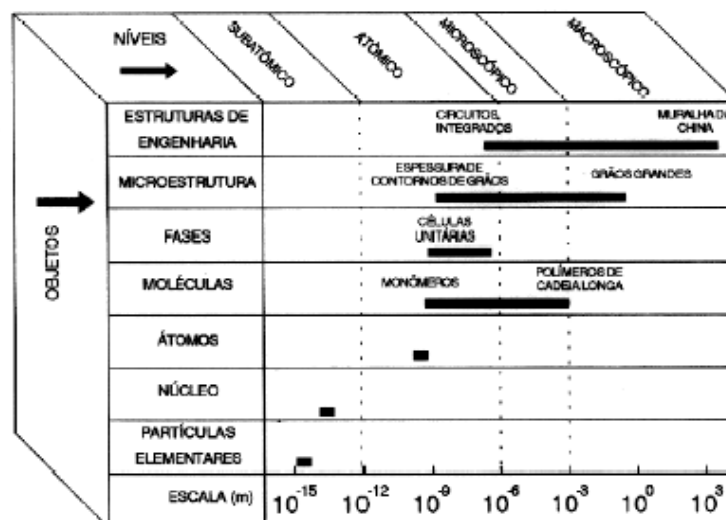


Figura 1.4 – Comparação entre a escala de tamanho de diversas estruturas (CARAM, 2000).

1.4 Referências bibliográficas

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. *The science and engineering of materials*. 4.ed. California: Brooks/Cole-Thomson Learning, 2003.

CALLISTER JR., William D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CARAM JR., Rubens. *Estrutura e propriedades dos materiais*. Apostilha de aula. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2000.