



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MÓVEIS

MATERIAIS



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

GOVERNADOR
Camilo Santana

VICE-GOVERNADORA
Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO
Maurício Holanda Maia

SECRETÁRIO ADJUNTO DA EDUCAÇÃO
Armando Amorim Simões

SECRETÁRIA EXECUTIVA DA EDUCAÇÃO
Antonia Dalila Saldanha de Freitas

COORDENADORA DO GABINETE
Maria da Conceição Avila de Mesquita Viñas

COORDENADORIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
Marta Emília Silva Vieira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. MADEIRAS E DERIVADOS DA MADEIRA	13
2.1 FIBRAS NATURAIS	13
2.3 MADEIRA MACIÇA	18
2.4 PAINÉIS	22
2.5 COMPENSADO	24
2.6 MDF - Médium Density Fiberboard	27
2.7 AGLOMERADO	30
2.8 MDP - Medium Density Particleboard	32
2.9 OSB - Oriented Strand Board	34
2.10 PAINÉIS ESTRUTURAIIS	36
2.11 REVESTIMENTOS	37
3. METAIS	42
3.1 O FERRO	44
3.2 O AÇO	44
3.3 O AÇO INOXIDÁVEL	47
3.4 TIPOS DE LIGAS	48
3.4.1 Ligas Ferrosas	48
3.4.2 Ligas não Ferrosas	49
3.5 O ALUMÍNIO	51
4. CERÂMICOS	58
4.1 VIDROS	63
4.1 CERÂMICAS AVANÇADAS	63
5. POLÍMEROS	Erro! Indicador não definido.
5.1 PLÁSTICOS	76
5.2 ACRÍLICOS	82
6. COMPÓSITOS	85
7. REFERÊNCIAS	89

1. INTRODUÇÃO

Os materiais são a alavanca, são a força motriz do progresso. Para se entender a importância dos materiais na história da humanidade, recorde-se que esta tem estado sempre ligada a materiais: a idade da pedra, a idade do cobre, a idade do bronze, a idade do ferro, etc. Ocorrendo naturalmente ou elaborados pelo homem, os materiais têm se tornado parte integrante de nossas vidas. Eles são, sem dúvida, a substância de trabalho de nossa sociedade; desempenham uma função crucial não somente em nosso desenvolvimento natural de vida, mas também, no bem-estar e na segurança de nações.

A seleção do material adequado é essencial ao desenvolvimento de um produto, para que o mesmo seja bem elaborado em todos os sentidos: qualidade, propriedades, custo, desempenho de sua função e aceitação pelo público consumidor. O Técnico em Móveis conhecerá diversos materiais utilizados nas indústrias, suas aplicações, suas características e terá a capacidade de decidir tecnicamente quais os mais adequados para cada necessidade.

A cadeia produtiva da construção civil e a moveleira são compostas de diferentes empresas que processam diversos tipos de materiais, contribuindo cada uma, em sua fase do processo, para a confecção do produto e/ou serviço, a fim de suprir as necessidades das pessoas.

Os principais materiais que estudaremos nessa disciplina são:

- Madeiras;
- Derivados da Madeira (MDF, Aglomerado, Compensados, MDP);
- Metais;
- Cerâmicas;
- Vidros;
- Polímeros;
- Acrílicos;
- Compósitos.

Serão descritos os principais materiais disponíveis para uso nas indústrias. Porém existem muitos outros, com uso em menor escala, de difícil ou restrita acessibilidade de aquisição ou ainda em fase de testes e experimentos, exemplos: pedras, tecidos, couros, tamburato de alumínio, PETG (Polietileno Tereftalado modificado com Glicol), plástico verde, ossos, sementes.

Além disso, com a evolução dos materiais nos últimos anos e considerando diversos aspectos como sustentabilidade e reciclagem, percebe-se que esta é uma área muito dinâmica, onde designers, pesquisadores e indústrias estão continuamente introduzindo novos materiais para uso na fabricação.

Assim, é importante estar atento às novidades, entendendo suas características, possibilidades, combinações com outros materiais e seus processos de transformação.

Métodos de fabricação		Conformação			Corte			União			Acabamento			
		Estado líquido	Estado plástico	Estado sólido	Corte de chapas	Com formação de cavacos	Sem formação de cavacos	Chama/Laser	Brasagem /Caldeamento	Soldagem	Por adesivos	Mecânica	Confor- mação	Abrasa- o/ Corte
Metais	Ferrosos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Não ferrosos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Plásticos	Termofixos	●	○	○	●	●	◐	◐	○	○	●	●	●	●
	Termoplásticos	●	●	◐	●	●	◐	◐	○	●	●	●	●	●
Borrachas e elastô- meros	Termofixos	●	○	○	●	◐	◐	◐	○	○	●	●	●	◐
	Termoplásticos	●	●	●	●	◐	◐	◐	○	●	●	●	●	◐
Materiais de engenharia	Carbono Manufaturado	●	○	○	○	●	◐	○	○	○	●	●	○	◐
	Vidro	●	●	○	●	◐	◐	○	◐	●	●	●	◐	◐
	Vitrocerâmicos	●	◐	○	○	◐	○	○	○	●	●	●	◐	◐
	Metais duros refratários	●	●	○	○	◐	◐	◐	●	○	◐	◐	●	◐
Materiais naturais	Fibras	●	◐	●	●	○	◐	○	○	◐	●	○	◐	◐
	Produtos em madeira	◐	◐	○	●	●	◐	◐	○	○	●	●	○	●

● Todos os processos ◐ A maioria dos Processos ○ Alguns Processos ○ Nenhum Processo

Materiais e fabricação. Fonte: Lesko, 2012



Gráfico dos processos de fabricação. Fonte: Lesko,2012

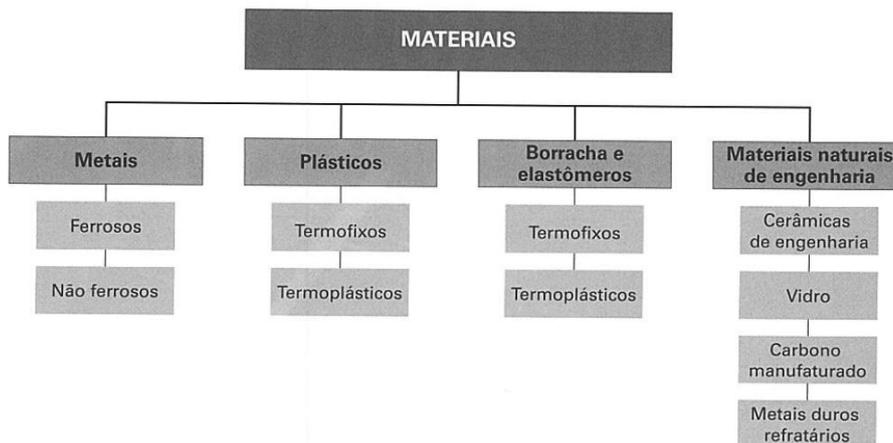


Gráfico dos materiais. Fonte: Lesko,2012

Esta é a primeira aula do curso sobre materiais. E sabe por onde vamos começar? Pelo começo, naturalmente! E onde está esse “começo”? Está no próprio material, em uma coisinha bem pequenininha chamada átomo. O átomo, que não é visível nem com um microscópio, determina se o material é aço, plástico, madeira ou ar. Estabelece a maneira como cada material se comporta na natureza e também como ele “funciona” diante dos processos de fabricação e da utilização diária.

O conhecimento dos fatores que governam as propriedades dos materiais é importante para qualquer profissional, cuja função é produzir materiais e peças com propriedades que atendam às mais diversas aplicações e solicitações de uso.

Esses fatores estão relacionados com a estrutura geral do átomo que, no final, diferencia um material do outro. Sabendo isso, é possível prever o que vai acontecer quando um material é aquecido, resfriado, dobrado, esticado, torcido, lixado, cortado. Ou seja, tudo o que você faz quando quer fabricar qualquer coisa.

Um pouco de história e um pouco de química

Uma das coisas que torna o homem diferente dos outros animais que vivem em nosso planeta é sua inteligência. E essa inteligência gerou o inconformismo por não entender como as coisas “funcionam” no universo. Por isso, desde muito cedo, ele começou a pensar e fazer hipóteses sobre esse funcionamento, já que não tinha instrumentos para comprovar suas teorias. A coisa mais fascinante de tudo isso é que, muitas vezes, o homem acertou.

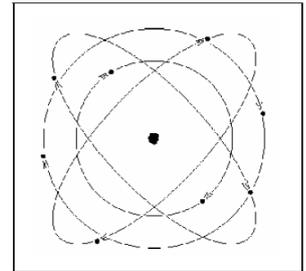
Uma das hipóteses mais importantes que esse passado nos deixou, foi aquela feita por um grego chamado Demócrito. Ele sugeriu que toda a matéria é composta de pequenas partículas que ele chamou de átomos. Essa palavra grega quer dizer “indivisível” e ele a usou porque achava que o átomo era tão pequeno que não podia mesmo ser dividido.

Fique por dentro

Quando o átomo é dividido em partículas, ele libera grande quantidade de energia. Foi esse conhecimento que permitiu a criação da bomba atômica, cuja explosão é resultado de uma divisão do átomo. Hoje sabemos que os átomos são formados de várias partículas ainda menores. Porém, esse conceito de indivisibilidade, vindo da antiguidade grega, ainda é válido e se transformou na base da Química moderna. E isso levou um bocadinho de tempo, porque foi só em 1808 que o químico inglês, John Dalton, estabeleceu sua Teoria Atômica. Em 1868, o russo Dmitri Mendeleiev elaborou a primeira classificação geral dos elementos. Esse trabalho deu origem à tabela periódica que hoje conhecemos. Ele permitiu prever as propriedades e descobrir elementos que Dmitri e cientistas de sua época ainda não conheciam. A tabela periódica reúne, em grupos, elementos que têm propriedades químicas e físicas (mecânicas, magnéticas e elétricas) semelhantes.

Conhecer as leis que comandam essas partículas permite, pois, explicar porque alguns materiais são mais resistentes ou mais frágeis que outros. Tudo o que existe é composto de átomos, os átomos são formados de várias partículas e as que mais nos interessam são prótons, elétrons e neutros.

A teoria diz que no átomo existe um núcleo formado pelos prótons e pelos neutros. Por convenção, os prótons são partículas com cargas positivas, e os neutros, partículas estáveis que têm pouca influência sobre as propriedades físicas e químicas mais comuns dos elementos. Os elétrons, carregados negativamente, giram em órbitas em volta desse núcleo.



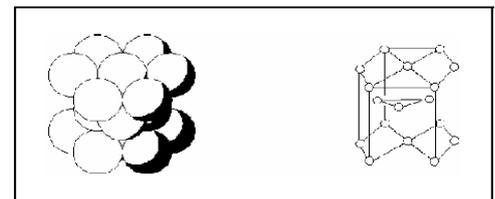
De acordo com esse modelo, as órbitas são arrumadas em até sete camadas, das quais a última é chamada de camada de valência. Para o átomo ser estável, ele deve ter 8 elétrons nessa camada.

Estrutura cristalina.

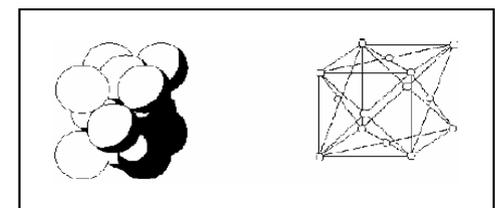
Se fosse possível ampliar a maioria dos materiais sólidos a ponto de ver as partículas que o compõem, se observaria que essas partículas se arrumam de uma forma muito organizada. Essa organização parece uma rede em três dimensões que se repete em todo o material. Ela é chamada de estrutura cristalina.

Materiais metálicos, como o ferro, o aço, o cobre e materiais não metálicos, como a cerâmica, apresentam esse tipo de estrutura. No caso das pedras preciosas e do quartzo, por exemplo, essa repetição muitas vezes controla a forma externa do cristal.

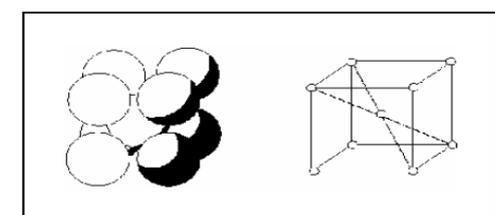
Dependendo da forma geométrica que essas estruturas cristalinas apresentam, elas recebem um nome. Assim, se você tiver metais como berílio, zinco e cádmio, a estrutura formada será um prisma hexagonal, com três átomos dentro dela. Essa estrutura se chama hexagonal compacta, ou **HC**.



Se os metais a sua disposição forem alumínio, níquel, cobre, prata, ouro, platina, chumbo, por exemplo, a estrutura cristalina terá a forma de um cubo com um átomo em cada uma de suas faces. Essa estrutura recebe o nome de estrutura cúbica de face centrada, ou **CFC**.



Metais como ferro, cromo, tungstênio, molibdênio apresentam a estrutura em forma de cubo com um átomo extra em seu centro. Essa estrutura recebe o nome de estrutura cúbica de corpo centrado, ou **CCC**.



Observe que usamos duas formas para representar a estrutura: como esferas cheias, encostadas

umas nas outras e, em desenho esquemático, para facilitar a visualização da forma geométrica.

Um exemplo - Processo de Laminação

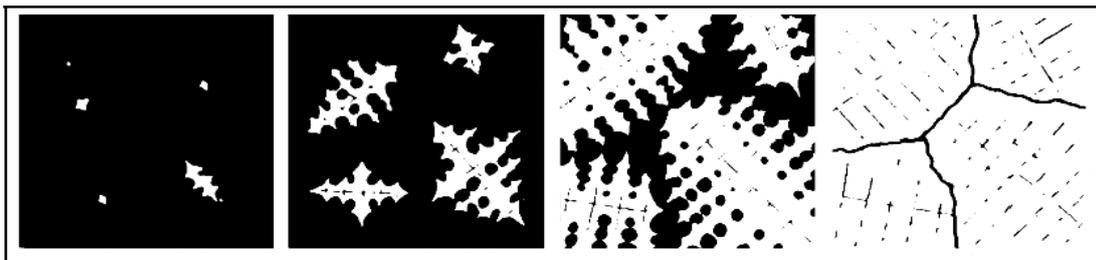
É um processo de fabricação por conformação mecânica, no qual uma barra grossa de metal, chamada lingote, é passada entre dois rolos, os cilindros laminadores, para se transformar em uma chapa. É exatamente como o pasteleiro “abre” sua massa de pastel.

Na representação com esferas, observe como elas estão organizadas muito juntas. Porém, por mais juntas que estejam, há espaços vazios entre elas, como uma pilha de laranjas arrumadas na banca da feira. Quando os metais são deformados por processos mecânicos, como a laminação, as camadas de átomos deslizam umas sobre as outras ao longo dos planos de átomos que se formam nas estruturas cristalinas. Esses planos são chamados de planos cristalinos.

Estruturas cristalinas cúbicas possuem mais planos de átomos do que as estruturas hexagonais. Por isso, é mais fácil deformar um material que possui estrutura cúbica, como o alumínio, o cobre e o ferro, do que um metal que possui estrutura hexagonal como o magnésio e o cádmio.

Ao estudar os metais e suas propriedades, é comum se ouvir falar de defeitos cristalinos. Esses defeitos, que se formam na maioria das vezes durante o processo de fabricação, surgem na forma de contorno dos grãos, por exemplo. Durante o processo de solidificação de qualquer metal, a formação dos cristais se inicia em diversos pontos ao mesmo tempo. Nos locais onde esses cristais se encontram, forma-se uma área de transição com átomos que não pertencem a nenhum dos cristais.

Na região dos contornos dos grãos, a deformação é mais difícil, pois os planos cristalinos são interrompidos, dificultando o deslizamento. Por isso, a ruptura de um metal, na maioria dos casos, acontece no contorno do grão.



Revisão de Conhecimentos

Responda a estas perguntas:

- O que é a estrutura cristalina?
- Cite alguns materiais com estrutura cristalina.
- Cite os três tipos de estrutura cristalina que existem.
- Por que é mais fácil deformar um metal que

possui estrutura cúbica?

- O que acontece com as camadas de átomos quando os metais são deformados por processos de fabricação como a laminação?
- Por que a ruptura de um metal quase sempre ocorre no contorno do grão?

PROPRIEDADE DOS MATERIAIS

Materiais têm personalidade? O pior é que têm! Como? Pense um pouco. Por que o plástico é “plástico”? Por que o alumínio é mais leve que o ferro? Por que a borracha depois de esticada volta a sua forma primitiva? Por que o cobre conduz eletricidade e o plástico não?

As respostas à essas perguntas aparecem quando a gente conhece as propriedades dos materiais. Elas são a “personalidade” deles. E conhecê-las é importante, pois para fabricar qualquer produto, não basta apenas conhecer a tecnologia de como fabricá-lo. Se não soubermos bem como cada material se comporta em relação ao processo de fabricação e ao modo como a peça é usada, corremos o risco de usar um material inadequado.

Metálico ou não metálico, heis a questão!

Existe uma variedade de materiais usados na indústria moderna. Para serem bonitos, baratos, práticos, leves, resistentes, duráveis, os produtos são feitos de materiais que conseguem atender, não só às exigências de mercado, mas também às exigências técnicas de adequação ao uso e ao processo de fabricação, dependendo do tipo de produto que se quer e do uso que se vai fazer dele. Por exemplo: na fabricação de tecidos, terá de utilizar algodão, lã, seda, fibras sintéticas. Na fabricação de móveis, se usará madeira, resinas sintéticas, aço, plásticos. Para os calçados, se usa couro, borracha, plástico. Na indústria metal mecânica, na fabricação de peças e equipamentos, se utiliza ferro, aço, alumínio, cobre, bronze.

Todos esses materiais estão agrupados em duas famílias: materiais metálicos ferrosos e não-ferrosos; e materiais não-metálicos naturais e sintéticos.

Essa divisão entre metálicos e não-metálicos está diretamente ligada às propriedades desses materiais. Assim, os materiais metálicos apresentam plasticidade, isto é, podem ser deformados sem se quebrarem e conduzem bem o calor e a eletricidade. Aliás, a condutividade tanto térmica quanto elétrica dos metais está estreitamente ligada à mobilidade dos elétrons dos átomos de sua estrutura. Os não-metálicos, por sua vez, são - na maioria dos casos - maus condutores de calor e eletricidade.

O quadro a seguir, ilustra essa classificação.

Materiais			
Metálicos		Não metálicos	
Ferrosos	Não ferrosos	Naturais	Sintéticos
Aço	Alumínio	Madeira	Vidro
Ferro fundido	Cobre	Asbesto	Cerâmica
	Zinco	Couro	Plástico
	Magnésio	Borracha	
	Chumbo		
	Estanho		
	Titânio		

Quantos tipos diferentes de materiais são usados na fabricação de um automóvel, por exemplo? Para citar apenas alguns, vamos lembrar o ferro fundido, o aço, o alumínio, o plástico, a borracha, o tecido. Cada um deles possui características próprias: o ferro fundido é duro e frágil, o aço é bastante resistente, o vidro é transparente e frágil, o plástico é impermeável, a borracha é elástica, o tecido é bom isolante térmico, etc. Dureza, fragilidade, resistência, impermeabilidade, elasticidade, condução de calor... Todas essas capacidades próprias de cada material e mais algumas são o que chamamos de propriedades.

Cada uma delas está relacionada à natureza das ligações que existem entre os átomos de cada material, seja ele metálico ou não-metálico. As propriedades foram reunidas em grupos, de acordo com o efeito que elas causam. Assim, temos as propriedades físicas e as propriedades químicas.

Propriedades físicas

Esse grupo de propriedades determina o comportamento do material em todas as circunstâncias do processo de fabricação e de utilização. Nele, tem-se as propriedades mecânicas, as propriedades térmicas e as propriedades elétricas. As propriedades mecânicas aparecem quando o material está sujeito a esforços de natureza mecânica. Isso quer dizer que essas propriedades determinam a maior ou menor capacidade que o material tem para transmitir ou resistir aos esforços que lhe são aplicados. Essa capacidade é necessária não só durante o processo de fabricação, mas também durante sua utilização. Na indústria mecânica, esse conjunto de propriedades é considerado o mais importante na escolha de uma matéria prima.

Dentre as propriedades desse grupo, a mais importante é a resistência mecânica. Essa propriedade permite que o material seja capaz de resistir à ação de determinados tipos de esforços, como a tração e a compressão. Ela está ligada às forças internas de atração existentes entre as partículas que compõem o material. Quando as ligações covalentes unem um grande número de átomos, como no caso do carbono, a dureza do material é grande.

A resistência à tração, por exemplo, é uma propriedade bastante desejável nos cabos de aço de um guindaste. A elasticidade, por outro lado, deve estar presente em materiais para a fabricação de molas de veículos. A elasticidade é a capacidade que o material deve ter de se deformar, quando submetido a um esforço, e de voltar à forma original quando o esforço termina. Quando se fala em elasticidade, o primeiro material a ser lembrado é a borracha, embora alguns tipos de materiais plásticos também tenham essa propriedade. Porém, é preciso lembrar que o aço, por exemplo, quando fabricado para esse fim, também apresenta essa propriedade. É o caso do aço para a fabricação das molas.

Um material pode também ter plasticidade. Isso quer dizer que, quando submetido a um

esforço, ele é capaz de se deformar e manter essa forma quando o esforço desaparece. Essa propriedade é importante para os processos de fabricação que exigem conformação mecânica, como, por exemplo, na prensagem, para a fabricação de partes da carroceria de veículos, na laminação, para a fabricação de chapas, para a fabricação de tubos. Isso se aplica para materiais, como o aço, o alumínio e o latão. O que varia é o grau de plasticidade de cada um. A plasticidade pode se apresentar no material como maleabilidade e como ductilidade.

A dureza é a resistência do material à penetração, à deformação plástica permanente, ao desgaste. Em geral os materiais duros são também frágeis, sendo essa última também, uma propriedade mecânica na qual o material apresenta baixa resistência aos choques. O vidro, por exemplo, é duro e bastante frágil.

Se colocarmos dois cubos maciços do mesmo tamanho, sendo um de chumbo e um de plástico, em uma balança de dois pratos, certamente, o prato com o cubo de chumbo descerá muito mais do que o prato com o cubo de plástico. Isso acontece porque o chumbo é mais denso que o plástico. Em outras palavras, cabe mais matéria dentro do mesmo espaço, e é chamada de densidade.

As propriedades térmicas determinam o comportamento dos materiais quando são submetidos a variações de temperatura. Isso acontece tanto no processamento do material quanto na sua utilização. É um dado muito importante, por exemplo, na fabricação de ferramentas de corte, pois, as velocidades de corte elevadas geram aumento de temperatura, precisando a ferramenta ser resistente a altas temperaturas.

O ponto de fusão é o primeiro de nossa lista. Ele se refere à temperatura em que o material passa do estado sólido para o estado líquido. Dentre os materiais metálicos, o ponto de fusão é uma propriedade muito importante para determinar sua utilização. O alumínio, por exemplo, se funde a 660°C , enquanto que o cobre se funde a 1.084°C . O ponto de ebulição é a temperatura em que o material passa do estado líquido para o estado gasoso. O exemplo mais conhecido de ponto de ebulição é o da água que se transforma em vapor a 100°C .

Outra propriedade desse grupo é a dilatação térmica. Essa propriedade faz com que os materiais, em geral, aumentem de tamanho quando a temperatura sobe. Por causa dessa propriedade, as grandes estruturas de concreto como prédios, pontes e viadutos, por exemplo, são construídos com pequenos vãos ou folgas entre as lajes, para que elas possam se acomodar nos dias de muito calor. O espaço que existe entre os trilhos dos trens também tem essa finalidade.

Ao segurar uma barra de metal por uma das pontas e colocar a outra ponta no fogo, dentro de um certo tempo ela vai ficar tão quente que não será possível mais segurá-la. Isso acontece por causa da condutividade térmica, que é a capacidade que determinados materiais têm de conduzir calor.

Todos os metais, são bons condutores de eletricidade, ou seja, a condutividade elétrica é uma

das propriedades que os metais têm. Os fios elétricos usados em sua casa são de cobre, um metal que é um excelente condutor de eletricidade. A resistividade, por sua vez, é a resistência que o material oferece à passagem da corrente elétrica. Essa propriedade também está presente nos materiais que são maus condutores de eletricidade. Para que não se tome choque, os mesmos fios elétricos de sua casa são recobertos por material plástico, porque esse material resiste à passagem da corrente elétrica.

Propriedades químicas

As propriedades químicas são as que se manifestam quando o material entra em contato com outros materiais ou com o ambiente. Elas se apresentam sob a forma de presença ou ausência de resistência à corrosão, aos ácidos, às soluções salinas. O alumínio, por exemplo, é um material que, em contato com o ambiente, resiste bem à corrosão. O ferro na mesma condição, por sua vez, enferruja, isto é, não resiste à corrosão.

Revisão de Conhecimentos

1. Relacione os materiais listados a seguir com o grupo ao qual ele pertence.

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| a) () Vidro | 1. Material metálico ferroso. |
| b) () Couro | 2. Material metálico não-ferroso. |
| c) () Alumínio | 3. Material não-metálico natural. |
| d) () Madeira | 4. Material não-metálico sintético. |
| e) () Cerâmica | |
| f) () Aço | |
| g) () Plástico | |

2. Assinale com um X a alternativa correta das questões a seguir:

- | | |
|--|---|
| a) Quando precisamos de um material que resista a um determinado esforço, é muito importante conhecer sua: | b) Ao aplicarmos um esforço sobre um material, se ele deformar-se permanentemente, dizemos que esse material tem: |
| () composição química; | () elasticidade; |
| () resistência mecânica; | () dureza; |
| () densidade; | () condutividade térmica; |
| () condutividade elétrica. | () ductilidade. |

c) Um material cuja propriedade é a condutividade elétrica deve ser capaz de:

- oferecer resistência à passagem da corrente elétrica;
- aquecer com a passagem da corrente elétrica;
- conduzir a corrente elétrica;
- isolar a corrente elétrica.

d) A capacidade que o material tem de se deformar quando submetido a um esforço e de voltar à forma original quando o esforço termina é caracterizada como:

- maleabilidade;
- compressibilidade;
- elasticidade;
- fragilidade.

e) O que determina o comportamento dos materiais quando submetidos a variações de temperatura são:

- as propriedades elétricas;
- as propriedades térmicas;
- as propriedades químicas;
- as propriedades mecânicas.

f) Quando falamos do comportamento dos materiais diante das condições do ambiente, estamos falando de:

- propriedades elétricas;
- propriedades térmicas;
- propriedades químicas;
- propriedades mecânicas.

3. Responda:

a) Qual é o grupo de propriedades mais importante para a construção mecânica e por quê?

b) Cite alguns produtos que você conhece e que são fabricados com os seguintes materiais:

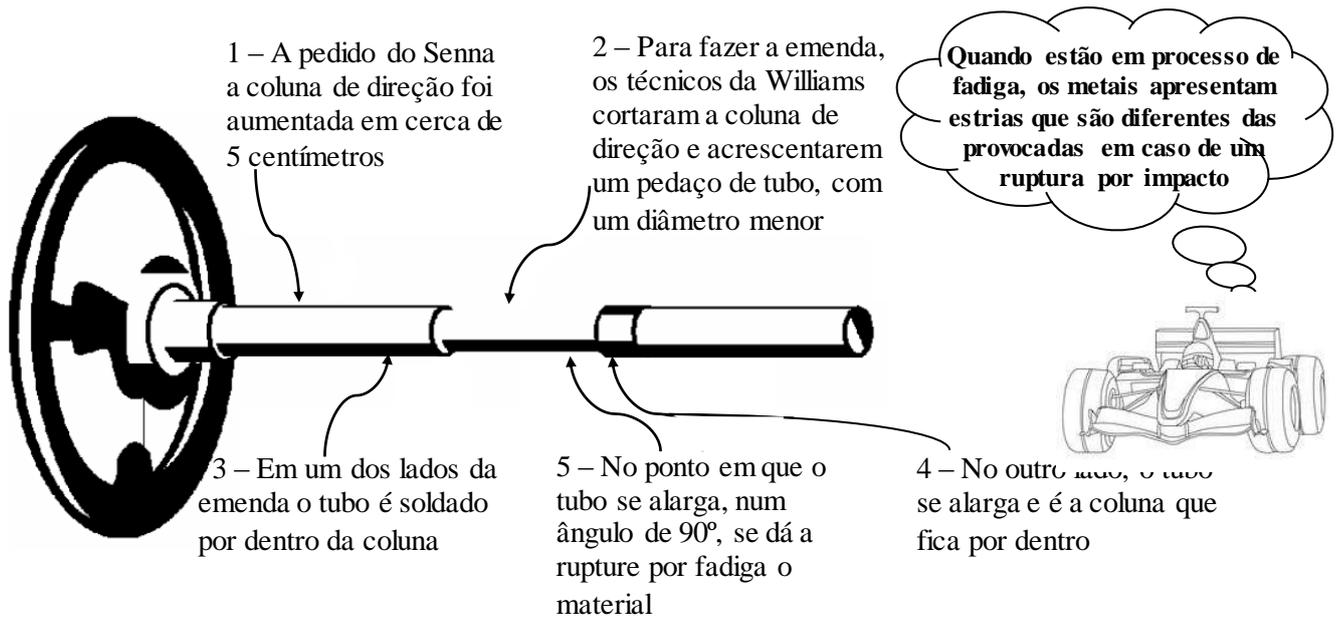
Metálicos ferrosos: _____.

Metálicos não-ferrosos: _____.

Não-metálicos naturais: _____.

Não-metálicos sintéticos: _____.

4. Todos os brasileiros ficaram muito chocados com a morte de Ayrton Senna. O acidente foi causado pela quebra da coluna de direção de sua Williams. A seguir, reproduzimos um trecho da reportagem da revista *Veja* de 3 de maio de 1995, sobre o acidente que matou nosso grande piloto:



“Mas a ruptura da haste poderia ter sido provocada pelo processo de ‘fadiga do material’, expressão que se emprega quando um metal se rompe devido a solicitação ou esforço repetido. Se o rompimento é causado pela fadiga, há outros tipos de sinais característicos, as estrias. Essas marcas surgem a cada ciclo de solicitação, isto é, a cada vez que o metal é submetido a um tipo de esforço como torção e flexão. No caso da coluna de direção do carro de Senna, esses dois esforços ocorriam. A torção se dava quando ele virava o volante para manobrar o carro. E a flexão era produzida pela trepidação e vibração da Williams.”

Após ler esse trecho, e com base no que foi estudado sobre as propriedades dos materiais, diga qual foi o grupo de propriedades dos materiais que os engenheiros da Williams ignoraram ao fazer a solda para alongar a barra de direção do carro de Senna. Retire do trecho as palavras que confirmam a sua resposta.

2. MADEIRAS E DERIVADOS DA MADEIRA

2.1 FIBRAS NATURAIS

São fibras extraídas da própria natureza e têm como características pouca resistência à luz solar e grande absorção de umidade. As fibras naturais podem ser de origem animal, vegetal ou mineral. Como exemplos temos: algodão, linho, rami, sisal, coco e juta, que são abundantes em países com potencial agrícola como o Brasil e, cada vez mais, mostram-se como alternativa sustentável às fibras sintéticas, derivadas do petróleo. Seu aspecto natural atrai muitos consumidores que não se importam em pagar mais por itens exclusivos, incentivando a abertura de negócios que utilizam essa matéria-prima nos produtos. Essas fibras são provenientes de fontes renováveis de matérias-primas e não causam danos ao meio ambiente. No entanto o que parece chamar mais a atenção dos consumidores é mesmo a questão estética.

Atualmente, a maior parte desse material é utilizada na produção de fios para tecidos, tapetes, artesanato, cordas e sacarias. No setor moveleiro, essas fibras aparecem como estrutura de cadeiras e estofados (assentos, encostos, pés), revestimento de portas e gavetas e como detalhes em móveis, entre outros.

Os móveis de fibras naturais são feitos a partir de plantas vegetais oriundas dos mais diversos países e continentes (África do sul, Ásia, Europa, Brasil, etc), e o processo de fabricação dos móveis é basicamente artesanal.

Dependendo da espécie de planta utilizada, o processo varia. Algumas não recebem tratamento químico nenhum – só são colocadas para secar; outras são tramadas ainda úmidas; existem ainda aquelas que recebem acabamento, como uma demão de verniz. Podem ainda ser feitos trançados maiores, no caso das fibras mais resistentes, ou menores.

Existem modelos com tramas e desenhos diversos, que permitem uma grande liberdade na hora de compor um ambiente. É muito comum encontrar cadeiras que utilizam plantas diferentes na sua composição, como, por exemplo, uma cadeira de cana-da-índia com trançado em rattan. Isso se deve às diferentes características das plantas, que as tornam mais indicadas para determinados usos. Assim, as fibras mais flexíveis são mais utilizadas para revestimentos e trançados.

Muitos modelos já são vendidos com tramas que utilizam contraste entre cores. As fibras são tingidas antes de serem trançadas. Outra possibilidade é a aplicação de todo e qualquer tipo de acabamento depois que o móvel está pronto, tal como pintura comum, pátina, decapê, etc. Isso pode ser feito em qualquer tipo de fibra. Móveis com esses tipos de acabamento podem ser encontrados prontos no mercado.

A manutenção de móveis de fibras naturais é bastante simples: basta um pano úmido e escova

macia para remover a sujeira. Justamente por ser fibra natural, deve ser evitado o uso de abrasivos ou outros produtos químicos para limpeza.

Um cuidado a tomar é com as pragas. Os móveis de bambu, por exemplo, recebem tratamento contra fungos e cupins. Geralmente, os móveis que recebem tratamento ou algum tipo de acabamento oferecem maior resistência a essas pragas. O ideal é refazer o acabamento pelo menos a cada dois anos, conforme o uso do móvel.

Fibras vegetais e algumas diferenças

Beleza e flexibilidade são qualidades dessas fibras vegetais, que às vezes se confundem pelo parentesco das espécies. Exemplo: taboa e junco; bambu e cana-da-índia; rattan e malacca. As plantas fibrosas mais rígidas formam a estrutura do móvel.

É o caso do apuí, do cipó vermelho, do bambu e da cana-da-índia. Os mais flexíveis (junco, rattan, vime e taboa) servem para revestimento e amarração.

Desde a planta até a trama que compõe os móveis, as fibras naturais passam por um processo puramente artesanal.

2.1.1 Vime

Material utilizado desde tempos primitivos, oriundo de varas moles e flexíveis do vimeiro, passou a designar qualquer matéria-prima de origem vegetal com tais características.

O vime é uma árvore originária de áreas temperadas, com solos úmidos, que foi introduzida no sul do Brasil. É originária da África do Sul, Europa e parte da Ásia. Quando cultivada, não ultrapassa 6m de altura.

O vime ao natural possui uma tonalidade mais avermelhada do que o rattan, os caules são escaldados com um produto químico e soda cáustica por 4 horas, os ramos vão para um tanque com água e são tramados ainda úmidos. Uma vez trançado, o vime possui diversos usos, principalmente na manufatura de cestos e móveis.

2.1.2 Rattan

É uma matéria-prima encontrada em florestas nativas do sudeste asiático, em países como Indonésia, Malásia, China e Vietnã. É um produto vegetal semelhante ao bambu brasileiro, pode ser coletado em diferentes idades e padrões de qualidade. A idade de coleta apenas determina a finalidade de uso, pois define o diâmetro do fio. Quando adulto, o rattan é utilizado para confecção de estruturas de apoio na construção civil. Para a confecção das palhas em rolos, são desfiadas fibras com diâmetros de entre 5 até 10 milímetros.

A qualidade é determinada pela uniformidade da cor e pela resistência física. Um produto de baixa classificação tem valor reduzido de mercado, pois poderá apresentar fibras manchadas, baixa resistência e grande quantidade de farpas. Apesar de o processo de formação da trama ser realizado

com a ajuda de tear, 90% de todo o processo de produção é considerado manual. A coleta, transporte e classificação constituem importante etapa do processo. Ao chegar à fábrica, o material é separado e passa por um banho químico que evita um possível surgimento de insetos nocivos ao produto. Com auxílio de máquinas, é feita a limpeza, o desfibramento e o polimento, havendo então nova classificação. Após seleção dos materiais, são montados carrosséis, que irão abastecer os teares.

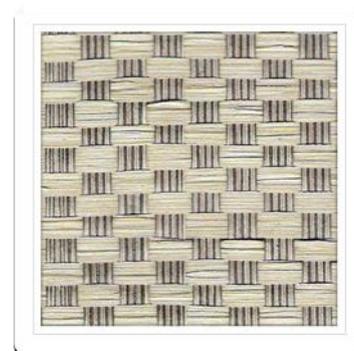
Após classificação, os fios de rattan são desfibrados, e suas fibras, trançadas, essa etapa determina além do modelo da trama, as particularidades de uso. Assim como o vime, os feixes de rattan descascado são umedecidos com água, e por último, queimam-se os “pêlos” para deixar a peça lisa. A fibra é trabalhada ainda úmida na amarração da cadeira.

2.1.3 Cana-da-índia

É uma espécie de bambu. A única diferença é que a cana-da-índia tem caules mais delgados e tamanhos uniformes.

2.1.4 Bambu

Leve, flexível, é muito resistente e apresenta rápido crescimento. Por essas razões, além de servir de alimento, é matéria-prima para uma infinidade de objetos e utilidades, desde a construção civil até móveis e utensílios domésticos. Existem cerca de 3.100 espécies em todo o mundo e já foram catalogadas mais de 1.500 espécies só no Brasil. Uma das mais utilizadas na fabricação de móveis pode ultrapassar os 15m de altura. As espécies nativas do Brasil são conhecidas por taquara, taboca, taquara-açu, etc. A taquara, espécie brasileira, é mais flexível e menos resistente, por isso usada em trançados menores. Exemplo de móveis: sofás, poltronas, cadeiras e mesas.



Fonte: www.torcetex.com.br

2.1.5 Compensados de Bambu

A busca por novos produtos provenientes de plantios florestais tem motivado pesquisadores a estudos consistentes, com resultados animadores. Há alguns anos, está em desenvolvimento uma técnica que permite a obtenção de placas planas a partir do colmo do bambu.

Essa técnica consiste no beneficiamento mecânico do colmo do bambu e na posterior prensagem a quente. Durante a prensagem, as contrações tangenciais resultantes da secagem das fibras atingem valores semelhantes em determinadas camadas da parede do colmo, entre os perímetros internos e aquelas camadas, resultando placas planas.

A performance tecnológica das tábuas de bambu revela um material de grande potencial, com vantagens sobre algumas madeiras em determinados usos, relativos às propriedades mecânicas.

O crescente interesse por pesquisas de materiais alternativos vem sendo incrementado por instituições de todo o país, decorrência direta da crescente escassez mundial de madeiras de qualidade,

o que está levando à exploração irracional das últimas reservas florestais naturais, acarretando consequências desastrosas ao ambiente e à economia do setor florestal.

2.1.6 Junco

Fibra genuinamente nacional é uma fibra flexível retirada da selva amazônica. São cipós extremamente fortes e rígidos que, após um longo processo de tratamento, permitem a execução de belíssimas e resistentes peças, recomendadas para ambientes que exigem certa leveza em sua decoração. É típico de regiões alagadiças e não ultrapassa 1,5m de altura. Seu processo na fabricação de móveis envolve escaldamento do caule com produtos químicos e queima de fios e pêlos, para que a peça fique lisa.

2.1.7 Apuí

Fibra proveniente do Amazonas que, depois de extraída, passa por um processo de secagem antes de ser torneada e por um tratamento para o manuseio artesanal, ele cresce sobre outras árvores lançando raízes aéreas, o que se chama comumente de cipó, utilizado na fabricação de móveis. Como fica de molho em solução fungicida, essa planta se torna mais maleável. Pode receber, ainda, uma demão de verniz.

2.1.8 Cipó vermelho

Cipó típico de matas tropicais, no Brasil aparece na Mata Atlântica. É um cipó grosso, utilizado na estrutura dos móveis. Existem cinco espécies de cipó vermelho, todas do gênero Tetracera. Alguns tipos têm aplicação medicinal. No setor moveleiro, é muito utilizado para compor estruturas de móveis. Também é muito encontrado na composição de cestos. De tonalidade avermelhada, é tramada ao natural e geralmente recebe como acabamento uma demão de verniz.

2.1.9 Taboa

Planta mais flexível, a taboa é muito comum em todo o Brasil e Continente Americano. Utilizada para revestimento e amarrações, não recebe tratamento químico, devendo apenas estar seca para ser trançada. É muito comum encontrar móveis com as fibras já tingidas em diversas tonalidades.

A taboa é uma planta aquática típica de brejos, manguezais, várzeas e outros espelhos de água, que mede cerca de 2 metros na época da reprodução. A sua fibra, durável e resistente, pode ser utilizada como matéria-prima para diversos itens de artesanato e para confecção de papéis, cartões, envelopes e pastas. Ela ainda possui outra qualidade, a de ser uma depuradora de águas poluídas, absorvendo metais pesados.

2.1.10 Juta

Fibra têxtil vegetal. Essa erva lenhosa alcança uma altura de 3 a 4 metros, e o seu talo tem uma grossura de aproximadamente 20 mm, crescendo em climas úmidos e tropicais. A época de semear varia segundo a natureza e o clima. As plantas florescem 4 a 5 meses depois de semeadas, e

inicia-se imediatamente a colheita. A fibra útil está contida entre a casca e o talo interno, e a extração é feita pelo processo da maceração. As árvores, cortadas rente ao solo por meio de foices, são limpas das folhas, postas em feixes dentro da água corrente ou parada. A maceração é o nome dado a uma operação química que consiste em retirar ou extrair de um corpo certas substâncias que são consideradas princípios ativos. Esses princípios ativos podem ser posteriormente utilizados para certas finalidades, quer farmacológicas, quer químicas.

2.1.11 Linho

Planta herbácea chega a atingir um metro de altura. Pertence à família das lináceas. Abrange certo número de subespécies. Compõe-se basicamente de uma substância fibrosa, da qual se extraem as fibras longas para a fabricação de tecidos e de uma substância lenhosa. Produz sementes oleaginosas, e a sua farinha é utilizada para cataplasmas de papas, para fins medicinais. Linhaça é a semente do linho, muito utilizada em culinária, onde é consumida com casca. Dela se extrai o óleo de linhaça, que é rico em Ômega 3, Ômega 6 e Ômega 9. Além disso, o óleo de Linhaça é usado na indústria cosmética e em farmácias de manipulação. Fibra têxtil que depois de extraída e processada, pode ser utilizada na confecção de tecidos para revestir assentos e encostos nos mobiliários.

2.1.12 Pastilha de coco

É feita da casca do coco seco, triturada por processo industrial. As placas do tipo rústico utilizam a parte externa da casca, e as lisas, a parte interna e posteriormente recebem lixamento na fábrica. As placas de pastilha de coco são fabricadas a partir do endocarpo do coco (“casca” dura do coco), através de um processo desenvolvido e patenteado em nosso país, no qual pastilhas são produzidas sem a desintegração do endocarpo. Portanto o produto obtido é natural e não causa impacto ambiental, muito pelo contrário, é um produto ecologicamente correto. Esse produto apresenta uma grande resistência a produtos químicos, impactos, resiste à umidade sem deixar marcas. Contudo ele também necessita de cuidados para que sua beleza e durabilidade sejam garantidas. A presença de aproximadamente 50% de lignina (resina natural vegetal) na composição da casca do coco é o que confere resistência à decomposição por microorganismos e alta resistência mecânica aos revestimentos.

Cuidados com esses produtos

O produto tem muitas similaridades com as madeiras de alta densidade, porém não é madeira e sim um plástico vegetal natural. Mesmo assim, necessita dos mesmos cuidados dedicados à madeira, como aplicação de cera. Deve-se ter cuidado para não ocorrerem fortes impactos nas bordas das placas e, caso uma pastilha se solte, deve-se colocar algumas gotas de cola branca resistente e de colagem rápida. Imediatamente após, colocar a pastilha no lugar, pressionando-a ligeiramente.

Produto vegetal natural, indicado para uso em áreas internas, pode revestir pisos, paredes,

móveis e objetos. Não é recomendado, porém, para uso em piso de box de banheiro e em ambientes de maior tráfego, como corredores. Tipos de pastilhados: Pastilhado rústico; pastilhado liso ou polido; pastilhado natural.

2.3 MADEIRA MACIÇA

A madeira é produzida a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas com funções de sustentação mecânica. Sendo um material naturalmente resistente e leve, é utilizado para fins estruturais e de sustentação de construções. É um material orgânico, sólido, de composição complexa, onde predominam as fibras de celulose e hemicelulose unidas por lenhina ou lignina. Caracteriza-se por absorver facilmente água (higroscopia) e por apresentar propriedades físicas diferentes consoantes a orientação espacial (ortotropia).

As plantas que produzem madeira (árvores) são perenes e lenhosas, caracterizadas pela presença de caules de grandes dimensões, que são os troncos, que crescem em diâmetro anualmente. Pela sua disponibilidade e características, a madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado pela humanidade, mantendo, apesar do aparecimento dos materiais sintéticos, uma imensidade de usos diretos e servindo de matéria-prima para múltiplos outros produtos.

É uma importante fonte de energia, sendo utilizada como lenha para cozinhar e outros usos domésticos numa parte importante do mundo. A sua utilização para a produção de polpa está na origem da indústria papeleira e de algumas indústrias químicas nas quais é utilizada como fonte de diversos compostos orgânicos. A sua utilização na indústria de marcenaria para fabricação de móveis é uma das mais expandidas, o mesmo acontecendo na sua utilização em carpintaria para construção de diversas estruturas, incluindo navios.

A madeira é um dos materiais mais utilizados em arquitetura e engenharia civil. A madeira é um dos materiais mais nobres que existe na natureza e um dos mais tradicionais. É usada na fabricação de móveis desde os primórdios da humanidade. A madeira maciça é usada na fabricação de móveis das mais diversas formas, como estrutura, portas, gavetas, prateleiras, apliques, molduras. Alguns tipos de madeiras mais utilizadas na fabricação de móveis:

Amapá; Louro vermelho; Sucupira; Angelim pedra; Curupixá; Louro preto; Freijó; Maçaranduba; Tauari; Caixeta; Garapeira; Teca; Cedro; Marupá; Cedro rosa; Goiabão; Cedrinho; Jatobá; Cerejeira; Jequetibá branco; Pau marfim; Pinus elioti.

Características gerais da madeira

A madeira é um material excepcional como material de construção além de ter qualidades muito grandes como matéria prima para outros produtos industrializados, e que vem sendo utilizada desde os primórdios da civilização. As madeiras em seu estado natural têm características próprias

que podem ser alteradas com a tecnologia moderna, podendo ser tratada para sua utilização em diversas etapas construtivas. Algumas características: Pode ser obtida em grandes quantidades a um preço relativamente baixo, e é renovável; Foi o primeiro material empregado capaz de resistir tanto a esforços de compressão como de tração; Não estilhaça quando forçada, sua resiliência absorve choques que romperiam ou fendilhariam outro material; Boas características de absorção acústica, bom isolamento térmico; Apresenta diversos padrões de qualidade e estéticos; Fácil trabalhabilidade.

À medida que novas técnicas foram sendo adotadas na tentativa de melhoria de suas qualidades, a madeira passou a ser mais utilizada já que essas técnicas eliminam ou minimizam alguns pontos negativos: Perda de propriedades e surgimento de tensões internas devido a problemas de secagem; Fácil deterioração em ambientes que desenvolvem agentes predadores; Heterogeneidade e anisotropia naturais e sua constituição fibrosa; Dimensões limitadas.

Outras características da madeira:

1. Estrutura celular; Composição química da parede celular; Anisotropia; Higroscopicidade; Biodegradabilidade, Combustibilidade; Inerte à ação da maioria dos produtos químicos; Durabilidade; Excelentes propriedades isolantes (térmica, acústica e elétrica).

2. Características organolépticas: cor; textura; desenho; odor; brilho; peso e grã.

3. Propriedades físicas: densidade; dureza; grau de variação dimensional; resistência mecânica; permeabilidade; trabalhabilidade.

4. Propriedades químicas: características de colagem; reação a substâncias químicas.

As madeiras podem ser classificadas em:

Madeira Fina: Empregada em marcenaria e em construção corrente na execução de esquadrias, etc: Louro, Cedro.

Madeira Dura ou de Lei: É empregada em construção, como suportes e vigas: Cabriúna, Grápia.

Madeira Resinosa: É empregada quase que exclusivamente em construções temporárias: Pinho.

Madeira Branda: Possui pequena durabilidade, e grande facilidade de trabalho. É usada em construção: Timbaúva.

Propriedades comuns a todas as madeiras:

Obtidas de caules com arranjo predominantemente vertical e com sistema radial;

Toda madeira tem estrutura celular;

Toda madeira tem a composição química da parede das suas células similar nos principais constituintes: carboidratos celulósicos, não celulósicos e lignina;

Toda madeira é de natureza anisotrópica;

Toda madeira é higroscópica;

Toda madeira é suscetível ao ataque por organismos xilófagos: fungos, insetos e certos

microorganismos;

Toda madeira é inflamável, principalmente quando seca.

2.3.1 Estrutura Macroscópica das Árvores

A madeira como material de construção é produto do beneficiamento do tronco de árvores (lenho). As características de anisotropia e heterogeneidade são decorrentes da sua origem e das diversas espécies existentes:

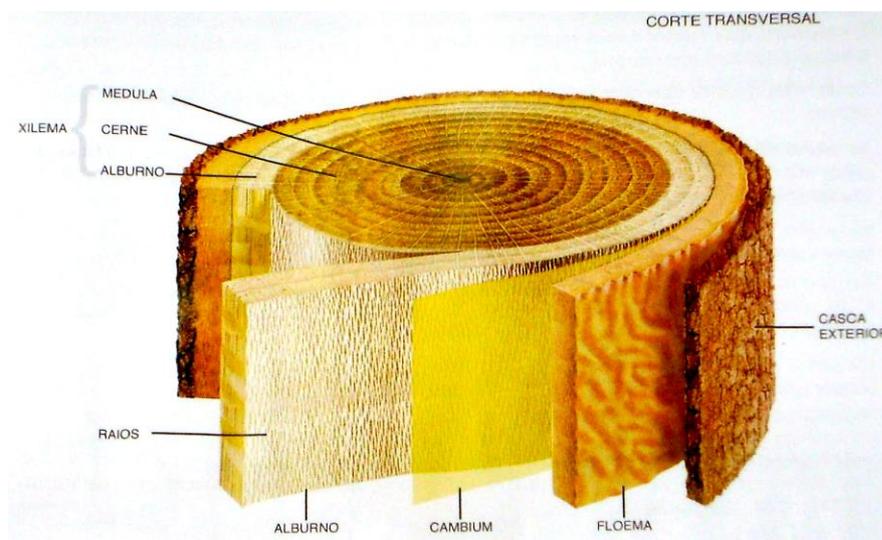
Endógenas: o desenvolvimento do caule se dá de dentro pra fora. (palmeira e bambus);

Exógenas: o crescimento do caule se dá de fora para dentro, com adição de novas camadas em forma de anel, que são os anéis de crescimento ou anéis anuais. (gimnospermas e angiospermas).

Gimnospermas: árvores coníferas e resinosas, tendo folhas em forma de agulha não fornecendo frutos, tem o lenho mais mole e correspondem a 35% das espécies conhecidas.

Angiospermas: árvores frondosas conhecidas do Brasil como madeira de lei, sendo assim conhecidas por serem abatidas na época da colonização, representam 65% das espécies conhecidas.

Na figura a seguir está representado o corte transversal do tronco de uma árvore e os três planos da seção da madeira, que são descritos em seguida.



Fonte: formasimplesmarcenaria.blogspot.com

Denomina-se anisotropia da madeira à característica que a mesma possui devida à orientação das células constituintes da madeira, apresentando três direções principais indicadas na figura abaixo. As direções mais relevantes são a direção longitudinal ou axial (direção das fibras) e a direção tangencial (perpendicular às fibras).

A **casca** da árvore que é constituída por uma camada externa de células mortas, variável consoante a idade e a espécie, e uma camada interna - **líber** - fina de tecido celular vivo que transporta as substâncias nutritivas (seiva) das folhas para o tronco. Resiste a esforços de tração. No líber ocorre a mitose, que forma os anéis de crescimento em volta da medula e as células da casca.

Alburno ou **borne** é nome dado aos anéis mais externos e mais claros, com baixa resistência mecânica e ao ataque de fungos e insetos, impregnáveis e com elevada absorção. A sua função é de transporte de seiva das raízes para as folhas.

O **cerne** é constituído por células mortas, impregnadas de vários minerais, muito lenhificadas formando uma zona mais escura. Apresenta maior densidade, resistência mecânica e maior resistência ao ataque por fungos e xilófagos (devido à presença dos minerais). Nas madeiras de coníferas o cerne está impregnado de resina enquanto que nas madeiras de folhosas está impregnado de taninos.

A **medula** é o núcleo do tronco da madeira onde se verifica o primeiro crescimento.

Os **anéis de crescimento** são formados pela casca interior ou líber e podem ser classificados em dois tipos: os anéis anuais e os anéis estacionais (zonas tropicais). Dentro de cada anel de crescimento distingue-se a madeira formada na Primavera (denominada madeira de Primavera para os anéis anuais e de primeiro crescimento para os anéis estacionais) e a madeira formada no Verão (madeira de Verão ou de Outono para anéis anuais e de tardia para anéis estacionais).

A densidade diminui nas resinosas com o aumento da largura do anel, ao passo que nas folhosas aumenta com o aumento da largura do anel.

Os raios lenhosos são importantes nas propriedades da madeira, permitem identificar a espécie, são responsáveis pelas propriedades de retração e inchaço e de resistência à abertura de fendas (maior nas madeiras de folhosas por apresentarem um tecido celular mais complexo), e resistem a esforços de compressão. A madeira diz-se juvenil quando é produzida nos 5 a 20 primeiros anéis de crescimento. As propriedades desta madeira são diferentes da madeira restante do tronco, fenómeno mais evidente nas madeiras de resinosas. A madeira juvenil possui menor resistência e rigidez, e maior retração e inchaço na direção longitudinal.

Muitas vezes o cerne é constituído por madeira juvenil (frequente nas madeiras de crescimento rápido), tendo como consequência características mecânicas inferiores às da zona do borne.

A madeira diz-se de reação quando reage a solicitações, como por exemplo, o vento. As madeiras de resinosas estão mais aptas a resistirem a esforços de compressão enquanto que as madeiras de folhosas resistem melhor a esforços de tração. De um modo geral, são mais preocupantes os esforços de compressão que os esforços de tração, uma vez que a resistência à tração das madeiras é cerca do dobro da resistência à compressão.

As madeiras ditas de compressão (por reagirem a esse tipo de esforços) têm anéis de crescimento com largura maior e com uma proporção de madeira de Verão maior do que de madeira normal, proporcionando maior retratibilidade longitudinal, idêntica à da madeira juvenil. Além disso, apresenta maior densidade e propriedades mecânicas, mas durante a secagem podem apresentar maiores deformações.

Uso e aplicações

A madeira como material de construção é depois do aço mais utilizado. Podendo ser utilizada desde fundações até os acabamentos, passando tanto pela estrutura como por material auxiliar.

Construção civil: casas, pontes, construções temporárias, portões, cercas, batentes, portas, janelas, rodapés, roda tetos, guarda copos, corrimãos, decks, assoalhos, cavaletes, cordões, painéis, forros, escadas, degraus, molduras, lambris, vigas, colunas, pontaletes, entarugamentos, formas para concreto, isolantes acústicos, etc.

Peças de adorno: peças entalhadas, artesanatos, esculturas, marchetarias, peças torneadas, molduras, apliques, etc.

Mobiliário: mesas, cadeiras, bancos, bancadas, balcões, estantes, buffets, camas, etc.

Objetos de uso geral: lápis, cabos de ferramentas, de painéis, de escovas de cabelo, de vassouras e de talheres, colheres, espichadores de massa, caixinhas, tábuas de bater carne, batedores, pilões, palitos em geral, implementos agrícolas, coronhas de armas, saltos para calçados, tamancos, réguas, barris, tonéis, etc.

Indústria: papel, papelão, MDF, OSB, aglomerados, formas de calçados, moldes para fundição, caixas, embalagens, engradados, pallets, biomassa, carvão vegetal, etc.

Transportes: carroças, carretas para transportes de lanchas, carrocerias de caminhões e de vagões de trem, dormentes para trilhos de trem, etc.

Naval: barcos, canoas, mastros, remos, jangadas, balsas, piers, etc.

Aviação: hélices para pequenos aviões.

Eletricidade: isolantes, postes, carretéis para cabos de transmissão elétrica, etc.

Entretenimento: brinquedos, instrumentos musicais, brinquedos para parques, aeromodelismo, nautimodelismo, montanhas russas, caixas de som, etc.

Esportes: raquetes de tênis de mesa, pranchas, cabeças de tacos de golfe, mesas de bilhar, tacos de bilhar, de pólo, de cricket e de hockey, arcos e fechas, bolas, piso para velódromos de bicicleta, equipamentos de ginástica, bastões, etc.

2.4 PAINÉIS

Material fabricado em madeira maciça, em lâminas de madeiras ou em madeiras reconstituídas. Os painéis podem ser classificados da seguinte maneira:

Estruturais	Não Estruturais
Madeira maciça	Aglomerado
Compensado	MDF
OSB	Chapa dura
LVL	

Fonte: SENAI. Coleção Cartilhas Moveleiras, 2007

2.4.1 Painéis de madeira maciça

São painéis de madeira de reflorestamento, constituindo um material sólido e estabilizado para a fabricação de móveis. No mercado fornecedor, encontram-se painéis com diversas dimensões e, dependendo das quantidades desejadas, podem ser fabricados nas dimensões solicitadas pelo cliente. As madeiras mais usadas na fabricação são: pinus, eucalipto e teca.

Fluxo de produção do painel maciço: serrar a árvore – tirar/serrar a casca – serrar em tábuas – secar em estufa – pré-aplainar – destopar – emendar com “finger-joint” no comprimento – aplainar e destopar o sarrafo - emendar na largura – esquadrear e lixar o painel. Após essas etapas, o painel de madeira maciça está pronto para produção de peças do mobiliário.

Servem para fabricar móveis maciços (laterais, tampos, prateleiras, gavetas, entre outros).

As vantagens de uso desses painéis é que eles são mais estáveis do que a madeira maciça, ou seja, a tendência natural ao empenamento é menor, pois a madeira é seca em estufa, serrada em ripas em torno de 5 a 7 centímetros de largura e depois emendadas na largura em uma prensa, com adesivo, pressão e calor.

Como a madeira maciça nobre está cada vez mais escassa e cara, buscam-se alternativas e meios de baixar o custo e economizar a quantidade de madeira consumida na fabricação de móveis. Dessa forma, faz-se a transformação da madeira em chapas de compensados e chapas de madeiras reconstituídas (aglomerado, MDF, OSB). Usam-se madeiras menos nobres para fabricar as partes internas dos compensados e madeiras de reflorestamento na fabricação das chapas reconstituídas.

2.4.2 LVL - Painel de Lâminas Paralelas (Laminated Veneer Lumber)

É um material composto por lâminas de madeira orientadas na mesma direção, unidas por adesivos e pressão. As lâminas usadas possuem espessuras entre 2,5 a 12,7 mm. É utilizado na confecção de paredes, batentes de portas, janelas, laterais e estrados de cama, tampos de mesa e móveis em geral.

As etapas iniciais da manufatura de LVL são similares àquelas usadas na manufatura da madeira compensada, porém com todas as camadas de lâminas montadas no sentido longitudinal das fibras. O LVL foi utilizado pela primeira vez na confecção de hélices de avião e outras peças de alta resistência para aeronaves durante a Segunda Guerra Mundial. Trabalhos pioneiros com esse tipo de painel foram publicados na década de 40.

Na década de 60, já no segmento da construção civil, empresários norte-americanos colocaram no mercado vigas compostas de madeira do tipo Viga-I. Essas Vigas-I representavam um produto que podia suportar mais carga em relação ao próprio peso do que qualquer outro material existente até então. O painel LVL apresenta duas categorias distintas: LVL estrutural, confeccionado em peças com grandes dimensões e não estrutural confeccionados em peças para o mobiliário.

2.4.3 Componentes pós-formados

São fabricados com bordas arredondadas, utilizando para isso laminados plásticos moldados aos cantos da chapa. Os laminados são aplicados sobre peças de aglomerado ou MDF destinadas à indústria moveleira. Os pós-formados são utilizados principalmente em tampos, prateleiras, laterais, divisórias e frentes de gavetas. Características: bordas retas ou arredondadas; aplicação de fitas de borda e pós-formagem; revestimento em laminado de alta pressão e melamina; flexibilidade em dimensões e variedade de padrões.

Esses componentes visam a agilizar a produção da indústria moveleira e a possibilitar às micro e pequenas empresas que não disponham de máquinas e equipamentos apropriados, a comercialização de móveis com tais características.

2.4.4 Chapa dura “de fibra de madeira”

É uma chapa dura de alta densidade, produzida a partir de madeira de eucalipto. A madeira é transformada em fibras que, mediante processamento, assumem uma disposição plana e se consolidam sob ação de calor e pressão, sem adição de resina sintética.

As chapas são fornecidas ao natural ou pintadas, em padrões madeirados ou coloridos, em sua face principal. A superfície lisa permite os mais variados acabamentos, como lacas, lâminas de madeira, vinil, laminados plásticos e outros. Serve para aplicação em costas de armários, balcões, fundos de gavetas, forro de casas.

2.5 COMPENSADO

É uma chapa fabricada de madeira, constituída de três ou mais camadas de lâminas relativamente finas, coladas umas às outras, dispostas alternadamente, de modo que as fibras de uma se cruzem a 90 graus ou perpendicularmente com as fibras das outras. As camadas



Fonte: Covalato, 2007

externas são chamadas de capas (superior e inferior), ou lâminas de face. A camada central é o miolo. Essa chapa é composta de um número ímpar de camadas, a fim de que as faces externas tenham as fibras no mesmo sentido e apresentem equilíbrio homogêneo, para não empenar e oferecer resistência mecânica.

Os compensados podem ser fabricados somente com lâminas, ou então com miolo de madeira maciça (sarrafos) e camadas de lâminas. Os compensados podem ser à prova de água ou não, dependendo do adesivo utilizado e da necessidade de uso. Essa chapa constituída de lâminas de madeira coladas através de resina sintética a base de formol, possui vários usos, principalmente na indústria moveleira e na construção civil.

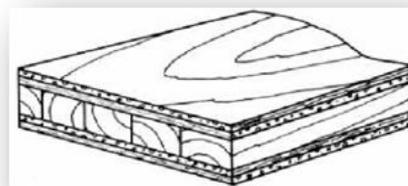
Existem três tipos de compensado: laminado, sarrafeado e multisarrafeado.

O compensado laminado é o mais utilizado, é composto por camadas de lâminas de madeira coladas entre si. A cada camada de lâmina, o sentido das fibras é perpendicular à outra, com o objetivo de aumentar a resistência mecânica, reduzir os empenamentos, e diminuir a movimentação decorrente da modificação de umidade no ambiente. As lâminas externas são da mesma madeira das lâminas do miolo do compensado, ou de madeira de outra espécie. Normalmente se utilizam madeiras macias para as lâminas do miolo, pois estas costumam ser mais estáveis quanto a movimentos e empenamentos. As lâminas externas são decorativas que têm melhor qualidade estética.

Quanto maior a quantidade de camadas de lâminas na chapa de compensado, maior será a uniformidade das propriedades mecânicas nas duas direções do plano da chapa, em função da maior distribuição de tensões na chapa.

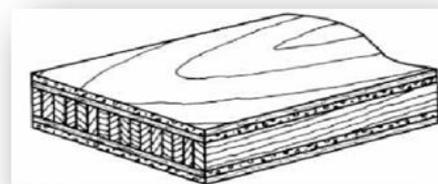
Os dois tipos de compensado laminado são o standard e o naval. O primeiro deles, o standard, é o compensado para uso em ambientes internos, as lâminas são coladas através de resina uréia formol, e o segundo o naval é o compensado para uso em ambientes externos, as lâminas são coladas através de resina fenol formol, resistente à umidade. Em geral o compensado laminado é fabricado nas espessuras 4 mm, 6 mm, 9 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 20 mm, e 25 mm.

O **compensado sarrafeado** consiste em uma chapa com miolo de sarrafos de madeira dispostos e colados lado a lado, revestido nas duas faces com capa de lâmina de madeira. Apesar de ser mais caro, ele é mais estável quanto a empenamentos em relação ao compensado laminado, sendo muito utilizado para a confecção de portas de armários. É produzido nas espessuras de 15mm, 18mm, 20mm e 25mm.



Fonte: Covalato, 2007

O **compensado multissarrafeado** consiste em uma chapa com miolo de lâminas prensadas, coladas verticalmente, revestida nas duas faces com capa de lâmina de madeira. Como o compensado sarrafeado, o multissarrafeado também é mais caro em relação ao compensado laminado, porém mais estável quanto a empenamentos. É produzido nas espessuras de 15 mm, 18 mm, 20 mm e 25 mm.



Fonte: Covalato, 2007

Características do compensado

O tamanho da chapa não depende da largura da árvore, da qual suas lâminas foram obtidas, e essas lâminas podem ser extraídas de madeiras de reflorestamento. O rendimento médio da madeira na produção de compensado desde a laminação da madeira é baixo, sendo de aproximadamente 36% (Bonduelle, 2002).

O compensado possui fibras cruzadas permitindo uma resistência mecânica semelhante no sentido da largura e no sentido do comprimento. A disposição das fibras em sentidos perpendiculares a cada camada reduz a movimentação causada pela modificação da umidade do ambiente, já que o movimento tangencial de uma camada é reduzido pelo movimento longitudinal da outra camada. Apesar da disposição cruzada das fibras, quando a peça de compensado possuir comprimento muito maior do que a largura, esta peça terá uma tendência a empenar no sentido do comprimento.

O compensado permite a utilização de parafusos comuns, não é recomendado para chapas de aglomerado e MDF. Para sua colagem é possível a utilização de todos adesivos compatíveis com madeira maciça, tais como uréia formaldeído, PVA – polivinil acetato (cola branca), cola de contato, resinas fenólicas, etc.

Algumas chapas de compensado podem apresentar defeitos como: empenamento, espaços vazios no seu interior, falhas na lâmina da capa resultando em irregularidades superficiais, descolamento de lâminas, sobreposição de lâminas, e ocorrência de nós na lâmina da capa. Nas compras de compensado revestido com folha de madeira decorativa é aconselhável a escolha de cada chapa, de modo a garantir uma maior homogeneidade da cor e desenho da capa, e para a pintura do compensado é necessária a aplicação de massa niveladora.

Utilização dos compensados

Podem ser usados na fabricação de móveis (laterais, prateleiras, tampos, portas, gavetas, etc), na construção civil (formas de concreto, portas, divisórias, etc), em assoalhos de carrocerias de caminhões. Além dos compensados planos, existem os compensados multilaminados curvados, destinados à produção de móveis para escritórios, escolas e residências (ex.: encostos e assentos anatômicos). Esses produtos necessitam de moldes de madeira, alumínio ou outros metais para serem fabricados nos diversos formatos exigidos pelo mercado. Na segunda guerra mundial, barcos torpedeiros e aviões de pequeno porte chegaram a ser fabricados de compensado.

Produção do compensado

Segundo Abipa, em 1998, a produção brasileira de chapas de compensado foi de 1.650.000 m³, sendo que 40% das chapas produzidas foram para exportação.

Grande parte da madeira necessária para a produção de chapas de compensado no Brasil é obtida de espécies de árvores folhosas da região amazônica, e do pinho da Região Sul.

A redução da oferta de madeiras nativas de boa qualidade, e a pressão de órgãos ambientais na preservação das florestas da região amazônica são fatores, que contribuíram, a partir da década de 1990, ao início da utilização de madeira de reflorestamento para a produção de compensados, principalmente das espécies *Pinus Elliottii* e *Taeda*, que têm boas características na laminação.

As lâminas de madeira são extraídas do tronco com a utilização de tornos laminadores ou

guilhotinas. Nos tornos laminadores, o tronco gira em torno do seu próprio eixo, enquanto uma faca avança cortando a madeira em forma de lâmina. Na guilhotina, o tronco fica preso nas pontas por garras, enquanto uma faca corta a madeira tangencialmente em relação ao comprimento do tronco. Para facilitar o corte em ambos os casos, a madeira é aquecida em água para amolecer. Este processo de aquecimento causa um pequeno escurecimento da madeira.

Após a laminação, a folha de madeira é seca para em seguida ser colada e prensada. Num primeiro momento o compensado é prensado a frio para a eliminação de ar entre as lâminas, na sequência a chapa de compensado é prensada a quente, a uma temperatura de 90°C a 100°C, a uma pressão de 30 a 300psi em média por 5 minutos. A temperatura máxima não deve ultrapassar os 100°C, pois a formação de vapor pode causar bolhas entre as lâminas.

As resinas utilizadas na colagem das lâminas de madeira são as resinas uréia formaldeído e fenol formaldeído. O filme de adesivo formado entre as lâminas de madeira deve ser suficientemente resistente para suportar as tensões entre as lâminas de madeira durante a utilização do compensado.

Extensores são normalmente adicionados à resina na colagem de compensados. Aqui no Brasil, utiliza-se muito a farinha de trigo como extensor, que tem como principal função não permitir que o filme de resina infiltre entre as fibras da lâmina de madeira, ocasionando manchas na capa do compensado, o extensor ainda ajuda na performance mecânica, porém diminui a resistência do compensado à umidade.

2.6 MDF - Médium Density Fiberboard

É uma chapa de fibras de média densidade, produzido a partir das fibras de madeira de pinus e/ou eucalipto, que permite ser usinado tanto nas bordas como em suas faces, substituindo a madeira maciça.

A sigla MDF significa “medium density fibreboard”, chapa de fibra de média densidade entre 350 a 800 kg/m³, composto de fibras lignocelulósicas unidas por resina sintética, através de calor e pressão.

Tem como principal vantagem a usinabilidade das bordas e faces, podendo também ser entalhado ou torneado. Na figura se apresenta amostras de chapas de MDF de várias espessuras, e amostras de usinagem em baixo relevo, que é muito utilizado na fabricação de portas de armários.

Por ser fabricado com fibras de madeira provenientes de árvores de reflorestamento, e não proveniente da exploração de matas nativas, é um produto fabricado com matéria prima renovável, substituindo assim à madeira maciça.

Outras vantagens que o MDF tem sobre a madeira maciça são: estabilidade dimensional; homogeneidade; gera menos resíduos em relação à madeira maciça por dispensar desempenamento e



Fonte: Covalato, 2007

acerto de espessura; sua superfície é lisa, resultando em economia de adesivos, tintas e vernizes; inexistência de defeitos próprios da madeira como, por exemplo, nós, furos de insetos, fibras reversas e rachaduras; e suas dimensões não são limitadas ao tamanho da tora da árvore.

Essas chapas são fabricadas com diferentes características, que variam em função de sua utilização final, podemos citar como exemplo as chapas “standard”, resistentes ao fogo e à umidade, usados em ambientes externos. Existem também chapas de maior resistência mecânica (HD), fabricados com maior quantidade de fibras e resinas, o que permite aplicações que requeiram maior resistência à flexão ou ao impacto.

As espessuras das chapas mais usadas variam de 3 mm até 30 mm, ele basicamente oferecido ao mercado em três acabamentos: chapas in natura, chapas com revestimento laminado de baixa pressão e chapas com revestimento finish foil.

- As chapas in natura são fornecidas ao usuário de forma que possa ser realizado o acabamento das peças através de pintura, revestimento com PVC ou hot stamping.
- As chapas revestidas com laminado de baixa pressão são produzidas através da sobreposição de uma folha de papel especial, impregnada com resina melamínica, que é fundida através de pressão e temperatura ao painel de MDF, resultando uma chapa já acabada. Pode-se revestir apenas uma das faces, permitindo ao usuário usinar a face não revestida e acabá-la através de pintura, revestimento PVC ou outros materiais.
- As chapas revestidas com finish foil são produzidas por adição de uma película de papel colada à chapa, resultando um produto já acabado. Essa película pode ser impressa em padrões madeirados ou em cores.

Características do MDF

A principal vantagem do MDF é a capacidade de ser usinado nas faces e bordas, possibilitando a execução de molduras, rebaixos, encaixes, entalhes e torneamento.

Por possuir superfície lisa é um ótimo material para receber acabamento, não necessitando a utilização de massa niveladora, promovendo economia na aplicação de adesivos, tintas e vernizes. O MDF possui resistência mecânica semelhante na largura e no comprimento e resistência à tração homogênea em todos os sentidos do plano, isto acontece devido às fibras não ficam orientadas para uma única direção. A madeira maciça por ter fibras orientadas praticamente para uma única direção possui resistência à tração muito maior no sentido das fibras do que no sentido transversal.

O tamanho da chapa não depende das dimensões dos troncos de árvores, como na madeira maciça. As fibras de madeira necessárias para a produção do MDF são provenientes de madeira de reflorestamento, colaborando para a preservação de matas nativas. No processo de fabricação, 95% da árvore são aproveitadas, seja como matéria prima ou biomassa, sendo possível a utilização de resíduos

de madeira da indústria moveleira, e da construção civil para a produção de suas fibras.

Para a colagem de peças de MDF podem ser utilizados todos adesivos compatíveis com madeira maciça, tais como uréia formaldeído, PVA – polivinil acetato, cola de contato, resinas fenólicas, etc. O processo de fabricação de peças feitas com MDF gera menos resíduo do que o processo de peças feito de madeira maciça por dispensar desempenamento e ajuste de espessura, resultando em um aproveitamento superior. Enquanto resíduos gerados de MDF são na ordem de 20% do volume processado, a quantidade de resíduos de madeira maciça é da ordem de 50% do volume processado chegando a 80% em alguns casos. Peças feitas de madeira maciça estão sujeitas à ocorrência de empenamentos, e modificações dimensionais devido à estabilização de umidade, enquanto que o MDF já está estabilizado, em relação as aglomerado ele possui maior estabilidade dimensional, e não apresenta defeitos característicos da madeira natural.

Como desvantagem o MDF não possui aparência de madeira natural; não é resistente à água, em ambientes úmidos tem tendência de estufar e os topos das chapas se danificam com facilidade no caso de quedas. A resistência à umidade pode ser aumentada com a troca da resina uréia formaldeído por resina fenol formaldeído, neste caso com aumento no custo. No MDF não se recomenda a utilização de pregos e pinos para fixação no topo. Para a fixação, assim como no aglomerado, é recomendada a utilização parafusos tipo chipboard. Também não se recomenda a utilização de dobradiças de fixação no topo, como dobradiças tipo piano e dobradiças tipo folha, e sim as dobradiças tipo copo.

Usos e Aplicações

É usado principalmente na fabricação de móveis, em partes que requerem usinagens especiais, como moldurar e arredondar cantos, ou em peças em geral do mobiliário (laterais, tampos, bases, prateleiras, portas, divisórias e pés). Na construção civil, é utilizado como pisos finos, rodapés, almofadas de portas, divisórias, revestimentos de pisos e paredes, portas usinadas, batentes, balaústres e peças torneadas. Também é muito utilizado por artesãos, que vão atrás deste material devido à maior resistência mecânica e física do que o aglomerado.



Fonte: Covalato, 2007

Produção do MDF. Segundo a Abipa a capacidade brasileira para fabricação de chapas de MDF, em 2004, era de 1.720.000 m³.

No Brasil o pinus radiata é muito utilizado para a fabricação do MDF, já que quando fabricado com a fibra desta madeira proporciona uma coloração de chapa mais clara, por consequência mais valorizada no mercado. Inicialmente, as toras são cortadas com comprimento variando entre 2 metros a 2 metros e meio. As toras têm sua casca removida, e são transformadas em cavacos através de um

picador, esses cavacos são desfibrados através de um processo mecânico sendo comprimidos entre dois discos de metal com superfície ranhurada, que giram em sentidos opostos por um equipamento chamado desfibrador.

O atrito gerado nesse processo irá causar o desfibramento, as fibras são transportadas em grande velocidade através de uma tubulação de transporte pneumático, onde será adicionada resina uréia formol e parafina às fibras através de aspersão, e para se aumentar a resistência à umidade poderá ser adicionada resina melamina formol. As fibras com resina passam pelo processo de secagem, e são depositadas em silos, onde se formam os colchões de fibras que são primeiramente prensados a frio para a retirada do ar entre as fibras, e na sequência são prensados a uma temperatura próxima de 180°C a 220°C, até a espessura desejada.

Ao sair da prensa o MDF é cortado formando-se as chapas, que são resfriadas, e estocadas para que ocorra sua estabilização onde as chapas adquirirem umidade compatível com o meio ambiente e ocorre a cura final da resina. Em seguida são lixadas, cortadas no tamanho final, empacotadas em forma de fardos, e enviadas para as revendas. Os painéis são produzidos nas espessuras de 3 mm, 6 mm, 9 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, e 32 mm, medindo 1.830 mm de largura e altura de 2.750 mm ou 2.440 mm. As chapas são vendidas com a superfície crua, ou poderão receber revestimento superficial.

2.7 AGLOMERADO

É uma chapa de madeira reconstituída produzido com partículas de madeira selecionada de pinus e/ou eucalipto, aglutinadas com resina uréia-formoldeído, calor e pressão (além da possibilidade de utilização de diversos produtos químicos para evitar mofo, umidade, insetos e aumentar a resistência ao fogo).

Sua produção se iniciou na segunda guerra mundial. Antigamente as partículas de madeira eram compostas de serragem obtida de sobras de corte de madeira, serragem proveniente de marcenarias, e madeira de sobra de construções triturada. Com o aumento da demanda pelo aglomerado, além de resíduos de marcenarias, grande parte da madeira necessária é obtida de madeira de reflorestamento. O pinus é bastante utilizado na fabricação de aglomerado e a resina normalmente utilizada é a resina uréia formaldeído. A massa de resina em média representa oito por cento da massa (base seca) do aglomerado. Em situações onde não haverá exposição à umidade ele é forte concorrente do compensado por ter preço inferior. A degradação do aglomerado se dá pela presença de fungos, problema esse que pode ser minimizado com a adição de fungicidas à resina.



Fonte: Covalato, 2007

As chapas de aglomerado são fabricadas sem revestimento “in natura”, possibilitando receber os mais diversos tipos de acabamento. Elas podem ser revestidas em uma ou duas faces com papel laminado de baixa pressão (BP), com película de celulose (finish foil), com lâminas de madeira, com laminado de alta pressão, com lâminas pré-compostas, com PVC e outros, podendo apresentar superfície lisa ou com textura e acabamentos de diferentes brilhos e cores.

Características do aglomerado

O tamanho da chapa não depende das dimensões dos troncos de árvores; as partículas de madeira necessárias para a sua produção são provenientes de madeira de reflorestamento, colaborando para a preservação de matas nativas; no processo de fabricação, 95% da árvore são aproveitadas, seja como matéria prima ou biomassa; pode ser utilizados resíduos de madeira da indústria moveleira e da construção civil como matéria prima; e é um material com boa estabilidade dimensional.

Como exemplo, a Tafisa (1995, atualmente Arauco localizada no Paraná) garante que, para uma variação de 1% de umidade no ambiente, ocorrerá, no máximo, uma variação dimensional de 0,3 mm por metro. Como as fibras não estão direcionadas apenas para uma direção, possui resistência mecânica semelhante no sentido da largura e no sentido do comprimento.

O preço por metro cúbico é menor que o preço da madeira maciça, do compensado, e do MDF. Possui baixa resistência à água, e o contato com umidade poderá causar alterações das dimensões por inchamento, redução do desempenho mecânico e degradação, juntando a umidade com o aumento de temperatura este problema se acentua. Para aumentar a resistência do aglomerado à umidade, durante sua produção parte da uréia da resina pode ser substituída por melamina, para a aglutinação das partículas de madeira. Para sua colagem é possível a utilização de todos adesivos compatíveis com madeira maciça, como: uréia formaldeído, PVA – polivinil acetato, cola de contato, resinas fenólicas, etc. Para a pintura do aglomerado é necessária a aplicação de massa niveladora.

O aglomerado não apresenta defeitos característicos da madeira natural, como: nós, fibras reversas, furos causados por insetos, e rachaduras. Não se aconselha a utilização de pregos e pinos para fixação no aglomerado, principalmente se utilizados no topo, são utilizados parafusos especiais de haste reta, rosca soberba e com maior passo, a utilização de dobradiças de fixação no topo, como a dobradiça tipo piano e dobradiça comum. Não são recomendadas, utilizar dobradiças tipo copo.

Usos e aplicações

Indicado para fabricação de móveis (confecção de laterais, portas, tampos, prateleiras etc). A chapa de aglomerado é menos indicada para móveis que fiquem em áreas úmidas da casa, por ter menor resistência à umidade. Em contato frequente com a umidade, com o passar do tempo a chapa costuma esfarelar e apodrecer. Também é utilizado para fabricação de embalagens.

Produção do Aglomerado

Para a produção do aglomerado se utiliza madeira pinus na forma de pequenas toras, costaneiras, cavaco, serragem e outros resíduos e desperdícios de madeira. Todo este material é triturado, ficando na forma de pequenas partículas de geometria variável que são submetidas por um processo de secagem, e depois são classificadas por separação granulométrica. As partículas maiores fazem parte do miolo do aglomerado e as partículas pequenas fazem parte da camada externa, para que se forme uma capa de maior densidade em relação ao miolo, como objetivo de melhorar as propriedades mecânicas da chapa e a resistência à umidade. Estas partículas são transportadas em grande velocidade através de uma tubulação de transporte pneumático, onde será adicionada resina, parafina e outros aditivos através de aspersão, podendo também ser utilizado um misturador de sólidos nessa etapa. Em seguida as partículas são depositadas sobre uma esteira no caso da utilização de prensa contínua, ou sobre tabuleiros metálicos no caso da utilização de prensa de pratos, onde o processo é feito por batelada. Antes da prensagem a quente as partículas passam por uma prensa fria para a formação do colchão de partículas retirando o ar existente entre elas. Na sequência, o colchão de partículas vai para a prensa quente, onde através da aplicação de calor e pressão a resina se polimeriza, ligando as partículas de madeira. A temperatura de prensagem varia entre 150°C e 180°C.

O material obtido é cortado em placas, seguindo para o processo de resfriamento e estabilização. Na estabilização a resina acaba de polimerizar e a placa de aglomerado adquire temperatura e grau de umidade de equilíbrio com o ambiente. Após a estabilização as placas passam por um processo mecânico para garantir acabamento de superfície, e uma espessura de placa correta e uniforme, neste processo, as placas passam por várias cabeças de lixamento de grão progressivamente mais fino, e após o lixamento, as chapas são cortadas nas dimensões finais. As chapas, geralmente, são fabricadas nas dimensões de 2.750 x 1.830 mm ou 2.200 x 1.830 mm, com espessuras de 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 20 mm, 25 mm e 30mm (Tafisa 1995, atualmente Arauco localizada no Paraná), e são vendidas com a superfície crua, ou poderão receber revestimento superficial em lâminas de madeira, película celulósica colorida ou imitando madeira, ou, ainda, revestimento em laminado melamínico de baixa pressão.

2.8 MDP - Medium Density Particleboard

Painel de madeira reconstituída, assim como o MDF, o compensado, o aglomerado e o OSB. Placa de partículas de madeira de média densidade é a evolução tecnológica do aglomerado convencional. As partículas são posicionadas de forma diferenciada, com as maiores dispostas ao centro e as mais finas nas superfícies externas. Utiliza



Fonte: www.santosandira.com.br

partículas menores, mais fechadas e mais compactas que o aglomerado. Por apresentar a camada externa mais fechada, o MDP absorve menos tinta, tem maior estabilidade dimensional do que o aglomerado e ancora melhor os parafusos.

Todas as partículas do MDP são dimensionadas para terem exatamente o tamanho e formato necessário para cada uma das três camadas. São aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética, isso através da ação conjunta de pressão e calor em prensa contínua.

Aplicações e Uso

Indicado para a produção de móveis de linhas retas e orgânicas, que não exijam usinagens em baixo relevo ou entalhes, produção de móveis de escritórios, banheiros, cozinhas, dormitórios, hospitalares, instalações comerciais e divisórias. Ele é indicado também para processos de pintura, impressões que exijam superfícies uniformes e de baixa absorção; revestimentos com papéis Finish Foil (FF), melamínicos (BP), laminados de PVC, laminados de alta pressão (AP), lâminas naturais de madeiras, laminas pré-compostas e outros materiais.

Características do MDP

O Brasil é um grande produtor destes painéis com tecnologia de ponta e matéria-prima de excelente qualidade. Os painéis brasileiros são reconhecidos pelos grandes mercados como os de melhor qualidade mundial. O MPD é o painel de madeira industrializada mais consumido no mundo para fabricação de móveis residenciais e comerciais, seja pela indústria moveleira de larga escala o marceneiros em geral. Utilizada sozinho ou com outros tipos de painéis o móvel que utiliza MDP em sua estrutura será sempre mais econômico e competitivo, comparado com outras matérias-primas.

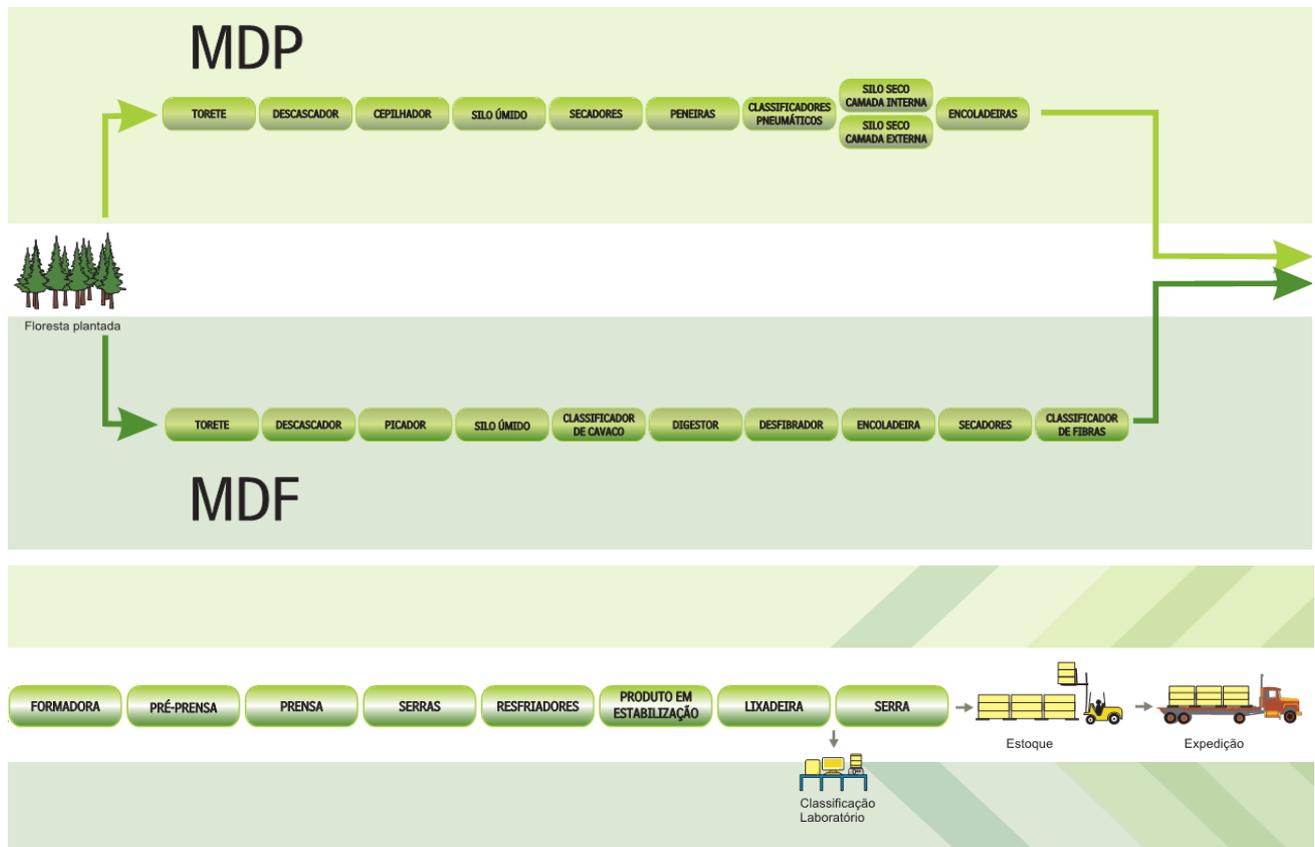
O MDP é um painel industrial homogêneo, com grande uniformidade nas camadas internas e externas e perfeita estabilidade dimensional; as arestas bem compactadas e acabamento de corte sem sinais de partículas soltas; superfície fechada e homogênea, fina e de alta densidade, o que resulta uma menor absorção da umidade; é um painel leve e por ter três camadas é menos suscetível ao empenamento; apresenta ótima fixação de ferragens e resistência ao arrancamento de parafusos.

Visando competitividade do produto final sem perder a qualidade, um móvel deve sempre aliar ao seu design às características técnicas dos painéis disponíveis para a sua fabricação. Por isso tanto MDP quanto MDF devem fazer parte de um móvel bem projetado. Caso exista necessidade de projetos com bases em usinagens baixo relevo ou chapas de espessuras muito finas é necessário utilizar o MDF, e para móveis e projetos de linhas retas, largas e planas, o melhor é utilizar o MDP. Os dois painéis têm resistências semelhantes e o que os diferencia é para que finalidade os produtos seja projetados, e também pela maneira como eles são produzidos, o MDP é formado por partículas de madeira e o MDF é composto por fibras.

O MDP não é indicado para usinagens em baixo relevo ou entalhes e por isso o MDF deve ser

utilizado em conjunto na fabricação do móvel. Em relação ao custo dos dois materiais, o MDP pode chegar até 50% mais barato que o MDF.

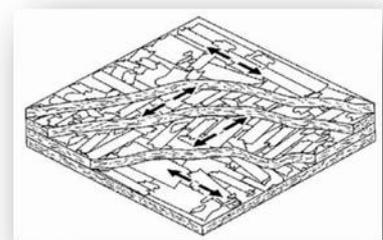
O fluxo de produção dos dois produtos é basicamente o mesmo.



Fonte: www.berneck.com.br

2.9 OSB - Oriented Strand Board

O OSB é uma chapa estrutural de tiras de madeira orientadas perpendicularmente, em diversas camadas, o que aumenta sua rigidez e resistência mecânica, essas tiras são unidas com resinas aplicadas sob altas temperaturas e pressão. É um produto de grande resistência mecânica e as chapas são predominantemente de madeira reflorestada.



Fonte: Covalato, 2007

Composta por partículas tipo strand, longas, largas e finas, com direção orientada na formação do colchão, são unidas por resina fenol formaldeído e parafina, através de pressão e calor. A quantidade de resina utilizada varia entre 3% a 6% em massa, e pode-se também utilizar a resina a base de isocianato. Sua utilização ainda é pequena devido ao custo, porém existe uma tendência de aumento. Alguns fabricantes na Europa utilizam resina melamina uréia formaldeído no miolo da chapa e resina a base de isocianato na parte externa.

As partículas na camada exterior são orientadas paralelamente à formação do painel, enquanto as partículas internas são orientadas perpendicularmente. As partículas são obtidas de madeiras provenientes de troncos tortuosos, e de árvores de baixo valor comercial, contribuindo na redução do custo da chapa, compensando também o maior custo da resina fenólica em relação à uréia formaldeído utilizada em outros tipos de chapa.

Este tipo de chapa possui alta taxa de compactação, a taxa de compactação é dada pela relação entre a densidade da chapa e a densidade da madeira que ela é constituída. Quanto mais compacta maior será esta relação. A alta taxa de compactação é possível em função da utilização de madeiras moles, de baixa densidade, para a fabricação do OSB. A alta razão de compactação resulta em maior área de contato entre as partículas, resultando em melhores propriedades de flexão estática e ligação interna. A densidade de uma chapa de OSB varia entre 600 kg/m³ a 680 kg/m³.

Características do OSB

O tamanho da chapa do OSB não depende das dimensões dos troncos de árvores; as partículas de madeira necessárias para a sua produção são provenientes de madeira de reflorestamento, colaborando para a preservação de matas nativas; no processo de fabricação, 95% da árvore são aproveitadas, seja como matéria prima ou biomassa; é um material com boa resistência físico mecânica, pois possui fibras cruzadas, permitindo uma resistência mecânica semelhante no sentido da largura e no sentido do comprimento; possui boa estabilidade dimensional e propriedades termo acústicas; sua superfície é resistente a impactos, e é um material resistente ao ataque de cupins.

O OSB permite a execução de usinagens de topo e superfície, sendo estas as características que promoveram o OSB a um dos principais materiais utilizados para a fabricação de casas de madeira nos Estados Unidos, Canadá e Europa. Ele ainda possui ótima resistência ao arranque de parafusos, permitindo a utilização de parafusos comuns. Para colagem é possível a utilização de todos adesivos compatíveis com madeira maciça, tais como uréia formaldeído, PVA – polivinil acetato, cola de contato, resinas fenólicas, etc. O OSB não apresenta defeitos característicos da madeira natural, tais como nós, fibras reversas, furos causados por insetos, e rachaduras, tendo como desvantagem sua aparência, apesar de possuir espessura calibrada sua superfície não é lisa, necessitando a utilização de massa niveladora para a sua pintura.

Aplicação e uso

Sendo o Brasil pioneiro na utilização de chapas para a produção de móveis, principalmente em sofás e poltronas, também tem aplicação pode ser em portas revestidas, barras de camas, tampos de mesas, assentos de cadeiras, estrados de camas, estruturas de estofados, painéis decorativos, além de displays, gabinetes para máquina de costura, tábuas de passar roupa, carrocerias de furgões (parte interna) e embalagens industriais.

Na construção civil o OSB é usado em pisos, forros, tetos, paredes, vigas, fôrmas de concreto, tapumes, canteiros de obras, tablados, batentes de portas e portas almofadadas. Não é recomendável usar o painel em lugares expostos à ação direta de água ou em ambientes com muita umidade.

2.10 PAINÉIS ESTRUTURAIS

Tamburato

Nome dado aos painéis compostos internamente de uma colméia de papel e chapa dura nas faces externas. A composição tradicional é um quadro de madeira maciça preenchido com a colméia de papel e recoberto por chapa dura nas duas faces. O quadro de madeira serve para a fixação de ferragens de montagem e sistemas de articulação. Atualmente, em muitos casos, o quadro de madeira é dispensado e o conjunto utiliza bordas estruturadas e ferragens especiais para esse produto.

O painel tamburato é um produto leve, resistente e estável, utilizado tradicionalmente para fabricação de portas internas residenciais e cada vez mais, em móveis, nos tampos, laterais e portas.

Colméia ou favo

A colméia é um produto criado a partir da colagem intercalada de papel, formando uma malha de forma celular e uniforme. Esse produto é a base para a fabricação do painel tamburato.

A matéria-prima utilizada é: silicato de sódio neutro, usado para a colagem das colméias. Produto de alta resistência de coluna. Fundamental para a estruturação da colméia, produto solúvel em água, biodegradável e não tóxico; e papel miolo, papel semikraft e papel kraft, usados de acordo com a necessidade de resistência de coluna da colméia no produto no qual vão ser utilizados.

Na produção de tampos e outros componentes para móveis, a colméia proporciona considerável economia, em virtude da substituição da madeira e da racionalização do processo produtivo. Em virtude do seu baixo peso específico, a colméia proporciona uma redução de até 70% no peso dos painéis de maior espessura. Ela proporciona também redução de tempo de manuseio e possibilidades de avarias no processo produtivo e na entrega dos produtos, além da redução considerável do custo final de transporte.

Além de sua elevada resistência mecânica, suportando uma pressão de até 2,5 ton/m² ou 2,5 Kg/cm², a colméia também possui grande estabilidade dimensional, o que, pela sua forma celular uniforme, elimina a possibilidade de empenamento do produto em que está sendo aplicada. A colméia - ou favo - serve de enchimento na produção de painéis divisórios, portas internas e painéis para móveis, placas para embalagem e placas para base de pallets de papel, contentores de alta resistência para embalagem de produtos frágeis e outros. Além disso, possui versatilidade para o desenvolvimento de outros tipos de embalagem.

2.11 REVESTIMENTOS

As Lâminas

Lâminas de Madeiras

São peças entre 0,8 milímetros e 3 milímetros de espessura, com várias larguras e comprimentos. As lâminas de madeiras servem para fabricar compensados e/ou revestir chapas de compensados, MDF, aglomerado e chapas duras de fibras. Podem ser feitas de duas maneiras: em um torno desfolhador ou em uma guilhotina vertical ou horizontal.

Lâminas Torneadas

As lâminas fabricadas em um torno desfolhador saem a partir do tronco da árvore preso entre pontas no torno, de modo que este gira e desliza sobre uma navalha fixada em determinado ângulo. Essas lâminas são obtidas por desenrolamento contínuo das toras. Isto é, a tora é colocada entre as pontas de um torno que faz o tronco girar, encostando-se nele uma faca, ou navalha de aço, em posição tangencial, em um ângulo determinado que corta a tora em lâminas, num processo contínuo. Nesse processo, normalmente se depositam previamente os troncos em um tanque de vapor para amolecer as fibras da madeira, a fim de facilitar a operação de fabricar as lâminas. As lâminas torneadas são usadas principalmente para a fabricação das partes internas do compensado.

Lâminas Faqueadas

A tora é dividida em blocos, permitindo a obtenção do desenho das fibras da madeira. A peça selecionada, previamente abrandada em banho de água quente ou vapor, é segurada por garras e levada até uma navalha cortante, num movimento vertical ou horizontal. Seu avanço é automático e ajustável, permitindo obter lâminas de diferentes espessuras, determinadas pela natureza da madeira. Utilização das lâminas faqueadas. As lâminas faqueadas de madeira são usadas no revestimento de compensados, de chapas de MDF e de aglomerado.

Lâminas pré-compostas

São lâminas formadas a partir da colagem de várias lâminas de madeiras reflorestadas, em uma prensa. São usadas para revestir e decorar chapas de compensado, MDF, aglomerado e chapas duras de fibras.

Passos para composição das lâminas

A colagem das lâminas forma blocos de várias dimensões e tonalidades de cores com desenhos variados, que podem imitar madeiras nobres e rústicas (padrão cujo termo parte de “raiz da árvore”). Os blocos são formados por um conjunto de folhas de lâminas previamente preparadas e prensadas com resinas especiais. Depois, as folhas são estabilizadas por tempo suficiente para garantir sua resistência. Após, são faqueadas em uma máquina (que pega os blocos e fatia em lâminas).

Vantagens das lâminas pré-compostas

As lâminas são uniformes quanto à sua tonalidade de cor, desenho das fibras e dimensões, facilitando o aproveitamento na montagem e colagem das chapas. Também pode facilitar o complemento de um projeto do cliente em diferentes períodos de tempo, pelo fato de as lâminas serem produtos padronizados.

Marchetaria

Trabalho em madeira que consiste em embutir ou aplicar peças recortadas de madeira, marfim, metal e/ou de outros materiais de diversas cores sobre peça de marcenaria, formando desenhos variados.

Os Sintéticos

Produzidos a partir da impregnação de materiais celulósicos com resina termoestável, formando um conjunto prensado por meio de calor e alta pressão, os laminados são encontrados no mercado em vários tipos. Esses revestimentos podem ou não ser incorporados às chapas na própria usina, ou depois, na fase de transformação. Nesse grupo encontram-se os acabamentos: melamínico de baixa pressão, mais conhecido com BP; Finish Foil (FF); PVC; lâmina de madeira natural; hot stamping, ou laminado plástico de alta pressão (AP), conhecido pela marca Fórmica, que é um material sintético isolante.

Também podem ser compostos de filme de PVC com reforço de poliéster ou polipropileno. Eles são utilizados em revestimentos de estofados em geral e chapas de MDF, aglomerado, chapa dura e compensado, usados na fabricação de móveis.

Laminados de alta pressão (AP)

São papéis impregnados destinados à fabricação de laminados plásticos de alta pressão, constituindo sua camada decorativa. Obtido por prensagem a quente sob pressão, normalmente entre 70 a 80 kg/cm², daí a denominação de laminado de alta pressão. Sua composição baseia-se na impregnação de materiais celulósicos com resinas termoestáveis, formando um conjunto que será prensado por meio de calor e de alta pressão. Possui grande resistência ao desgaste, ao calor, ao impacto e a manchas. Sua superfície aparente pode apresentar grande variedade em termos de padrões de desenho, cores e texturas.

São usados no revestimento de móveis como: tampos, portas, laterais e prateleiras, principalmente em móveis de cozinha e banheiro. Encontram-se no mercado em diversas cores, padrões madeirados e padrões fantasia (mármore, granito).

Postforming

É um laminado decorativo de alta pressão, termomoldável. Possui a propriedade de poder ser curvado quando aquecido em equipamento específico. É usado em componentes de móveis, tais como tampos e portas que exijam bordas arredondadas.

Existe no mercado um laminado decorativo de alta pressão composto de papel decorativo da mesma cor (face e miolo), impregnado com resina melamínica, que faz desaparecer a linha escura entre o substrato e revestimento do móvel.

Finish foil

O FF é constituído de uma película celulósica do tipo finish foil (“folha de acabamento”). Geralmente é oferecido em padrões madeirados, unicolores ou fantasia. Esse tipo de revestimento é colado à superfície de um substrato, como aglomerado ou MDF, sob ação conjunta de resina, calor e pressão, aderindo fortemente a ele.

O revestimento finish foil é produzido através da pintura de bobinas de papel com tintas apropriadas, pelo sistema de pintura em rotogravura ou flexogravura. Os tipo de papéis mais utilizados são o 60 g/m² e o 30 g/m², sobre os quais são aplicadas as tintas para produzir o padrão de cor desejado, reproduzindo o efeito madeirado ou simplesmente padrões unicolores. Em seguida, o papel pintado recebe um acabamento intermediário (FF reenvernizável) ou recebe o acabamento final. Neste caso são mais comuns os acabamentos acrílico-melamínico e com cura UV.

BP - Baixa Pressão

São papéis destinados à fabricação de laminados plásticos de baixa pressão, constituindo sua camada decorativa. É um laminado melamínico de baixa pressão que, por efeito de prensagem a quente, faz o laminado se fundir à superfície de uma chapa (como aglomerado ou MDF).

PVC

É um material sintético (um tipo de plástico especial). Apresenta-se na forma de filmes enrolados com espessuras que variam em função da finalidade e aplicação. O PVC é aplicado sobre um substrato (chapa), aglomerado ou MDF, com usinagens previamente definidas, dando o perfil desejado das bordas ou detalhando molduras ou almofadas nas faces das peças. Esse revestimento é colado sobre a peça, com adesivos vinílicos ou de contato, em uma prensa de membrana. É colado na peça (fundido) em uma única operação, revelando com detalhes as usinagens executadas nas bordas ou nas faces, representando um painel “almofadado”.

No caso de painéis revestidos com PVC, o usuário poderá encontrá-lo na forma final de portas ou frentes de gavetas. Esses painéis são produzidos por empresas especializadas e podem ser encontrados em revendas e algumas lojas especializadas em componentes para móveis.

PET

Polietileno Tereftalato, ou PET, é um poliéster, polímero termoplástico ou plástico. Assim como o PVC, o PET é utilizado principalmente para o revestimento de peças do mobiliário, como portas de armários e frentes de gavetas, podendo possuir usinagens do tipo almofadas. É fornecido na forma de filme plano, em rolos com espessuras e cores variadas, de acordo com a aplicação. Também

está disponível no mercado fitas de bordas em rolos.

Recouro

É feito a partir de fibras do couro natural. Utiliza aparas de couro pré-selecionadas, que são processadas e transformadas em material contínuo. É considerado produto ecológico, porque reaproveita sobras das indústrias do couro. É um material versátil, que pode ser utilizado em cadeiras, mesas, roupeiros, camas, “home theaters” e em peças de decoração como tapetes, luminárias, retratos, caixas, bandejas, espelhos, etc. O recouro oferece uma grande diversidade de texturas e cores e pode ser trabalhado em diferentes espessuras, conforme a necessidade de cada móvel.

Minerais

Granito

O granito é uma rocha ígnea de grão grosseiro, composta essencialmente por quartzo e feldspatos alcalinos, tendo, como minerais acessórios frequentes, biotite, moscovite ou anfíbolos. É utilizado como rocha ornamental na construção civil e, na indústria moveleira, como tampos de móveis. Para o setor de pedras ornamentais e de revestimento, o termo granito designa um amplo conjunto de rochas silicatadas, abrangendo monzonitos, granodioritos, charnockitos, sienitos, dioritos, doleritos, basaltos e os próprios granitos.

Macroscopicamente, o quartzo é reconhecido como mineral incolor, geralmente translúcido, muito comum nos granitos. Composição, textura e estrutura representam assim parâmetros de grande importância para a caracterização de granitos.

Na indústria de móveis, é comum em bancadas e rodapés de cozinha e banheiros, tampos de mesas de jantar, mesas de centro e outros. Características: mais duros e resistentes a ataques químicos do que os mármore; mais resistentes à absorção de água e a desgaste abrasivo; indicados para áreas externas ou internas, inclusive em cozinhas e lavanderias; muito utilizados em áreas comerciais.

Mármore

É uma rocha metamórfica originada de calcário exposto a altas temperaturas e pressão. Por esse motivo, as maiores jazidas de mármore são encontradas em regiões de rocha matriz calcária e atividade vulcânica. Comercialmente são classificadas como mármore todas as rochas carbonáticas capazes de receber polimento. A composição mineralógica depende da composição química do sedimento e do grau metamórfico. Dessa forma, possuem uma variedade de cores, texturas e estruturas que as tornam bastante rentáveis na indústria de rochas ornamentais.

No Brasil, as maiores concentrações de mármore estão no Estado do Espírito Santo, o maior produtor de rochas ornamentais do país. O mármore é uma rocha explorada para uso em construção civil, no revestimento de pisos e fachadas, mas também é utilizado em móveis, como tampos.

Características: possuem veios mais evidentes e menos brilho que granitos; são mais moles e

menos resistentes que os granitos; são suscetíveis a manchas e desgaste; são indicados para pisos internos de salas, halls e quartos. São muito usados em banheiros e demais ambientes sociais.

Como distinguir mármore de granito

O método mais simples é riscando a superfície lisa da rocha com metal: o mármore é riscado e o granito não. Esse fato se dá em função da dureza relativa dos minerais constituintes das rochas. Os mármore são constituídos principalmente por calcita (mineral de dureza 3 na escala de Friedrich Mohs), portanto podem ser riscados por metal.

Os granitos são constituídos principalmente por feldspato e quartzo (minerais de dureza 6 e 7, respectivamente) e não podem ser riscados pelo metal, mas riscam o vidro e são riscados por outro mineral de dureza superior.

Os travertinos são rochas calcárias de sedimentações químicas, formadas pela combinação de bióxido de carbono com carbonato de cálcio em solução.

3. METAIS

A História dos Metais

Considerada a última fase do Neolítico, a Idade dos Metais marca o início da dominação dos metais por parte das primeiras sociedades sedentárias da Pré-História. A importância de se ressaltar esse tipo de descoberta humana é que a utilização dos metais foi de fundamental importância para algumas das sociedades que surgiram durante a Antiguidade.

Através do domínio de técnicas de fundição, o homem teve condições de criar instrumentos mais eficazes para o cultivo agrícola, derrubada de florestas e a prática da caça. Além disso, o domínio sobre os metais teve influência nas disputas entre as comunidades que competiam pelo controle das melhores pastagens e áreas férteis. Dessa maneira, as primeiras guerras e o processo de dominação de uma comunidade sobre outra contou com o desenvolvimento de armas de metal.

Hoje é praticamente impossível encontrar alguma área da atividade humana na qual o metal não esteja presente e intimamente ligado ao desenvolvimento. Mas, para isso, o homem percorreu um longo caminho: o ouro teria sido o primeiro metal a ser usado, aproximadamente 8.000 anos antes de Cristo. Ele é um metal encontrado em estado puro na natureza e não necessita de processo de beneficiamento. Seu brilho foi o que, provavelmente, chamou a atenção de nossos antepassados. Contudo, apesar de ser facilmente trabalhável devido a suas propriedades (alta ductilidade, baixa dureza e baixa resistência mecânica), essas mesmas propriedades impediram que o material fosse usado para finalidades práticas, como a fabricação de armas e ferramentas.

O primeiro tipo de metal utilizado que foi usado como matéria-prima tanto para objetos de adorno quanto para ferramentas foi o cobre. Os livros de História nos ensinam que, 7.000 anos antes de Cristo, o homem já fazia experiência com esse metal em um lugar hoje chamado Anatólia, lá na antiga União Soviética. Por acaso, os primeiros artesãos descobriram que, apesar de bastante dúctil e maleável, o cobre ficava mais duro quando martelado com outra ferramenta. Descobriu também que era fácil soldá-lo com ele mesmo e que, assim, era possível construir ferramentas mais complexas.

Além disso, o cobre liga-se facilmente a outros metais. Assim, naturalmente e embora também por acaso, o homem descobriu a primeira liga que continha como base o cobre e ao qual se acrescentava arsênico. Parece que um caçador distraído fundiu sem querer na fogueira do seu acampamento esses dois materiais que estavam ali juntos, no chão.

O resultado foi um metal muito mais duro e resistente do que o cobre puro. O homem percebeu isso e passou a preferir essa liga ao metal puro. Com o passar dos anos o estanho também foi utilizado como outro recurso na fabricação de armas e utensílios. Com a junção desses dois metais, por volta de 3000 a.C., tivemos o aparecimento do bronze. Só mais tarde é que se tem notícia da

descoberta do ferro. Manipulado por comunidades da Ásia Menor, cerca de 3500 a.C., o ferro teve um lento processo de propagação. Isso se deu porque as técnicas de manipulação da liga de ferro eram de difícil aprendizado. O homem da Antiguidade conhecia esse metal como o “Metal do Céu” ou o “Metal das Estrelas”, talvez porque o ferro que ele usava naquela época fosse retirado de meteoritos.

Esse homem trabalhava o ferro por uma técnica chamada forjamento, na qual o metal é aquecido até ficar incandescente, ou seja, até ficar vermelho, e martelado até atingir a forma desejada. Assim, não era necessário fundir o metal, pois essa técnica ele ainda não dominava.

Mais tarde, por volta do ano 1000 a.C. na China, foram construídos os primeiros fornos de redução do minério de ferro para a produção de aço e, depois, de ferro fundido. Essa tecnologia, de fundição bem sofisticada, foi desenvolvida, independentemente, na Europa só muito



Fonte: Telecurso 2000. Materiais

mais tarde, no século XIV.

Depois, a partir da segunda metade do século XIX, com o desenvolvimento do alto-forno e o descobrimento do processo de diminuição do carbono do ferro-gusa, foi possível obter o ferro fundido e o aço em grandes quantidades. A partir daí, o caminho estava aberto para todas as utilizações desses materiais que se fazem hoje.

Contando com sua utilização, observamos que a maior resistência dos produtos e materiais metálicos teve grande importância na consolidação das primeiras grandes civilizações do Mundo Antigo. Assim, o uso do metal pôde influenciar tanto na expansão, como no desaparecimento de determinadas civilizações.

A Idade do Ferro se refere ao período em que ocorreu a metalurgia do ferro. Este metal é superior ao bronze em relação à dureza e abundância de jazidas. A Idade do Ferro vem caracterizada pela utilização do ferro como metal, utilização importada do Oriente através da emigração de tribos indo-europeias (celtas), que a partir de 1.200 a.C. começaram a chegar a Europa Ocidental, e o seu período alcança até a época romana e na Escandinávia até a época dos Vikings (por volta do ano 1.000 d.C.). O período da Idade do Ferro é dividido em período da cultura de Hallstatt e período da cultura de La Tène.

Na Europa Central, a Idade do Ferro se divide em quatro períodos:

- Cultura dos Túmulos.
- Cultura dos Campos de Urnas (1.200-725 a.C.)
- Cultura de Hallstatt (800-450 a.C.)
- Cultura de La Tène (de 450 a.C. até à conquista romana).

Na Alemanha os historiadores diferenciam uma Idade do Ferro entre pré-romana e outra romana (cultura de Jastorf).

Em Portugal, então parte da Hispânia, a Idade do Ferro é essencialmente dominada pela ocupação do território pelo Império Romano, embora possamos depender da divisão do período em Idade do Ferro I e Idade do Ferro II, como o fez Armando Coelho na sua obra *Cultura Castreja*.

3.1 O FERRO

O ferro é um metal muito utilizado pelas indústrias. É encontrado na natureza na forma de minério. O minério de ferro apresenta-se nas jazidas misturado com impurezas e terra.

Após passar por um processo de limpeza e purificação, o minério de ferro é levado para fornos de alta temperatura nas siderúrgicas. Neste processo ele é transformado em ferro gusa, de consistência dura, porém quebradiça.

O ferro gusa pode passar por outros processos especiais até ser transformado em aço (liga metálica de ferro e carbono). O aço tem a vantagem de ser flexível, portanto é muito utilizado na fabricação de automóveis, eletrodomésticos, etc.

Curiosidade

- O ferro possui número atômico 26.
- O minério de ferro é uma das principais commodities produzidas e exportadas pelo Brasil.

3.2 O AÇO

Aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variando entre 0,008 e 2,11%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%.

A diferença fundamental entre ambos é que o aço, pela sua ductibilidade, é facilmente deformável por forja, laminação e extrusão, enquanto que uma peça em ferro fundido é muito frágil.

O aço pode ser classificado da seguinte maneira: Quantidade de carbono; Composição química; Quanto à constituição microestrutural; Quanto à sua aplicação.

A classificação mais comum é de acordo com a composição química, dentre os sistemas de classificação química o SAE é o mais utilizado, e adota a notação ABXX, em que AB se refere a elementos de liga adicionados intencionalmente, e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por cem.

Além dos componentes principais indicados, o aço incorpora outros elementos químicos, alguns prejudiciais, provenientes da sucata, do mineral ou do combustível empregue no processo de fabricação, como o enxofre e o fósforo. Outros são adicionados intencionalmente para melhorar algumas características do aço para aumentar a sua resistência, ductibilidade, dureza ou outras características, ou também para facilitar algum processo de fabricação, como usinabilidade, como é o

caso de elementos de liga como o níquel, o cromo, o molibdênio e outros.

No aço comum o teor de impurezas (elementos além do ferro e do carbono) estará sempre abaixo dos 2%. Acima dos 2 até 5% de outros elementos já pode considerado aço de baixa-liga, acima de 5% é considerado de alta-liga. O enxofre e o fósforo são elementos prejudiciais ao aço pois acabam por intervir nas suas propriedades físicas, deixando-o quebradiço. Dependendo das exigências cobradas, o controle sobre as impurezas pode ser menos rigoroso ou então podem pedir o uso de um anti-sulfurante como o magnésio e outros elementos de liga benéficos. Existe uma classe de aços carbono, conhecida como aços de fácil usinabilidade, que contém teores mínimos de fósforo e enxofre. Estes dois elementos proporcionam um melhor corte das ferramentas de usinagem, promovendo a quebra do cavaco e evitando a aderência do mesmo na ferramenta. Estes aços são utilizados quando as propriedades de usinabilidade são prioritárias, em relação às propriedades mecânicas e microestruturais, (peças de baixa responsabilidade).

O aço inoxidável é um aço de alta-liga com teores de cromo e de níquel em altas doses (que ultrapassam 20%.) os aços inoxidáveis podem ser divididos em três categorias principais: aços inoxidáveis austeníticos, os quais contêm elevados teores de cromo e níquel, os aços inoxidáveis martensíticos, que contêm elevado teor de cromo, com baixo teor de níquel e teor de carbono suficiente para se alcançar durezas médias ou altas no tratamento térmico de têmpera, e os aços inoxidáveis ferríticos, que contêm elevado teor de cromo e baixos teores de níquel e carbono. Este último e o tipo austenítico não podem ser temperados.

O aço é atualmente a mais importante liga metálica, sendo empregada de forma intensiva em numerosas aplicações tais como máquinas, ferramentas, em construção, etc. Entretanto, a sua utilização está condicionada a determinadas aplicações devido a vantagens técnicas que oferecem outros materiais como o alumínio no transporte por sua maior leveza e na construção por sua maior resistência a corrosão, o cimento (mesmo combinado com o aço) pela sua maior resistência ao fogo e a cerâmica em aplicações que necessitem de elevadas temperaturas.

Atualmente emprega-se o aço devido a sua nítida superioridade frente às demais ligas considerando-se o seu preço. Já que:

- Existem numerosas jazidas de minerais de ferro suficientemente ricas, puras e fáceis de explorar, além da possibilidade de reciclar a sucata.
- Os procedimentos de fabricação são relativamente simples e econômicos, e são chamados de aciaria. Os aços podem ser fabricados por processo de aciaria elétrica, onde se utiliza eletrodos e processo de aciaria LD, onde se utiliza sopro de oxigênio no metal líquido por meio de uma lança.
- Apresentam uma interessante combinação de propriedades mecânicas que podem ser modificados dentro de uma ampla faixa variando-se os componentes da liga e as suas quantidades,

mediante a aplicação de tratamentos.

- A sua plasticidade permite obter peças de formas geométricas complexas com relativa facilidade.
- A experiência acumulada na sua utilização permite realizar previsões de seu comportamento, reduzindo custos de projetos e prazos de colocação no mercado.

Tal é a importância industrial deste material que a sua metalurgia recebe a denominação especial de siderurgia, e a sua influência no desenvolvimento humano foi tão importante que uma parte da história da humanidade foi denominada Idade do Ferro, que se iniciou em 3500 a.C., e que, de certa forma, ainda perdura.

Tratamento Aplicado ao Aço

A têmpera (tratamento térmico) faz com que aumentem os limites de resistência e de escoamento e diminuam o alongamento e a resistência no impacto. Geralmente, depois da têmpera, faz-se um revenido que reduz um pouco os limites da resistência, mas melhora muito a tenacidade. O tratamento a frio aumenta os limites de resistência e de escoamento mas diminui o alongamento e o material se torna menos dúctil.

Normas de Aplicação

- NBR 5889 - Aço fundido e ferro fundido – Coleta de amostras – Método de ensaio
- NBR 6152 – Matérias metálicas – Determinação das propriedades mecânicas a tração – Método de ensaio
- NBR 6157 – Matérias metálicas – Determinação de resistência ao impacto em corpo-de-prova entalhados simplesmente apoiados – Método de ensaio
- NBR 6215 – Produtos siderúrgicos – Terminologia
- NBR 6444 – Ensaio não destrutivo – Terminologia
- NBR 6645 – Peça bruta de aço fundido – Afastamento dimensionais – Padronização
- NBR 8653 – Metalografia e tratamentos térmicos e termoquímicos das ligas ferro carbono – terminologia

Classificação dos Aços

A definição de aço proposta acima permite uma distinção entre os aços carbono comuns e os aços ligados:

1. Aço-carbono são ligas de Ferro-Carbono contendo geralmente de 0,008% até 2,11% de carbono, e certos elementos residuais resultantes dos processos de fabricação. Subdividem-se em:
 - 1.1 Aços de baixo teor de carbono, com $[C] < 0,3\%$, são aços que possuem grande ductilidade,

bons para o trabalho mecânico e soldagem (construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras e peças de grandes dimensões em geral). Não temperáveis.

1.2 Aços de médio carbono, com $0,3 < [C] < 0,7\%$, são aços utilizados em engrenagens, bielas, etc.. São aços que, temperados e revenidos, atingem boa tenacidade e resistência

1.3 Aços de alto teor de carbono, com $[C] > 0,7\%$. São aços de elevada dureza e resistência após a tempera, e são comumente utilizados em molas, engrenagens, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, pequenas ferramentas, etc.

2. Aço-liga são os aços carbono que contém outros elementos de liga, ou apresenta os elementos residuais em teores acima dos que são considerados normais. Podem ser subdivididos em:

2.1 Aços de baixo teor de ligas, contendo menos de 8% de elementos de liga

2.2 Aços de alto teor de ligas, com elementos de liga acima de 8%

3.3 O AÇO INOXIDÁVEL

Aço inoxidável é a designação para todos os tipos de aço que foram fundidos usando métodos especiais, e que possuem um alto grau de pureza e que reagem de forma uniforme aos tratamentos térmicos previstos. Desta definição deduz-se que os aços inox não necessariamente se limitam aos aços ligados ou altamente ligados. Não obstante, na abordagem à continuação limitamo-nos aos aços altamente ligados com um teor de cromo mínimo de 10,5%.

Classificação dos Aços Inoxidáveis altamente ligados

Os aços inoxidáveis altamente ligados deixam-se classificar da seguinte forma em função da sua micro-estrutura:

- Aços inoxidáveis ferríticos;
- Aços inoxidáveis martensíticos;
- Aços inoxidáveis austenítico;
- Aços inoxidáveis ferríticos- austeníticos (aços duplex).

Chapas

Existem chapas inoxidáveis planas, fornecidas de acordo com as normas, laminadas a frio e laminadas a quente. As espessuras-padrão poderão variar de 0,40 mm a 50,80 mm. São fornecidas em bobinas, tiras em rolo, tiras planas e chapas.

Tubos

Os padrões de espessura de parede podem variar de 1,00 a 3,68 mm, e os diâmetros, de 19,05 a 101,60 mm. Os tubos têm superfície com poder superior de limpeza e assepsia; baixa rugosidade; e boa soldabilidade. Existem tubos de seção circular, tubos quadrados e retangulares.

A versatilidade de condições de uso dos tubos e chapas inoxidáveis estende-se a uma série de segmentos estruturais, industriais e de arquitetura, ex.: fachadas de prédios, mobiliário, utensílios domésticos, decoração de interiores, e, no campo da arte, abrem novas possibilidades de uso.

Ideal para ambientes que requerem higiene e assepsia, o aço inoxidável apresenta excelente desempenho em cozinhas industriais, equipamentos hospitalares, indústrias químicas, farmacêuticas, de alimentos e de bebidas. A eficiência e capacidade de resistir ao tempo fazem do inox alternativa para a indústria automobilística, moveleira, petroquímica, alcooleira, para instalações prediais de água quente e fria, tanques de armazenamento, entre outros.

Principais atributos do Aço Inox: alta resistência à corrosão; resistência mecânica elevada; facilidade de limpeza; baixa rugosidade superficial; facilidade de união; formas variadas; aparência higiênica; material inerte; facilidade de conformação; forte apelo visual (modernidade, leveza e prestígio); baixo custo de manutenção.

Aramados

São acessórios fabricados em arames de aço, destinados a completar e organizar os ambientes internos dos móveis. São aplicados nos mais diversos tipos de móveis e ambientes tais como: cozinhas, banheiros, dormitórios, etc.

3.4 TIPOS DE LIGAS

Uma liga metálica é uma mistura com propriedades específicas que contem ao menos dois elementos metálicos como latão (cobre e zinco), aço (ferro, carbono e outros), aços inoxidáveis, etc.

Essas ligas podem ser classificadas em basicamente dois tipos: ligas ferrosas e não ferrosas.

3.4.1 Ligas Ferrosas

São aquelas onde o ferro é o constituinte principal. Essas ligas são importantes como materiais de construção em engenharia. As ligas ferrosas são extremamente versáteis, no sentido em que elas podem ser adaptadas para possuir uma ampla variedade de propriedades mecânicas e físicas. A desvantagem dessas ligas é que elas são muito suscetíveis à corrosão.

Aços são ligas ferro-carbono que podem conter concentrações apreciáveis de outros elementos de liga. As propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono, é normalmente inferior a 1%.

Aços com baixo teor de carbono, essas ligas contem geralmente menos que 0,25% de C. como consequência essas ligas são moles e fracas, porém possuem uma ductilidade e uma tenacidade excepcionais; além disso, são usináveis soldáveis e, dentre todos os tipos de aço, são os mais baratos de serem produzidos. Aplicações típicas para este tipo de liga incluem os componentes de carcaças de automóveis e chapas usadas em tubulações, edificações e latas estanhadas.

Aços com médio teor de carbono: esses aços possuem concentrações de carbono

aproximadamente de 0,25 e 0,60% de carbono. As maiores aplicações destas ligas se encontram em rodas de trens, engrenagens, virabrequins e outras peças de alta resistência que exigem uma combinação de elevada resistência, resistência à abrasão e tenacidade.

Aços com alto teor de carbono: esses aços apresentam em média uma concentração de carbono e 0,60 a 1,4%p. são mais duros, mais resistentes e, porém, os menos dúcteis dentre todos os aços de carbono. Esses aços são usados geralmente como ferramentas de corte, bem como para a fabricação de facas, laminas de serras para metais, molas e arames com alta resistência.

3.4.2 Ligas não Ferrosas

São ligas que não possuem como constituinte principal o elemento ferro.

Ligas de cobre: o cobre, quando não se encontra na forma de ligas, é tão mole e dúctil que é muito difícil de ser usinado. As ligas de cobre mais comuns são os latões, onde o zinco, na forma de uma impureza substitucional, é o elemento de liga predominante. Ligas de cobre-zinco com concentrações aproximadamente de 35%p de zinco são relativamente moles, dúcteis e facilmente submetidos à deformação plástica a frio. As ligas de latão que possuem um maior teor de zinco são mais duras e mais resistentes.

Os bronzes são ligas de cobre com vários outros elementos, incluindo o estanho, alumínio, o silício e o níquel. Essas ligas são relativamente mais resistentes do que os latões, porém ainda possui um elevado nível de resistência a corrosão.

Alguns outros exemplos de ligas não ferrosas são as ligas de alumínio, que são caracterizadas por uma densidade relativamente baixa, condutividade elétrica e térmica elevada, e uma resistência à corrosão em alguns ambientes comuns, com a atmosfera ambiente.

Liga de magnésio é caracterizada pela baixa densidade do magnésio que é a mais baixa dentre todos os metais estruturais; dessa forma suas ligas são usadas onde um peso leve é considerado importante, como por exemplo, em componentes de aeronave.

Características dos Metais

A maioria dos metais é sólido a temperatura ambiente (25°C), com exceção do mercúrio (Hg), que é o único metal encontrado na natureza em estado líquido, possui cor prateada e um brilho característico. Os ametais são mais abundantes na natureza do que os metais, mais os metais de fato constituem a maioria da tabela periódica.

As principais características dos metais são:

Maleabilidade: Capacidade que os metais tem de produzir laminas e chapas muito finas

Ductibilidade: Se aplicarmos uma pressão adequada em regiões específica na superfície de um metal, esse pode se transformar em fios e laminas.

Condutibilidade: Os metais possuem a capacidade de conduzir corrente elétrica e calor de 10

a 100 vezes mais rápido que outras substâncias.

Brilho: OS elétrons livres localizados na superfície dos objetos de metal absorvem e irradiam a luz, por isso os objetos metálicos quando polidos, apresentam um brilho característico.

Aplicações dos metais

Tipos	Aplicações
FERROSOS	
Ferro	Utensílios domésticos, ferramentas, peças de automóveis estruturas de edifícios, latas de alimentos e bebidas;
NÃO-FERROSOS	
Alumínio	Latas de bebidas, esquadrias;
Cobre	Cabos telefônicos e enrolamentos elétricos, encanamentos;
Chumbo	Baterias de carros, lacres;
Níquel	Baterias de celular;
Zinco	Telhados, Baterias;
Aço inoxidável	Produtos que necessitem maior resistência à corrosão
Folha-de-flandres (lata)	Produtos que necessitem maior resistência à agentes químicos, ótima soldabilidade e boa aparência
Chapas galvanizadas de aço (revestidas com zinco)	Mais resistente que a Folha-de-Flandres com as mesmas aplicações
Chapas pretas de aço	Existem chapas lisas e grossas (de acordo com o processo de laminação). Aplicações industriais como assoalhos de ônibus, degraus de escada, automóveis, etc
Fios e barras redondos de aço	Concreto armado
Aço redondo recruado	São usados os aços comuns, mas por torção ou prensagem, os cristais são deformados e adquirem maior resistência à tração
Aço p/ armadura de protensão	Barras, fios, cordões e cordas de aço destinado à armadura de protensão. Obs: A protensão pode ser definida como o artifício de introduzir, numa estrutura, um estado prévio de tensões, de modo a melhorar sua resistência ou seu comportamento, sobre ação de diversas solicitações.
Arames e telas de aço	Os arames são finos fios de ferro laminado, galvanizado ou não. As telas são malhas fortes de arame

Fonte: www.recicloteca.org.br

Fique sabendo

Devida à sua plasticidade, as ligas podem ser transformadas em peças decorativas, elementos estruturais, portas, esquadrias, pisos, grades, entre outros.

Apesar de ser grande produtor e exportador de aço, o Brasil não possui tradição quando se fala no uso desse material na construção civil. Ao contrário do que acontece nos países desenvolvidos, onde a tecnologia para uso do metal desenvolve-se desde antes da virada do século (Torre Eiffel).

Os metais usados na arquitetura são aço e alumínio. O alumínio dá forma às esquadrias,

janelas, portas, coberturas e fachadas; não sendo utilizado como elemento estrutural em função de seu custo elevado e de sua baixa capacidade de sustentação. Já o aço, além de esquadrias em geral, está presente também na estrutura, seja na forma de vergalhões - o esqueleto do concreto armado - ou como colunas, pilares e vigas que podem ou não ser combinadas com alvenaria ou concreto.

3.5 O ALUMÍNIO

O alumínio, apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é o metal mais jovem usado em escala industrial. Mesmo utilizado há milênios Antes de Cristo, o alumínio começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos. Sua produção atual supera a soma de todos os outros metais não ferrosos. Isso já mostra a importância do alumínio para a nossa sociedade.

Hoje, os Estados Unidos e o Canadá são os maiores produtores mundiais de alumínio. Entretanto nenhum deles possui jazidas de bauxita em seu território, dependendo exclusivamente da importação. O Brasil tem a terceira maior reserva do minério no mundo, localizada na região Amazônica, perdendo apenas para Austrália e Guiné.

A bauxita é o minério mais importante para a produção de alumínio, contendo de 35% a 55% de óxido de alumínio.

É um material durável, apresentando os seguintes atributos: leveza; condutibilidade elétrica e térmica; bom ambiente de aquecimento e resfriamento; impermeabilidade e opacidade (característica fundamental para embalagens de alimentos e medicamentos, o alumínio não permite a passagem de umidade, oxigênio e luz. Essas propriedades fazem com que o metal evite a deterioração de alimentos, remédios e outros produtos consumíveis.); alta relação resistência/peso (importante para a indústria automotiva e de transportes, confere um desempenho excepcional a qualquer parte de equipamento de transporte que consuma energia para se movimentar.); beleza (o aspecto externo do alumínio, além de conferir um bom acabamento apenas com sua aplicação pura, confere modernidade a qualquer aplicação por ser um material nobre, limpo, que não se deteriora com o passar do tempo. Por outro lado, o metal permite uma ampla gama de aplicações de tintas e outros acabamentos, mantendo sempre o aspecto original e permitindo soluções criativas de design.); durabilidade (o alumínio oferece uma excepcional resistência a agentes externos, intempéries, raios ultravioleta, abrasão e riscos, proporcionando elevada durabilidade, inclusive quando usado na orla marítima e em ambientes agressivos.); moldabilidade e soldabilidade (a alta maleabilidade e ductibilidade do alumínio permitem à indústria utilizá-lo de diversas formas. Suas propriedades mecânicas facilitam sua conformação e possibilitam a construção de formas adequadas aos mais variados projetos.); resistência à corrosão; possibilidade de muitos acabamentos (seja pela anodização ou pela pintura, o alumínio assume a aparência adequada para aplicações em construção civil, por exemplo, com

acabamentos que reforçam ainda mais a resistência natural do material à corrosão); reciclabilidade (depois de muitos anos de vida útil, segura e eficiente, o alumínio pode ser reaproveitado, provando assim sua alta reciclabilidade.).

O alumínio é amplamente utilizado pela indústria de diversas maneiras. Por exemplo: puxadores, portas, colunas, pés, etc.

Ele é produzido pela eletrólise da alumina, obtida do minério bauxita. Aproximadamente 4 toneladas de bauxita são necessárias para a produção de 1 tonelada de alumínio, que é suficiente para a produção de 60.000 latas de bebida de 330 ml. A produção de alumínio requer grande quantidade de energia: para a produção de 1 tonelada do metal, são necessários cerca de 16.000 quilowatts e o equivalente a 1,7 toneladas de petróleo. O uso de material reciclado pode economizar até 95% de energia, sem se considerar, entretanto aquela consumida na coleta e separação do material usado.

O uso do alumínio em embalagens apresenta vantagens óbvias do ponto de vista de peso, que irão se refletir na energia gasta em transporte. A comparação, entretanto, com outros tipos de embalagens, é motivo de grandes debates, já que a avaliação de todas as variáveis envolvidas é extremamente complicada. A Associação Européia de Alumínio formou um Grupo de Alumínio e ecologia que pretende estudar o assunto e esclarecer algumas questões, avaliando o ciclo completo do material em todos os produtos em que é usado, desde latas de bebidas até carrocerias de veículos. Seus resultados, entretanto, levarão ainda algum tempo para serem conhecidos devido à dificuldade de se levantar dados e de se desenvolver uma metodologia apropriada para esta avaliação. Também do ponto de vista ambiental, é difícil avaliar-se os impactos decorrentes do uso do alumínio. Para se ter uma idéia das possíveis variações das análises sobre este tema, basta que examinemos os seguintes casos: a produção de uma lata de 330 ml na Inglaterra, usando alumínio fundido na Noruega, a partir da energia hidroelétrica, e posteriormente laminado na Alemanha, liberará 110 gramas de CO₂ (equivalente a 6,5 toneladas de CO₂ por tonelada de alumínio). Se a mesma lata, entretanto, for produzida na Alemanha, usando-se carvão como fonte primária de energia, haverá uma liberação de 280 gramas de CO₂, valor este que será ainda maior se o alumínio for produzido na Tchecoslováquia, usando-se carvão de pior qualidade.

Acabamentos em Metais

Cromagem / Cromação

É a aplicação de cromo (um metal de cor branca azulada e de grande resistência) pelo processo de eletrodeposição, normalmente pelo sistema de imersão, seguindo uma sequência de banhos eletrolíticos (com carga elétrica).

O cromo é a última etapa de um processo. Muitas pessoas chamam erroneamente de

“cromação” qualquer deposição galvânica de metais, seja ele ouro, níquel, cobre, etc., quando o correto é chamar de zincagem (conhecido popularmente como galvanização), niquelação, prateação, douração e outros. Genericamente deve ser usado o termo galvanoplastia para definir qualquer processo de deposição de metais por eletrólise

Inicialmente os metais a serem trabalhados na cromação (aplicação de cromo) necessitam de banhos químicos de reparação (decapagem), bastante fortes e agressivos, para retirar a cromação e metais de base desgastados ou apenas para preparar a peça em bruto. Estes banhos são especiais e devem ser manipulados e mantidos em perfeito estado, através de um químico especializado em galvanoplastia. O processo envolve substâncias químicas, que trabalham a quente e são nocivas a saúde e ao meio ambiente, e exigem o cumprimento de legislações ambientais para poderem ser usados legalmente.

Estas exigências incluem uma estação de tratamento de efluentes, ou seja, tratar os resíduos líquidos resultantes do processo, além do tratamento dos resíduos gasosos. Várias destas substâncias contêm venenos ou produtos cancerígenos.

O Processo de Cromagem

A Cromagem consiste inicialmente em se preparar a peça deixando-a no metal base (ferro, alumínio, cobre ou latão) removendo-se tintas, ferrugens ou cromados antigos. Em seguida faz-se um lixamento na peça removendo com isso marcas de ferrugens ou imperfeições do metal base deixando a superfície lisa pronta para a posterior metalização da peça por mergulho e passagem de corrente elétrica em tanques contendo sais específicos que conferem o visual à peça trabalhada.

O que pode ser cromado: utilidades domésticas, bombonieres, bandejas, vasos, lustres, dobradiças e maçanetas de portas, suportes, peças de banheiro, e etc. Motos: (de trilha, de rua ou estrada) laterais do motor, tampa do cabeçote, espelhos dos cubos, eixos, raios, escapes, suportes, parafusos e peças diversas que compõem o motor e o quadro. Bicicletas antigas e novas: pé de vela, guidão, canote, celim, cubos, aros, e etc. Carros: partes do motor, (tampa do cabeçote, de correia, suportes do motor, alternador, polias), pára-choques, frisos, grades dianteiras, (antigas e atuais). Máquinas, ferramentas, instrumentos musicais ou componentes industriais.

Galvanoplastia

É um tratamento cujo nome homenageia o físico e químico italiano Luigi Galvani (1737-1798), que descobriu o galvanismo (eletricidade na contração muscular). É o processo utilizado na Prateação, na Niquelação, na Cromagem, etc.

O processo da galvanoplastia consiste na transferência de íons a partir de um metal imerso em um substrato para outra superfície (metálica ou não), através da eletrólise. O objeto cuja superfície será revestida deve estar ligado ao pólo negativo de uma fonte de energia, o cátodo, onde ocorrerá a

redução do metal que será depositado na superfície, enquanto o metal que sofre a oxidação deve ser ligado a um pólo positivo, o ânodo.

No processo, as reações não são espontâneas. É necessário fornecer energia elétrica para que ocorra a deposição dos elétrons (eletrolise). Trata-se, então, de uma eletrodeposição na qual o objeto que recebe o revestimento metálico é ligado ao pólo negativo de uma fonte de corrente contínua enquanto o metal que dá o revestimento é ligado ao pólo positivo.

Para que a película do metal se ligue a outro, além de uma perfeita limpeza e desengorduramento da superfície, é preciso conhecer suas naturezas e propriedades químicas. No caso do objeto a ser revestido ser de plástico (não é bom condutor), esse tratamento o tornará bom condutor.

Finalidades da Galvanoplastia

Proteção; Melhora na condutividade; Auxílio na soldagem; Estética (aparência); Aglutinação de partículas não condutoras de eletricidade; Diminuição de atrito; Aumento da dureza superficial; e Resistência à temperatura.

Galvanização

A *Galvanização* ou *eletroformação* é todo o processo de **Galvanoplastia** em que metais são revestidos por outros menos nobres, geralmente para proteger da corrosão ou para fins estéticos/decorativos, assim, caso ocorra danificação, será sempre mais fácil trocar o material revestidor do que o revestido

Douração

Ao banhar de ouro um anel feito de alumínio:

1 - O anel será pólo negativo (cátodo) da pilha enquanto que no pólo positivo (ânodo) deverá haver uma lâmina de ouro.

Esses eletrodos podem estar mergulhados numa solução aquosa de um sal de ouro, por exemplo, o Nitrato de ouro (III) ($\text{Au}(\text{NO}_3)_3$). Como há a lâmina, não é necessária uma concentração muito elevada.

Pólo negativo (cátodo): $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$ - semi-reação: Redução.

Pólo positivo (ânodo): $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$ - semi-reação no ânodo: Oxidação.

2 - Também pode ser usado um eletrodo inerte (platina, por exemplo) no ânodo, o anel de alumínio no cátodo e uma solução aquosa de $\text{Au}(\text{NO}_3)_3$. Nesse caso, a deposição de ouro sobre o anel não se origina no ânodo, mas sim da própria solução que precisa ser de alta concentração:

Pólo negativo (cátodo): $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$ - semi-reação: Redução.

Pólo positivo (ânodo): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^-$ - semi-reação: Oxidação.

Cromagem

Ao cromar um pára-choque de ferro de um carro: o pára-choque será o cátodo ligado ao pólo negativo da pilha enquanto que no pólo positivo (ânodo) deverá haver uma barra de cromo ou um eletrodo inerte. Esses eletrodos devem estar mergulhados numa solução aquosa de um sal de cromo (Cr^{3+}) (de

concentração alta, no caso do eletrodo inerte).

Industrialmente, o processo de Cromagem de pára-choques de automóveis é feito em três etapas que garantem a aderência do Cromo, reduzindo o desgaste: Cobreação; Niquelagem; e Cromagem;

Pólo negativo (cátodo): $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$ - semi-reação: Redução.

Pólo positivo (ânodo): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^-$ - semi-reação: Oxidação.

Prateação

Ao banhar de prata um anel feito de alumínio: o anel será o pólo positivo (cátodo) da bateria enquanto que no pólo negativo (ânodo) deverá haver uma lâmina de prata. Esses eletrodos podem estar mergulhados numa solução aquosa de um sal de prata, preferencialmente de concentração alta.

Pólo positivo (cátodo): $\text{Ag}^{1+} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ - semi-reação: Redução.

Pólo negativo (ânodo): $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^{1+} + 1\text{e}^-$ - semi-reação no ânodo: Oxidação.

Zincagem

A Zincagem é o processo mais antigo e mais utilizado na proteção de objetos feitos de ferro ou de aço. O processo é o mesmo utilizado para outros materiais, porém o zinco possui uma temperatura de fusão de aproximadamente 419°C e, por isso, a solução (substrato) deve estar a uma temperatura entre 430 e 460°C, acelerando a reação entre ferro e zinco. Esse processo popularmente conhecido como galvanização a fogo ou galvanização a quente foi descoberto pelo químico francês Melouin em 1741 e patenteado pelo engenheiro Sorel em 1837.

A galvanização a quente consiste em 4 etapas:

- Amarração: o ferro é amarrado com arames e pendurado numa estrutura suspensa numa ponte móvel.
- Decapagem: o ferro é imerso em desengordurante, ácido para decapar e fluxo para preparar o ferro para absorver o zinco.
- Forno: onde o ferro é imerso numa mistura de metais líquidos - majoritariamente zinco.
- Expedição: onde são cortados os arames das peças galvanizadas, retocadas as eventuais falhas e preparados os lotes.

Tipos de Pintura

Pintura Líquida - É um processo de pós-pintura, ou seja, as telhas já perfiladas são pintadas individualmente. A tinta pode ser aplicada por pistola, ocorrendo grande perda de material, a camada de revestimento é irregular, a película é pouco flexível trincando facilmente. Nesse processo pode ocorrer bolhas de ar nos interstícios da camada e porosidades indesejáveis. O pigmento utilizado normalmente é o poliéster (mono-camada).

Pintura a Pó - Este processo de pós-pintura ainda é largamente utilizado no Brasil e constitui-se de sistema de eletrodeposição de pigmentos a pó nas versões epóxi, poliéster e híbrido, isentos de fase líquida. O pigmento adere na superfície da telha por eletrodeposição e, após a aplicação, a telha é

submetida ao aquecimento para cura das partículas de pó, que se fundem formando uma película plástica com espessuras que variam de 60 a 80 microns. Aconselha-se que seja realizado um pré tratamento de superfície onde as telhas recebam uma camada de Fosfato de Zinco para uma melhor proteção anti-corrosiva e melhor ancoragem da pintura. No processo de cura os grãos se fundem, podendo ocorrer vazios nestes interstícios, que geram pontos de corrosão (a película de pintura empola), não há controle na espessura da camada e os pigmentos utilizados não possuem resistência aos raios UV. A calcinação do revestimento se dá irregularmente e é comum surgirem faixas de tonalidades diferentes numa fachada revestida com telhas pintadas por este processo. Existem linhas de pintura onde a telha é perfurada nas extremidades para ser fixada no equipamento, causando ali um ponto de possível corrosão. Vale lembrar que nem sempre o processo é controlado e é comum o uso de pigmentos de origem indeterminada ou com prazo de validade vencido.

Pré-Pintura - Também chamado de coil-coating. Este é o processo mais indicado para a fabricação de telhas e é realizado quando o aço ainda se encontra sob a forma de bobina, permitindo um rigoroso controle de camada de tinta e uniformidade de aplicação, impossíveis de serem obtidos nos outros processos. O grande diferencial foi a descoberta de resinas extremamente flexíveis, não somente no sentido físico, uma vez que o aço pré-pintado pode ser conformado sem que ocorram trincas, mas principalmente pela diversidade de produtos existentes, possibilitando atender quase todas as exigências da construção civil.

A bobina é colocada em uma linha de pré-pintura com mais de 120 m de comprimento, onde todo o processo é controlado automaticamente. Após a limpeza com detergentes alcalinos, a chapa é tratada quimicamente para garantir a aderência da pintura. Nestas linhas, a chapa pode ser tratada em todos os seus pontos e de maneira uniforme, o que nem sempre acontece quando isto é feito em peças já perfiladas. Em seguida, a chapa recebe a primeira camada de pintura, normalmente um primer epóxi anticorrosivo. Após a cura, a chapa recebe as camadas de pintura, na espessura e cor desejadas.

Existe no mercado uma infinidade de revestimentos, desde simples poliéster até tintas a base de fluoreto de polivinil, que são usadas para necessidades específicas de acordo com o ambiente.

Outra vantagem deste processo é a manutenção da cor uniforme por toda a superfície. Face às suas qualidades, tornou-se um padrão em todo o mundo para o revestimento de chapas de aço destinadas à construção civil e permitiu o desenvolvimento de projetos industriais com fachadas arrojadas e com rigoroso planejamento arquitetônico de composição de cores.

Os Metais para Mobiliário

Os metais mais utilizados na cadeia de móveis são o aço e o alumínio. Utilizando chapas de aço temos armários de cozinha e móveis tubulares, com destaque para camas, bases de mesa e cadeiras. As chapas também são utilizadas em dobradiças, corrediças e puxadores, através do processo de estamparia. Aço de seção cilíndrica é largamente utilizado em componentes metálicos internos de móveis como

aramados, sapateiras, porta talheres, entre outros, geralmente cromados.

A utilização do alumínio cresceu muito na última década devido a nova tendência do uso de perfis para portas e gavetas, além de uma vasta linha de puxadores. Os revestimentos para as peças metálicas são bastante variados, podendo ser pré-pintura, pintura epóxi (líquida e pó), cromagem, escovação, esmaltação, pintura eletrostática (pó), galvanização e anodização.

A ferragem utilizada no móvel é de vital importância, visto que é ela quem determina a funcionalidade do mesmo, agregando também qualidade. Este nível de qualidade faz parte das exigências que atualmente os clientes impõem aos fabricantes de moveis exclusivos (marcenarias).

Poucos são os móveis que podem ser construídos sem ferragens, como por exemplo mesas e cadeiras com estrutura em madeira aparadores e outros poucos mais. Porém, para este tipo de construção é necessário que se tenha uma mão-de-obra mais qualificada. Em contrapartida, a construção dessas peças é simplificada quando é usado algum tipo de ferragem, como conectores.

Há restrições quanto a aplicação de determinadas ferragens em certos tipos de madeira para obter uma peça de qualidade, sendo necessário conhecimento técnico específico na escolha de ambas. A escolha da ferragem pode ser determinada tanto pelo designer, quanto pelo marceneiro, visto que em ambos os casos, o conhecimento técnico do profissional é essencial. No caso de um móvel diferenciado e arrojado, é aconselhável recorrer ao departamento técnico do fornecedor das ferragens, a fim de garantir a aplicabilidade com excelência, visando seu melhor desempenho.

Com a modernização da marcenaria, devido ao desenvolvimento do setor, tanto na área tecnológica como no design de mobiliário é fundamental que as empresas fornecedoras de ferragens, acessórios, matérias-primas e até máquinas e equipamentos divulguem seus produtos de uma forma cada vez mais ampla e técnica, uma vez que as necessidades individuais de cada cliente exigem cada vez mais soluções criativas, em especial os de cozinhas. Novos acabamentos e materiais permitem integrar ambientes e torná-los multi-utilitários. A cozinha agora é um espaço valorizado no dia a dia e precisa ser ao mesmo tempo aconchegante e funcional. Explorar formas diferentes de armazenamento e combinações com elementos high-tech é cada vez mais importante para a indústria de móveis.

Um ótimo exemplo são os gavetões com organizadores que possuem sistemas que permitem o aumento de sua resistência e capacidade de carga. O uso de corredeiras de extração total e de organizadores internos deram às gavetas uma nova função, o que antes ficava em prateleiras muitas vezes difícil de alcançar, agora desliza suavemente até suas mãos. Com isso, também cresceram em altura, permitindo estocar até garrafas em pé, graças a organizadores que evitam que os itens tombem ou se misturem. Frentes altas não significam somente uma gaveta. Uma frente pode esconder duas, três gavetas internas, permitindo um visual mais limpo ao mobiliário.

4. CERÂMICOS

De todos os materiais, a cerâmica é aquele que acompanha o homem há mais tempo. Quando o homem saiu das cavernas e se tornou agricultor há milhares de anos, essa nova atividade trouxe novas necessidades, e para tomar conta de sua plantação, ele necessitava de um abrigo permanente junto à terra cultivada, ele precisava também de vasilhas para guardar os alimentos colhidos e as sementes da próxima safra. Essas vasilhas tinham que ser resistentes e impermeáveis à umidade e à invasão de insetos, qualidades essas que foram encontradas na argila, que era o principal material cerâmico usado naquele tempo. A capacidade da argila de ser moldada, quando misturada à proporção certa de água, e de endurecer após a queima permitiu que ela fosse utilizada na construção de casas, na fabricação de vasilhames para uso doméstico e armazenamento de alimentos, vinhos, óleos e perfumes, na construção de urnas funerárias e até como suporte para a escrita.

Todos esses usos são tão importantes que a Arqueologia, que é a ciência que estuda a pré-história o homem, é em grande parte baseada no estudo dos fragmentos das vasilhas cerâmicas. Os produtos cerâmicos foram evoluindo com o homem e, à medida que ele dominava a tecnologia da queima dos combustíveis e dos materiais, esses produtos foram se tornando mais e mais sofisticados para atender às necessidades da indústria elétrica, química, siderúrgica, ótica e mecânica.

Cerâmica é uma palavra que vem do grego “Keramicos” e designa todo o grupo de produtos resultante da cocção de argilas, agregadas ou não com outros componentes. Basicamente é o conceito geral de cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas.

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica, “materiais cerâmicos” ou “cerâmicas”, compreendem todos os materiais inorgânicos ou não metálicos de emprego em engenharia ou produtos químicos inorgânicos, utilizáveis geralmente após o tratamento em temperaturas elevadas. Quer dizer que, depois que o material é queimado no forno, os átomos da sua estrutura ficam arrumados de forma simétrica e repetida parecendo pequenos cristais, uns juntos dos outros.

Essa característica da estrutura, ou seja, a cristalização confere ao material cerâmico propriedades físicas como a refratariedade, a condutividade térmica, a resistência ao choque térmico, a resistência ao ataque de produtos químicos, a resistência à tração e à compressão e a dureza.

Esses materiais são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais e sintéticas, as naturais mais utilizadas são: argila, caulim, quartzo, feldspato, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxito, grafita e zirconita; e as sintéticas incluem, entre outras, alumina (óxido de alumínio) sob diferentes formas (calcinação, eletrofundida e tabular), carbetos de silício e diversos produtos inorgânicos.

Dependendo do produto que se deseja e das propriedades desejadas, as matérias-primas são selecionadas e submetidas a uma série de operações, onde pelo menos em uma delas ocorre tratamento térmico em temperaturas elevadas. Nesse etapa pode acontecer uma série de alterações nas características das matérias-primas, principalmente nas matérias - primas naturais, como por exemplo: perda de massa, mudança de composição química, da estrutura cristalina e surgimento de novas fases cristalinas e formação de fase vítrea. Em geral as principais etapas do processamento dos materiais cerâmicos incluem, de uma forma geral, a preparação das matérias-primas e da massa, a conformação, o processamento térmico e o acabamento.

Pode-se afirmar que as peças de cerâmicas mais antigas conhecidas por arqueólogos foram encontradas na Tchecoslováquia, datando de 24.500 a.C. Outras importantes peças cerâmicas foram encontradas no Japão, na área ocupada pela cultura Jomon há cerca de oito mil anos, talvez mais. A capacidade da argila de ser moldada quando misturada em proporção correta de água, e de endurecer após a queima, permitiu que ela fosse destinada ao armazenamento de grãos ou líquidos, que evoluíram posteriormente para artigos mais elaborados, com bocais e alças, imagens em relevo, ou com pinturas vivas que possivelmente passaram a ser considerado objeto de decoração.

As principais matérias-primas cerâmicas são o Feldspato (particularmente os potássicos), a sílica e a argila. Além destes três principais componentes, as cerâmicas podem apresentar aditivos para o incremento de seu processamento ou de suas propriedades finais. Indústria cerâmica é responsável pela fabricação de pisos, azulejos e revestimento de larga aplicação na construção civil, bem como pela fabricação de tijolos, lajes, telhas, entre outros.

As propriedades desses materiais dependem da quantidade e do arranjo de três fases: cristalina, vítrea e porosa.

A fase cristalina que pode ser uma ou mais de uma, é a maneira como os átomos, moléculas e íons se organizam dentro de um material de maneira fixa, regular e repetitiva. Ela é responsável pela estabilidade e pela densidade do material e está presente nos minerais naturais. Nos produtos cerâmicos, as reações ocorridas durante a queima destroem as estruturas cristalinas naturais e reagrupam essas estruturas, formando novas, que são responsáveis pelo desempenho do produto.

A fase vítrea dá certas características e propriedades ao corpo cerâmico. Ela funciona mais ou menos como o cimento na construção civil: age como ligante das fases cristalinas sólidas, da mesma forma como o cimento une as pedras no concreto. Ela confere resistência mecânica à peça quando em temperatura ambiente. Promove também a translucidez (na porcelana).

E, finalmente aumenta a tendência à deformação quando o produto é exposto a altas temperaturas. Isso é extremamente indesejável nos produtos refratários, ou seja, aqueles que precisam resistir a altas temperaturas, porque a fase vítrea se torna fluida abaixo de 1.000°C causando

deformação no produto. Nas cerâmicas avançadas para ferramentas de corte, as fases vítreas causam a diminuição da dureza, que é uma propriedade fundamental para essa aplicação.

A fase porosa é o espaço vazio entre os grãos sólidos, ou dentro dos grãos sólidos, que formam o material cerâmico. Podendo ser aberta ou fechada, ela é aberta quando deixa um caminho aberto até a superfície e permite a absorção de água, gases etc; e fechada quando está fechada dentro de um grão ou cercada de grãos por todos os lados, ou seja, o ar fica preso lá dentro e impede a passagem do calor. Isso torna o material cerâmico um isolante térmico.

No quadro a seguir para se ter uma visão geral estão algumas matérias-primas e produtos cerâmicos, bem como algumas de suas propriedades.

Matéria-prima	Designação	Temperatura de queima	Propriedades	Produtos
Argila	Louça de barro	800 a 1000 ° C	Baixa/média resistência mecânica	Vasos, filtros, cerâmica artística
	Faiança e Majólica	900 a 1000 ° C		
Argila, caulim, feldspato, quartzo	Pó de pedra	1.100 a 1.250 ° C	Baixa/média resistência mecânica	Louça doméstica; Material para laboratórios químicos; Material sanitário
	Porcelana	1300 a 1400 ° C	Elevada resistência mecânica	
	Grês branco	1250 a 1300 ° C	Elevada resistência mecânica	
Argilas refratárias, caulim	Silício - aluminoso	1200 a 1450 ° C	Resistência a temperaturas de até 1400 ° C	Tijolos ou peças refratárias de uso geral
Diásporo, bauxita, cianita, silimanita, corindon	Aluminoso	1400 a 1700 ° C	Resistência a temperaturas de até 1785 ° C	Tijolos ou peças refratárias de uso geral
Quartzito	Sílica	1450 ° C	Resistência a temperaturas entre 1680 e 1700 ° C	Refratários para a construção de abóbodas de fornos

Fonte: Telecurso 2000. Materiais Cerâmicos

Produção dos produtos cerâmicos

Não custa lembrar que os produtos cerâmicos são obtidos pela secagem e queima de materiais argilosos. As argilas, por sua vez, compreendem o conjunto de minerais compostos, principalmente dos silicatos de alumínio hidratado, que possuem a propriedade de formarem com a água uma massa plástica, que conserva a forma moldada e endurece sob a ação do calor. Dos minerais argilosos, que

são muitos, somente a caulinita e a ilita têm valor econômico para a fabricação de produtos cerâmicos. Geralmente, esses materiais argilosos são processados nas seguintes etapas:

1. Mistura, onde as matérias-primas previamente tratadas e dosadas são homogeneizadas, ou seja, misturadas de forma homogênea.

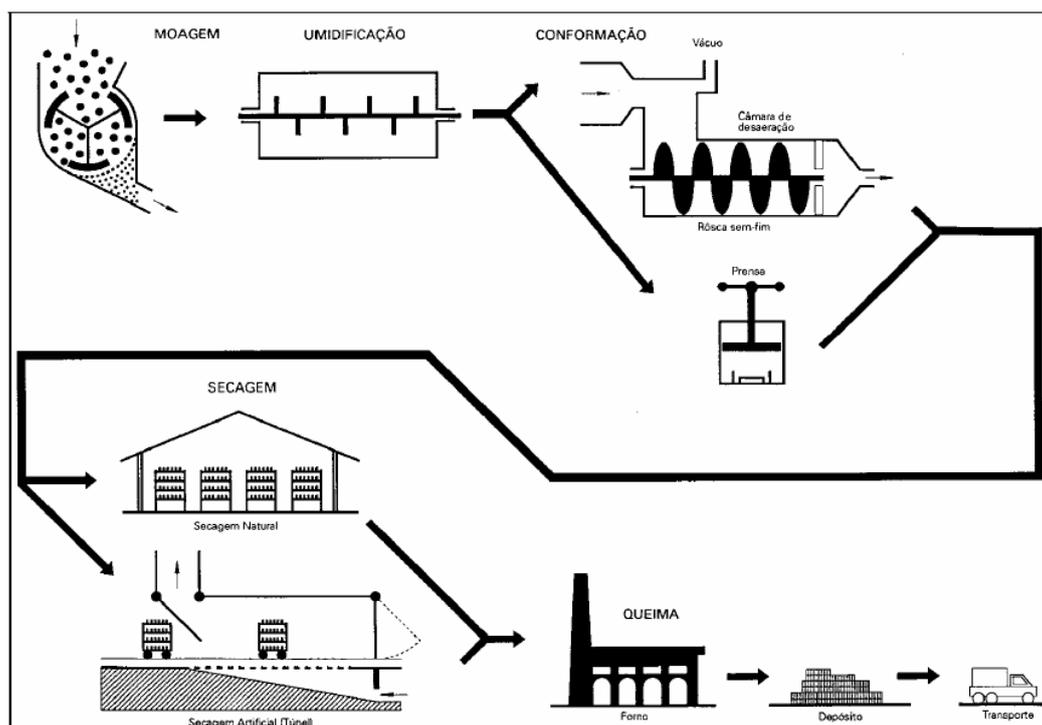
2. Moagem, na qual o material é moído para reduzir o tamanho dos grãos até diâmetros máximos inferiores a 0,074 mm. Isso dá ao material a aparência de um pó bem fino. Para a fabricação de produtos refratários, os grãos são mais grossos.

3. Umidificação, com acréscimo de água para formar a massa cerâmica. A quantidade é determinada pelo método de conformação que será empregado.

4. Conformação, onde as peças são produzidas por vários métodos: colagem, torneamento, extrusão, prensagem ou injeção.

5. Secagem, que pode ser natural ou artificial, na qual grande parte da água livre (umidade superficial) é evaporada.

6. Queima, cuja temperatura é definida em função da composição química da mistura e na qual o aumento de temperatura causa as seguintes reações: desidratação, calcinação (decomposição química pelo calor), oxidação (ligação de um elemento químico com o oxigênio da atmosfera do forno) e formação de silicatos. Estas reações promovem transformações que geram sólidos cristalinos e vítreos (não cristalinos) com a textura adequada para desenvolver as propriedades desejadas. O conjunto dessas modificações promovidas pelo calor, é chamado de sinterização. Todo esse processo é representado esquematicamente na ilustração a seguir. Observe.



Fonte: Telecurso 2000. Materiais Cerâmicos

Classificação

O setor cerâmico é amplo e heterogêneo o que induz a dividi-lo em subsetores ou segmentos em função de diversos fatores como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, a seguinte classificação, em geral, é adotada.

Cerâmica Vermelha

Compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas) e também utensílios de uso doméstico e de adorno. As lajotas muitas vezes são enquadradas neste grupo, porém o mais correto é em Materiais de Revestimento.

Materiais de Revestimento (Placas Cerâmicas)

São aqueles materiais, na forma de placas usadas na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas de ambientes internos e externos. Recebem designações tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso, etc.

Cerâmica Branca

Este grupo é bastante diversificado, compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor e que eram assim agrupados pela cor branca da massa, necessária por razões estéticas e/ou técnicas. Com o advento dos vidrados opacificados, muitos dos produtos enquadrados neste grupo passaram a serem fabricados, sem prejuízo das características para uma dada aplicação, com matérias-primas com certo grau de impurezas, responsáveis pela coloração.

Dessa forma é mais adequado subdividir este grupo em: Louça sanitária; Louça de mesa; Isoladores elétricos para alta e baixa tensão; Cerâmica artística (decorativa e utilitária); e Cerâmica técnica para fins diversos, tais como: químico, elétrico, térmico e mecânico.

Materiais Refratários

Este grupo compreende uma diversidade de produtos, que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que em geral envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações. Para suportar estas solicitações e em função da natureza das mesmas, foram desenvolvidos inúmeros tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou mistura destas. Dessa forma, podemos classificar os produtos refratários quanto à matéria-prima ou componentes químico principais em: sílica, sílico-aluminoso, aluminoso, mulita, magnesianocromítico, cromítico-magnésiano, carbetos de silício, grafita, carbono, zircônia, zirconita, espinélio e outros.

Isolantes Térmicos

Os produtos deste segmento podem ser classificados em:

- a) refratários isolantes que se enquadram no segmento de refratários.
- b) isolantes térmicos não refratários, compreendendo produtos como vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro e lã de rocha, que são obtidos por processos distintos ao do item a) e que podem ser utilizados, dependendo do tipo de produto até 1100 °C e;
- c) fibras ou lãs cerâmicas que apresentam características físicas semelhantes às citadas no item b), porém apresentam composições tais como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia, que dependendo do tipo, podem chegar a temperaturas de utilização de 2000° C ou mais.

Fritas e Corantes

Estes dois produtos são importantes matérias-primas para diversos segmentos cerâmicos que requerem determinados acabamentos. Frita (ou vidrado fritado) é um vidro moído, fabricado por indústrias especializadas a partir da fusão da mistura de diferentes matérias-primas. É aplicado na superfície do corpo cerâmico que, após a queima, adquire aspecto vítreo. Este acabamento tem por finalidade aprimorar a estética, tornar a peça impermeável, aumentar a resistência mecânica e melhorar ou proporcionar outras características.

Corantes constituem-se de óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos obtidos a partir da mistura de óxidos ou de seus compostos. Os pigmentos são fabricados por empresas especializadas, inclusive por muitas das que produzem fritas, cuja obtenção envolve a mistura das matérias-primas, calcinação e moagem. Os corantes são adicionados aos esmaltes (vidrados) ou aos corpos cerâmicos para conferir-lhes colorações das mais diversas tonalidades e efeitos especiais.

Abrasivos

Parte da indústria de abrasivos, por utilizarem matérias-primas e processos semelhantes aos da cerâmica, constituem-se num segmento cerâmico. Entre os produtos mais conhecidos podemos citar o óxido de alumínio eletro fundido e o carbetto de silício.

Vidro, Cimento e Cal

São três importantes segmentos cerâmicos e que, por suas particularidades, são muitas vezes considerados à parte da cerâmica. Desse último estudaremos somente os vidros.

4.1 VIDROS

O vidro é uma substância rígida, amorfa e inorgânica, geralmente transparente e quebradiça, fabricada por meio de fusão a altas temperaturas, seguida de rápida solidificação, de uma mistura de silícios (areia) e carbonatos. Atualmente o vidro é um dos principais componentes do móvel, sofisticando-lhe o visual e agregando-lhe valor. Sua versatilidade incentivou a indústria brasileira a

criar novos padrões no setor. Na decoração, o fato de ser um material reciclável, transparente e com aparência de novo por muito tempo aumentou sua utilização. Pode ser aplicado em prateleiras, portas, portas de armário, frentes de gavetas, tampos de mesa, divisórias, painéis decorativos, entre outros, e podem ser classificados em: comum, temperado, serigrafado, duplo e curvo.

O vidro é uma substância líquida, com um altíssimo grau de viscosidade à temperatura ambiente, variando em função da temperatura. É composto basicamente por areia (sílica ou vitrificante), sulfato ou carbonato (abaixo da temperatura de fusão da sílica) e um estabilizador (geralmente cal, que atribui resistência ao vidro). Quando essa mistura é elevada à temperatura de 1500° C, forma uma massa plástica e viscosa. O processo de fusão é muito complexo. Envolve basicamente reações químicas entre as diversas matérias-primas, a formação de fases líquidas e homogêneas, a eliminação dos gases produzidos nas reações químicas e, finalmente, a formação de uma massa vítrea homogênea pronta para ser fornecida às máquinas de formação. Na medida em que essa massa esfria, a viscosidade aumenta até que se obtém o vidro. Já a coloração é feita pela adição de outras substâncias: cobalto, para o vidro azul; óxido de cobre, para o verde; óxido de ferro, para o vidro bronze; e sulfato de zinco, para o fumê, por exemplo.

Características

O vidro tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dadas suas características de inalterabilidade, dureza, resistência e propriedades térmicas, óticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituíveis, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar do homem moderno nos mais variados setores, como por exemplo: vidro plano, vidro oco (frascaria e embalagens), lentes, fibra ótica, lã de vidro, lâmpadas, enfim, uma gama incontável de aplicações.

A diferença entre o vidro comum e o vidro cristal.

(Vidro cristal: material utilizado para a fabricação de lustres, taças e copos mais refinados).

As diferentes nomenclaturas são utilizadas para diferenciar os processos de fabricação e os produtos finais, embora utilizem a mesma matéria-prima. O vidro cristal e o vidro comum têm uma estrutura molecular de desenho praticamente idêntico: a diferença está nos elementos químicos que compõem essa estrutura. Também conhecido como vidro de cal-soda ou soda-cal, o vidro comum é feito de areia (sílica), soda (óxido de sódio), cal (óxido de cálcio) e óxido de alumínio. Já na composição do vidro cristal entra apenas a sílica e o óxido do chumbo, substância que dá mais brilho e maior peso ao produto.

Em resumo a estrutura molecular de ambos os materiais tem o mesmo desenho; o principal componente dos dois é a areia, ou sílica (SiO₂). Os outros ingredientes é que variam; o vidro comum

combina a sílica com óxido de sódio (Na_2O), óxido de cálcio (CaO) e óxido de alumínio (Al_2O_3); e o cristal acresce à sílica apenas o óxido de chumbo (Pb_2O_3).

O vidro é produzido por sistema de laminação de cilindros, portanto sujeito à distorção de imagem por falta de paralelismo entre as superfícies em função do próprio processo, que se encontra atualmente em fase de extinção, substituído pelo processo float glass, que torna o produto incomparavelmente superior.

Vidro Comum

O vidro comum é usado na construção há quase 2.000 anos. No entanto ele vem sendo substituído gradualmente em muitas aplicações pelos vidros de segurança, de custo mais elevado. Ele é um material frágil que se quebra em pedaços grandes e muito cortantes, o que pode causar acidentes sérios, até mesmo fatais.

O vidro de segurança conserva qualidades do vidro comum (transparência, durabilidade, boa resistência química, etc.) e é menos sujeito à quebra. Os vidros temperados apresentam resistência mecânica de cinco vezes mais que o vidro comum de mesma espessura e, quando quebrados, apresentam fragmentos pequenos, não pontiagudos e sem arestas cortantes.

Vidros cristais

São vidros utilizados como matéria-prima essencial para a construção civil, móveis e decoração. Constituem a matéria-prima de diversos produtos finais com aplicações nos mais diferentes segmentos, podendo ser laminados, temperados, curvos, serigrafados, e usados em duplo envidraçamento.

Vidro Laminado

O conjunto de duas ou mais chapas de vidro que tenham sido submetidas a um processo de laminação onde são unidas por uma película plástica ou acrílica passa a ser chamado de vidro laminado. O vidro laminado atende às exigências mais rigorosas de segurança, controle sonoro, controle de calor (quando associado a um vidro refletivo). A película plástica do laminado com polivinil Butiral (PVB) filtra até 99,6% dos raios ultravioletas (radiação abaixo de 360 nanômetros), os principais responsáveis pelo descoloramento de móveis, tecidos e objetos.

Vidro Laminado de impressos: Está acontecendo no mercado uma nova descoberta do vidro impresso. Esse vidro que era limitado a poucas aplicações na construção civil está ganhando, nos últimos anos, espaço cada vez maior na arquitetura e na decoração de ambientes.

Vidro Laminados de temperados: Com as exigências da arquitetura moderna de utilizar o vidro como elemento de estrutura, como pavimentos, pilares e vigas, o laminado de temperados está ganhando grande importância. A laminação de duas ou mais chapas de vidro temperados permite unir as qualidades desses dois tipos de vidros de segurança.

Vidro Laminados especiais: O aperfeiçoamento das técnicas de laminação permitiu que o transformador criasse inúmeros produtos utilizando os recursos, tanto da laminação com Polivinil Butiral(PVB) quanto da laminação por resina. Laminando-se o vidro jateado, com a face jateada para dentro, protegida pela película de PVB ou resina, obtém-se um jateamento menos opaco, protegido da sujeira e da gordura, que pode receber cores com a utilização de lamina colorida. Laminando-se vidros serigrafados com a textura ou imagem para dentro, obtém-se o laminado de serigrafados, que aumenta a resistência da parte impressa e ainda pode receber cores de fundo com a utilização de laminação colorida. Laminando-se duas lâminas de vidro anti-reflexo impressos obtém-se uma textura semelhante ao acidado, com a vantagem da laminação, e pode receber cores com a laminação colorida.

Vidro Cristal (Float Glass)

Processo predominante entre os fabricantes mundiais é obtido através do deslizamento do material em fusão sobre uma camada de estanho líquido, com temperatura e atmosfera controladas, produzindo lâminas de vidro com superfícies perfeitamente paralelas, sem distorções de imagem e com excelente qualidade ótica. Os vidros float coloridos são fabricados, segundo o processo float, da mesma maneira que os vidros incolores. Distinguem-se dos incolores pelo fato de aditivos minerais serem incorporados em suas composições, conferindo-lhes, de um lado, coloração e, de outro, proporcionando-lhes o poder de barrar uma parte da irradiação solar. Assim, possuem inúmeras vantagens: redução da entrada de calor, melhorando o bem-estar e diminuindo o custo do ar-condicionado; sua transmissão luminosa permite, segundo a cor e a espessura aplicada, manter, no interior, um alto nível de claridade natural ou proporcionar um ambiente suave e repousante isento de ofuscamento. A qualidade ótica é a diferença notável entre o vidro float e o vidro comum. Isto é, embora a matéria-prima utilizada na fabricação destes dois tipos de vidros seja a mesma, o Vidro Float apresenta um índice de deformação e ondulação de sua superfície muito inferior ao Vidro Comum - fabricado pelo processo convencional.

Cristais Refletivos

Indicados para locais onde há grande incidência de raios solares, como fachadas de prédios, janelas, portas, sacadas e coberturas, pois proporciona melhor conforto térmico. Também são conhecidos como vidros metalizados, são o resultado da aplicação de óxidos metálicos sobre a superfície do vidro, apresentando índice de reflexão de energia solar maior do que a do cristal comum, variando esses índices de acordo com a cor utilizada na película metálica e a cor da matéria-prima de cada fabricante. Da radiação solar que passa pelo envidraçamento, parte é automaticamente refletida para o ambiente externo, e parte é absorvida pelo vidro, minimizando a quantidade de calor que atinge efetivamente o ambiente interno. Reduzem a entrada de calor, proporcionando ambientes mais confortáveis e economia de energia com aparelhos de ar condicionado. Produtos ideais dentro do

conceito de sustentabilidade, por proporcionar condições para obtenção de certificações.

Vidro com Baixa Reflexão: é um vidro float extra clear (vidros com baixa concentração de ferro em sua composição e por isso são extremamente claros e não esverdeados) que recebe uma camada capaz de reduzir a reflexão em 5 vezes (comparado ao vidro float incolor). Ideal para vitrine, showrooms, museus, concessionárias, displays e outros tipos de aplicação que necessitem evitar o incomodo reflexo da luz no vidro o que, em muitas vezes obriga a pessoa a criar sombra em frente para observar o objeto que está atrás do vidro.

Vidro Baixo-Emissivo: é um vidro produzido em processo off-line e que apresenta baixa emissividade, ou seja, não permite a troca de calor entre o ambiente interno e externo. Quando utilizado como vidro duplo, isola termicamente até 5 vezes mais do que um vidro transparente monolítico. Possui aparência de um vidro float incolor, reduzindo a entrada de calor ou frio. Usado no mercado de refrigeração comercial e na construção civil, em fachadas e coberturas.

Vidro Serigrafado

No processo de serigrafia do vidro é feita a aplicação de uma tinta vitrificada (esmalte cerâmico) no vidro comum, incolor ou colorido na massa. Em seguida esse vidro passa por um forno de têmpera onde os pigmentos cerâmicos passam a fazer parte dele. Ao final do processo, obtém-se um vidro temperado com textura extremamente resistente, inclusive ao atrito com metais pontiagudos, permanecendo inalteráveis e irremovíveis.

Vidro temperado

Trata-se de um vidro de segurança conseguido por tratamento térmico ou químico, em que se aumenta a resistência mecânica para evitar o risco de quebra e de acidentes produzidos pelos fragmentos. Na arquitetura e na construção civil, o temperado térmico é o mais utilizado, deixando o temperado químico para outras aplicações mais indicadas.

As aplicações e o campo de utilização do vidro temperado são muito amplos. Suas aplicações como vidro de segurança se fazem indispensáveis e imprescindíveis em determinados casos, tanto em exteriores como em interiores. Além de fachadas e paredes, outras aplicações habituais são: marquises, cabines telefônicas, mobiliário urbano, painéis informativos e publicitários, pistas desportivas de squash, vitrines, tampos de mesa, estantes, portas de entrada e de passagem, separadores de ambiente, frentes de armário, box para banheiro e cabines de ducha, bandejas frigoríficas e portas de fornos.

Também se instala vidro temperado em estabelecimentos comerciais procurando a segurança física das pessoas em momentos de forte fluxo de público ou tráfego de pedestres, em abrigos laterais de escadarias, expositores, mostradores e mobiliário. Seu processo de fabricação consiste no aquecimento da matéria-prima (cristal ou vidro impresso) à temperatura de 650/700°C, recebendo,

logo após, choque térmico provocado por jatos de ar. Essa brusca mudança de temperatura gera uma compressão das faces externas e expansão na parte interna, adquirindo durante o processo características de resistência muito maior do que a do vidro comum.

Vidro curvo

Tomando como base um vidro monolítico recozido, aplica-se uma curvatura em molde por gravidade, no curso de um ciclo térmico longo, alcançando uma temperatura de suavização próxima aos 600 C. A forma da curvatura do vidro depende do molde utilizado e das últimas técnicas de fabricação aplicadas por fabricantes especializados. O vidro curvo atualmente pode ser fornecido como vidro monolítico, temperado, laminado, em unidades de duplo envidraçamento, como vidro de controle solar, serigrafado e uma longa lista de possibilidades. As dimensões são variáveis em função dos parâmetros: raio, flecha, espessura, arco, formas. Hoje, praticamente, podem ser obtidas todas as formas possíveis de curvatura sobre dois eixos diferentes. Os vidros curvos, além de aplicações em edificações, são utilizados em uma infinidade de móveis, box de banheiro, painéis separadores de ambientes interiores, balcões frigoríficos, etc.

Curiosidade

Com um quilo de vidro se faz outro quilo de vidro, com perda zero e sem poluição para o meio ambiente. Além da vantagem do reaproveitamento de 100% do caco, a reciclagem permite poupar matérias primas naturais, como areia, barrilha, calcário, etc. Um vidro jogado na natureza leva 4.000 anos para desaparecer. O Brasil alcançou um índice de 47% no reaproveitamento de embalagens de vidro em relação à produção total do país, que é de 910 mil toneladas/ano, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (Abividro, 2011).

4.2 CERÂMICAS AVANÇADAS

Materiais cerâmicos manufaturados a partir de matérias-primas puras, normalmente sintéticas, e conformados por processos especiais, sinterizadas em condições rigidamente controladas a fim de apresentarem propriedades superiores. A fase cristalina desses produtos se desenvolve na obtenção da matéria-prima. A fase vítrea é quase inexistente e a queima do produto tem unicamente a finalidade de unir as partículas cristalinas, onde ocorre uma reação que solda os grãos entre si, que acontece por um processo de difusão dos elementos químicos que constituem o grão.

Materiais de alta tecnologia ou avançados são aqueles de maior conteúdo tecnológico agregado, desenvolvidos e/ou em desenvolvimento em nível mundial, onde o avanço do conhecimento básico ainda pode dar contribuições (NÓGREBA, 2004 *apud* MCT, 2003).

Segundo Industry Commission (1995), os fatores que resultam na adoção de materiais avançados são as melhorias incrementais em: dureza-peso; resistência à fratura; propriedades físicas

particulares (por exemplo, condutividade de materiais); resistência à corrosão; características de processo (por exemplo, fundição).

São cerâmicas com métodos de processamento e fabricação mais sofisticados e mais caros (INDUSTRY COMMISSION, 1995). Estes, dentre outros fatores, têm dificultado a utilização destes materiais pelas indústrias manufatureiras. Apesar do alto custo das cerâmicas avançadas, a utilização destes materiais pelas indústrias na fabricação de seus produtos traz alguns benefícios significativos como: maior longevidade; redução de custos de manutenção; aumento da produtividade; aumento da competitividade.

Para você ter uma idéia da abrangência de utilização das cerâmicas avançadas, montamos o quadro a seguir com as matérias-primas, aplicações, propriedades e produtos deste tipo de material.

Matéria-prima	Aplicação	Propriedades	Produtos
Óxido de ferro; carbonato de bário e de estrôncio; titanato de bário	Cerâmicas elétricas e magnéticas	Magnetismo, dieletricidade, piezo-eletricidade, semi-condutividade	Capacitores; geradores de faísca; semicondutores; eletrólitos sólidos; ferritas; ímãs; varistores e termistores
Alumina, zircônia	Cerâmicas químicas e eletroquímicas	Capacidade de adsorção; resistência à corrosão; catálise	Suportes de catalisadores; sensores de gases; eletrólitos sólidos
Alumina, vidro de sílica	Cerâmicas óticas	Condensação ótica; translucidez; fluorescência; condução de luz	Lâmpada de descarga elétrica de vapor de sódio; memórias óticas; cabos óticos; diodo emissor de luz; polarizadores
Alumina, zircônia	Cerâmicas térmicas	Condutividade térmica; isolamento térmico; refratariedade; absorção de calor; resistência ao choque térmico	Radiadores de infra-vermelho; isolantes térmicos; refratários; eletrodos de zircônia
Alumina	Cerâmicas biológicas	Biocompatibilidade	Implantes para substituir dentes, ossos entre outros
Zircônia, alumina, carbeto de boro	Cerâmicas nucleares	Resistência à corrosão, às altas temperaturas e à radiação; refratariedade	Materiais para blindagem; revestimento de reatores
Carbeto de boro, carbeto de silício, nitreto de silício, alumina, zircônia	Cerâmicas mecânicas e termomecânicas	Alta resistência mecânica e à abrasão; baixa expansão térmica e alta resistência ao choque térmico; capacidade de lubrificação; elevado ponto de fusão; elevada condutividade térmica	Ferramentas de corte; esferas e cilindros para moagem; bicos de maçaricos; acendedores para caldeiras; pás de turbina para alta velocidade; anéis de vedação de bombas d'água; rotores
Zircônia, alumina, nitreto de silício	Cermetes	Alta resistência à compressão, à deformação plástica e ao desgaste; alta dureza e grande estabilidade química	Pontas de ferramentas de corte e furadeiras; pastilhas de freio

Fonte: Telecurso 2000. Materiais Cerâmicos

5. POLÍMEROS

Material orgânico ou inorgânico, natural ou sintético, de alto peso molecular, formados por muitas macromoléculas, sendo que cada uma destas macromoléculas deve possuir uma estrutura interna onde há a repetição de pequenas unidades chamadas meros (unidades de repetição); o termo polímeros vem de: poli = muitas e meros = partes, unidades de repetição; o termo polímero é massivo, sendo utilizado para designar o material cuja composição é baseada em um conjunto de cadeias poliméricas, e cada uma das muitas cadeias poliméricas que formam o polímero é uma macromolécula formada por união de moléculas simples ligadas por covalência.

Os polímeros de interesse comercial geralmente têm pesos moleculares médios superiores a 10.000g/mol, sendo que para os polímeros com muito alto peso molecular (acima de 100.000g/mol) algumas vezes adota-se a designação alto polímero; em relação ao tipo de cadeia polimérica, pode-se ter polímeros de cadeia carbônica, onde só existem átomos de carbono na cadeia molecular principal no eixo ou espinha dorsal do polímero, e polímeros de cadeia heterogênea (ou heteropolímeros), onde a cadeia molecular principal do polímero contém átomos diferentes de carbono, que também pode estar na cadeia principal do polímero.

Polímeros naturais orgânicos: borracha natural, madeira, algodão, etc.; polímeros naturais inorgânicos: diamante, grafite, vidro, etc.; polímeros artificiais, que são polímeros orgânicos naturais modificados: acetato de celulose, nitrato de celulose, acetatobutirato de celulose, carboximetil celulose, etc.; polímeros sintéticos orgânicos: polietilenos, polipropileno, PVC, poliestireno, náilons, poliésteres, etc.; polímeros sintéticos inorgânicos: ácido polifosfórico, poli (cloreto de fosfonitrila), etc.; não sendo acrescentada nenhuma característica ao polímero, normalmente admite-se que o polímero seja orgânico e sintético; os polímeros, quanto ao arranjo espacial tridimensional das cadeias poliméricas podem ser: amorfos (com arranjo desordenado das moléculas poliméricas) ou parcialmente cristalinos (arranjos onde existem regiões ordenadas, sendo que a fração dessas regiões ordenadas, em relação ao material todo, caracteriza o grau de cristalinidade do polímero).

Os polímeros, como matérias-primas na forma de pós, grânulos, dispersões ou fardos (borrachas), são transformados e utilizados em produtos finais como plásticos, borrachas, fibras, espumas, revestimentos, tintas e adesivos; os polímeros, em função do seu consumo e da qualidade de suas aplicações, podem ser: convencionais (ou de grande consumo) e não convencionais, onde se enquadram os polímeros de engenharia, os polímeros reforçados, os polímeros para uso em altas temperaturas, os polímeros condutores, os cristais líquidos poliméricos ou polímeros líquidos cristalinos, os polímeros barreira e outros polímeros especiais; ver borracha, peso molecular e plástico.

Polimerização é a síntese de um polímero, é o conjunto das reações que provocam a união de pequenas moléculas, por ligação covalente, para a formação das muitas cadeias macromoleculares que compõem um material polimérico; a polimerização consiste em reagir um ou mais monômeros para a obtenção de polímeros; em relação ao número de meros das cadeias poliméricas do polímero sintético, as polimerizações podem ser: homopolimerização, que é a polimerização onde as cadeias poliméricas do polímero sintetizado são constituídas por um único tipo de mero e, copolimerização, que é o termo geral para a polimerização onde as cadeias poliméricas do copolímero sintetizado são constituídas por dois ou mais tipos de meros.

Quanto ao método de preparação as polimerizações se dividem em poliadição e policondensação. As poliadições são polimerizações não acompanhadas da formação de subprodutos, e que, quando convencionais, são polimerizações com mecanismos de reações em cadeia, subdivididas em: polimerizações em cadeia via radicais livres, polimerizações em cadeia iônicas (catiônicas, aniônicas comuns e aniônicas via polímeros vivos) e as polimerizações em cadeia estereoespecíficas por complexos de coordenação, onde se destacam as polimerizações em cadeia tipo Ziegler-Natta. Os principais polímeros de adição obtidos em polimerizações em cadeia são: polietilenos, polipropileno, poliestireno, policloreto de vinila, polimetacrilato de metila, etc. As policondensações convencionais são polimerizações acompanhadas da formação de subprodutos, com mecanismos de reações em etapas. Os principais polímeros de condensação (obtidos em policondensações convencionais) são: náilons, poliésteres, resinas fenólicas, resina melamina-formaldeído, resina uréia-formaldeído; em relação ao meio físico que são realizadas, as polimerizações podem ser: polimerização em massa, em solução, em suspensão e em emulsão.

O processamento de polímeros é a transformação de um polímero, como matéria-prima, em um produto final; a escolha do tipo de processo de transformação de um polímero em um produto polimérico é feita com base nas características intrínsecas do polímero, na geometria do produto a ser moldado e na quantidade do produto que será produzida; o processamento de um polímero pode ser feito por várias técnicas, sendo as principais citadas a seguir: moldagem por injeção, extrusão (incluindo as técnicas de coextrusão), moldagem por sopro (extrusão-sopro e injeção-sopro), moldagem por compressão, calandragem, termoformagem à vácuo, moldagem rotacional (ou rotomoldagem).

Algumas definições gerais para Polímeros

Monômero: composto químico cuja polimerização irá gerar uma cadeia de polímero.

Homopolímero: macromolécula derivada de um único tipo de monômero.

Copolímero: macromolécula contendo dois ou mais tipos de monômeros em sua estrutura.

Termoplástico: polímero que amolece e pode fluir quando aquecido. Quando resfriado ele

endurece e mantém a forma que lhe é imposta. O aquecimento e o resfriamento podem ser repetidos muitas vezes.

Termofixo: polímero que não pode ser dissolvido ou aquecido até altas temperaturas de forma a permitir deformação contínua. Os termoplásticos se tornam termofixos através de crosslinks (ramificações).

Crosslink (ramificações): ligações químicas cruzadas entre cadeias de polímeros. Muitas cadeias podem se ligar uma nas outras formando uma rede de polímeros.

Classificação quanto às aplicações industriais

Uma classificação bastante ampla é que divide os polímeros em:

a) Elastômeros: quando os polímeros apresentam propriedades elásticas acentuadas. É o caso das borrachas sintéticas e naturais. Apresentam moléculas grandes e flexíveis que tendem a se enrolar de maneira caótica. Quando esses polímeros sofrem uma tensão, suas moléculas se desenrolam e deslizam umas sobre as outras: quando cessa a aplicação da tensão, as moléculas voltam à sua estrutura inicial.

b) Plásticos: são polímeros que, quando submetidos a aquecimento e pressão, amolecem e podem ser moldados. Quando essas condições são retiradas, o plástico endurece e conserva a forma de molde. São termoplásticos ou termofixos. Relativo a forma ou a estética. Que tem propriedade de adquirir determinadas formas, por efeito de uma ação exterior. A palavra plástico deriva do grego: plastikós, que significa relativo às dobras. Em latim, plasticu, assumindo o significado de que pode ser modelado. Assim o cirurgião plástico é aquele que altera determinadas formas de seu paciente através da cirurgia plástica. Artista plástico é aquele que, explorando o seu senso estético, trabalha com formas. O termo plástico, ou melhor, matéria plástica, é a designação genérica para uma grande família de materiais que apresentam em comum o fato de serem facilmente moldáveis. Eles podem através de métodos adequados, assumirem a forma de garrafas, vasos, pratos, caixas, sacos, lâminas, fios, etc.

c) Fibras: quando o polímero tem grande resistência à tração mecânica e, em consequência, se presta bem à fabricação de fios. É o caso do náilon (nylon). A tecnologia moderna nos oferece, quase diariamente, novos tipos de materiais como:

Plásticos Compostos ou Reforçados (Compósitos): quando ao polímero são adicionados outros materiais (por exemplo, fibra de vidro) para aumentar sua resistência.

Plásticos Expandidos: o exemplo mais comum é o isopor, que é poliestireno. Ao poliestireno são adicionadas substâncias que produzem gases. Por aquecimento, os gases se expandem e o plástico incha, sendo extremamente leve e ótimo isolante térmico e acústico.

Polímeros Condutores e Semi-Condutores: poderão revolucionar, no futuro, a transmissão da

corrente elétrica e a fabricação de eletrodomésticos e computadores.

História dos Polímeros

Nativos da Ilha de Madagascar, continente africano, ao perceberem a alta resistência do fio da teia de aranha, criavam aranhas do gênero *Nephilae*, em gaiolas individuais, na floresta perto de suas casas. As aranhas eram colocadas nas gaiolas, de modo que ficassem com o abdome para fora, e assim os nativos colhiam os fios de cor amarelo-dourada e transformavam-no em um belo tecido.

Um fio da teia dessa aranha com cerca de 0,01 centímetros de espessura suportava uma massa de até 90 gramas, uma resistência correspondente a 80 vezes mais que um fio de aço da mesma espessura. Podendo ainda sofrer um aumento de elasticidade de até 20% de seu comprimento, antes de se romper.

Sessenta dessas aranhas produziam somente 1 quilometro desse fio, o que tornava o produto inviável para uso comercial. O bicho-da-seda (*Bombyx mori*), assim como a aranha do gênero *Nephilae*, produz fios ricos em proteínas, fornecendo ao homem a seda natural.

Em 1938, a Indústria Dupont, depois de décadas pesquisando para produzir um fio mais barato e tão resistente quanto a seda natural e o fio da aranha, anunciou a descoberta do náilon, pelo químico norte americano Wallace Hume Carothers.

A evolução dos materiais poliméricos ao longo do tempo

Na verdade, os materiais poliméricos não são novos - eles têm sido usados desde a Antiguidade. Contudo, nessa época, somente eram usados materiais poliméricos naturais. A síntese artificial de materiais poliméricos é um processo que requer tecnologia sofisticada, pois envolve reações de Química Orgânica, ciência que só começou a ser dominada a partir da segunda metade do Século XIX. Nessa época começaram a surgir polímeros modificados a partir de materiais naturais.

Somente no início do Século XX os processos de polimerização começaram a ser plenamente viabilizados, permitindo a síntese de polímeros a partir de seus “meros”.

Tais processos estão sendo aperfeiçoados desde então, colaborando para a obtenção de plásticos, borrachas e resinas cada vez mais sofisticadas e baratas, graças a uma engenharia molecular cada vez mais complexa.

Tipos de Polímeros

Existe no mercado uma grande quantidade de tipos de polímeros, derivados de diferentes compostos químicos. Cada polímero é mais indicado para uma ou mais aplicações dependendo de suas propriedades físicas, mecânicas, elétricas, óticas, etc. Os tipos de polímeros mais consumidos atualmente são os polietilenos, polipropilenos, poliestirenos, poliésteres e poliuretanos; que devido a sua grande produção e utilização são chamados de polímeros commodities. Outras classes de polímeros, como os poliácridatos, policarbonatos e fluorpolímeros tem tido uso crescente. Vários outros polímeros são fabricados em menor escala por terem uma aplicação muito específica ou devido

ao seu custo ainda ser alto e por isso são chamados de plásticos de engenharia. Uma nova classe de polímeros biológicos (biopolímeros) tem sido o foco de atenção de muitas pesquisas devido a suas aplicações no campo da medicina.

Classificação dos polímeros

Quanto à ocorrência:

Naturais – São polímeros que já existem normalmente na natureza. Dentre os mais importantes estão os carboidratos (celulose, amido, glicogênio etc), as proteínas (existente em todos os seres vivos) e os ácidos nucleicos (existentes no núcleo das células vivas e responsáveis pelas características genéticas dos seres vivos).

Sintéticos – São polímeros fabricados pelo homem, a partir de moléculas simples obtidas a partir de produtos químicos extraídos do petróleo ou carvão. Dentre eles estão o acrílico, o poliéster, a poliamida, nylon, o polietileno, o PVC, além das aramidas (Kevlar e Nomex). No setor de fibras têxteis, além de falarmos em fibras naturais (algodão, seda, juta etc) e artificiais (nylon, poliéster etc), eles têm como características, grande resistência a luz solar; cores firmes; e pequena absorção de umidade. Falamos também em fibras artificiais ou modificadas, como, por exemplo, o rayon. A fabricação do rayon já parte de uma macromolécula, que são as fibras naturais do algodão; a seguir, por meio de várias reações químicas, purifica-se a macromolécula e no final faz-se uma nova fiação. Resultam então fios e fibras de composição química idêntica à macromolécula inicial, porém, de muito melhor qualidade, que constituem o rayon, e as características desses polímeros são: maior intensidade nas cores; alta resistência à luz solar; grande absorção de umidade.

Quanto à natureza da cadeia:

Polímero de cadeia homogênea - Quando o esqueleto da cadeia é formada apenas por átomos de carbono.

Polímero de cadeia heterogênea - Quando no esqueleto da cadeia existem átomos diferentes de carbono (heteroátomos).

Quanto à disposição espacial dos monômeros:

Polímero Tático - Quando as unidades monoméricas dispõem-se ao longo da cadeia polimérica segundo certa ordem, ou seja, de maneira organizada. Os polímeros táticos podem ainda ser divididos em isotáticos e sindiotáticos. Nos polímeros isotáticos, os monômeros distribuem-se ao longo da cadeia de tal modo que unidades sucessivas, após rotação e translação, podem ser exatamente superpostas. Nos polímeros sindiotáticos, a rotação e translação de uma unidade monomérica, em relação à seguinte, reproduz a imagem especular desta última.

Polímero Atático - Quando as unidades monoméricas dispõem-se ao longo da cadeia polimérica ao caso, ou seja, de maneira desordenada.

Estrutura espacial dos Polímeros:

As estruturas dos polímeros e sua conformação molecular influenciam as propriedades do polímero. Eles podem ser:

Polímero Linear: nesses polímeros, cada monômero é ligado somente a outros dois monômeros, existindo a possibilidade de ramificações pequenas que são parte da estrutura do próprio monômero. Exemplos: estireno e polimetilmetacrilato.

Polímero Ramificado: nos polímeros ramificados, um monômero pode se ligar a mais de dois outros monômeros, sendo que as ramificações não são da estrutura do próprio monômero. Exemplo: poliacetato de vinila e polietileno.

Polímero em Rede: nos polímero em rede (crosslinked), as ramificações do polímero se interconectam formando um polímero com peso molecular infinito. Um polímero é considerado de peso molecular infinito quando seu valor é maior do que o peso molecular que os equipamentos de análise conseguem medir.

Estado de Conformação

Polímero Amorfo: as cadeias do polímero estão em estado desorganizado, arranjadas em espirais randômicas e sem que haja um ponto de derretimento fixo.

Polímero Cristalino: as cadeias do polímero estão em estado ordenado, existindo uma forma definida. Possui um ponto de derretimento definido.

Polímero Semi-Cristalino: em geral, os polímeros não são nem totalmente amorfos, nem totalmente cristalinos, se apresentando num estado intermediário. Este estado intermediário é definido pelo grau de cristalinidade do polímero. Quando maior o grau de cristalinidade, maior é a organização das cadeias de polímero. O conhecimento do grau de cristalinidade de um polímero é importante, pois facilita na seleção do material a ser usado em diferentes aplicações.

Aplicações

ABS - partes automotivas; Kevlar - roupas anti-chamas; Nylon - fibras, roupas, carpetes; PHEMA - rins artificiais; Poliacetato de vinila - revestimentos; Poli (ácido glicólico) - uso medicinal na reconstituição de ossos e cartilagens; Poliacrilamida - lentes de contato; Policarbonato - lentes oftálmicas; Policloropreno - adesivos, freios, gaxetas; Polidimetil siloxano - detetores contra explosivos; Poliester - embalagens, filmes, roupas; Poliestireno - embalagens, utensílios domésticos, isolantes térmicos; Polietileno - embalagens, filmes, utensílios e peças diversas; Polietileno tereftalato - embalagens; Polimetil metacrilato - tintas, balcões, vitrais; Polipropileno - embalagens, utensílios, peças diversas, tapetes; Polisopreno - borrachas; Poliuretano - espumas, roupas isolantes; PVC - tubos e conexões; SBR - pneus, calçados, adesivos; Teflon – antiaderente; etc.

5.1 PLÁSTICOS

Inventado a partir de uma necessidade de mercado, o plástico surgiu de uma tentativa de substituir um material natural.

Depois de uma lenta evolução até a Segunda Guerra Mundial, tornou-se a matéria-prima essencial de inúmeros produtos antigos e novos. Assim, a cada necessidade, logo sai dos laboratórios de pesquisa um material sintético mais versátil, mais uniforme e mais econômico.

O plástico surgiu da procura por um substituto do marfim na fabricação de bolas de bilhar. O norte-americano chamado John Wesley Hyatt, depois de várias tentativas frustradas, descobriu sem querer ao derramar uma garrafa de colódio (ou nitrocelulose), que este se aglutinava como uma cola. Acrescentando cânfora ao nitrato de celulose e submetendo essa mistura a uma determinada pressão e temperatura ele obteve um material moldável ao qual deu o nome de celulóide.

O plástico é uma molécula sintética, ou seja, produzida pelo homem, chamada de polímero. Os polímeros são moléculas gigantes, geralmente de origem orgânica, constituídas pela união de moléculas de baixo peso molecular, denominadas monômeros, através de reações químicas. Como exemplos de monômeros, podemos citar o fenol, o cloreto de vinila, o propeno, o etileno etc. Por meio de aquecimento de compostos como esses, com ou sem a presença de um catalisador, ocorre a polimerização e obtém-se o plástico.

No dicionário encontramos uma explicação mais ou menos parecida com esta: plástico é todo o material que tem a propriedade de adquirir e conservar uma forma determinada pela ação de uma força exterior. Por essa definição, uma grande variedade de materiais pode ser entendida como “plástico”, como por exemplo, uma porção de argila misturada à quantidade adequada de água; o aço aquecido a uma temperatura em torno de 800°C são materiais plásticos.

Todavia, quando nos referimos ao plástico, estamos falando de um grupo de materiais sintéticos que, no processamento, é aquecido e que, na temperatura em que está “plástico”, amolece sem se tornar líquido, podendo ser moldado. O nome mais adequado para esse material seria “plastômero”, ou seja, polímero plástico. Quimicamente, os plásticos são polímeros formados por várias cadeias de macromoléculas de alto peso molecular.

Um exemplo ilustrativo é a corrente, cujos elos correspondem aos monômeros, enquanto a corrente é o polímero. Portanto os polímeros podem ser definidos quimicamente como moléculas relativamente grandes (macromoléculas), em cuja estrutura se encontram unidades químicas simples repetidas (meros). Polietileno, polipropileno, poliestireno, poliéster, nylon e teflon são exemplos de polímeros industriais. A reação química para obtenção do polímero é denominada polimerização. A nível microscópico é possível dizer sobre a polimerização que, enquanto o material é aquecido, cadeias de moléculas formam “fios”, e esses fios têm a facilidade de deslizar uns sobre os outros e

quando o material esfria, os fios se juntam e se entrelaçam sem se romper significativamente.

O primeiro plástico fabricado pelo homem através de síntese foi a resina fenol-formaldeído, desenvolvida pelo físico e químico belga Leo Hendrik Baekeland. Estudando seriamente sobre a polimerização e a condensação, ele conseguiu viabilizar um método de reações controladas de polimerização, de modo a produzir resinas plásticas em quantidades comercialmente viáveis. Em vez de retardar a reação de polimerização, ele apressou-a. Em uma autoclave e a uma temperatura de 200°C, ele obteve uma massa esférica, cuja superfície era uma impressão exata do fundo do recipiente, incluindo as cabeças dos parafusos. Estava “inventada” a baquelite, o primeiro plástico sintético.

Quando, na formação das macromoléculas, participam mais do que um tipo de monômero, obtém-se plásticos chamados copolímeros. Dependendo da disposição dos diferentes monômeros nas moléculas dos copolímeros, estes apresentam diferentes características físico-químicas.

Os tipos ou famílias dos materiais plásticos são obtidos pelo uso de um monômero diferente ou de diferentes combinações de monômeros, e as propriedades de cada tipo são determinadas pelo processo de obtenção e pelo uso de determinados tipos de aditivos e cargas.

Os materiais plásticos são obtidos pela reação química realizada com a ajuda de calor, pressão e elemento catalisador. Os processos de obtenção dos produtos incluem moldagem por compressão, extrusão, injeção, conformação a vácuo, corte em estampas e usinagem. Para a fabricação das peças, o material plástico é fornecido na forma de grãos grossos, lisos e sem rebarbas, medindo entre 2 e 3 mm, para facilitar o deslizamento nas máquinas injetoras. Pode também ser apresentado semi transformado, isto é, transformado em forma de barras, placas ou chapas finas. As barras e as placas se destinam a obtenção de peças pelos processos convencionais de usinagem. As chapas finas e os laminados podem ser cortadas em estampas, ou conformadas a vácuo.

O quadro a seguir mostra alguns produtos derivados de cada tipo de matéria-prima. As matérias-primas básicas para a obtenção da maioria dos materiais plásticos são de origem natural ou sintética.

Matéria – prima	Origem	Produto
Celulose	Natural	Acetato de celulose; Nitrato de Celulose
Caseína	Natural	Galalite
Óleo de rícino	Natural	Náilon
Amônia e Uréia	Natural	Uréia-formaldeído
Acetileno	Sintético	Policloreto de Vinila; Poliacrilovinila
Propeno	Sintético	Polipropileno
Etileno	Sintético	Polietileno
Benzeno	Sintético	Náilon; Poliste
Etileno + Benzeno	Sintético	Poliestireno

Fonte: Telecurso 2000. Materiais Plásticos

Utilidade e uso

Os plásticos são usados em grande escala na produção de embalagens, principalmente de produtos alimentícios, utensílios domésticos e eletrodomésticos, além de suas aplicações científico-tecnológicas e industriais. A popularização dos plásticos se deve, basicamente, ao seu baixo custo de produção, peso reduzido, elevada resistência e à possibilidade de seu uso na fabricação de peças nas mais variadas formas, tamanhos e cores.

O emprego de computadores na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, aliado ao avanço na tecnologia dos materiais criam plásticos com propriedades físicas cada vez melhores. Assim, a cada dia, as indústrias automobilísticas, de construção civil, de aparelhos eletroeletrônicos, de computadores pessoais, e de material esportivo apresentam novas utilizações para novos materiais plásticos.

5.1.1 Tipos de plásticos

Os plásticos são divididos em duas categorias importantes: termofixos e termoplásticos. Esses grupos são determinados pela maneira como as resinas plásticas reagem em relação ao calor.

Os termofixos

Representam cerca de 20% do total consumido no país. São plásticos que, uma vez moldados por um dos processos usuais de transformação, não podem mais sofrer novos ciclos de processamento, pois acabam não fundindo, o que impede nova moldagem, ou seja, são aqueles que se tornam plásticos, ou seja amolecem, por meio de calor, sofrem transformação química em sua estrutura e, ao endurecerem, adquirem a forma do molde na qual foram moldados, não podendo mais ser amolecidos. Se forem reaquecidos nas temperaturas de processamento, eles não readquirirão a plasticidade, desse forma os produtos fabricados com materiais plásticos termofixos só podem ser moldados uma única vez.

Em outras palavras também podemos dizer que os termofixos são materiais plásticos que quando curados, com ou sem aquecimento, não podem ser reamolecidos por um próximo aquecimento; as matérias-primas para os termofixos são resinas oligoméricas, ainda termoplástica, que na moldagem em produtos, são curadas e transformadas em termofixos, insolúveis; estruturalmente, os termofixos têm como componentes fundamentais polímeros com cadeias moleculares contendo muitas ligações químicas primárias entre as cadeias diferentes – ligações cruzadas – que geram o comportamento dos termofixos, que podem também ser chamados polímeros reticulados ou polímeros com muitas ligações cruzadas; os termofixos, quando for necessário, podem conter aditivos e podem ter aplicações como plásticos de engenharia, como é o caso dos poliésteres insaturados reforçados com fibras de vidro; exemplos de matérias-primas para os plásticos termofixos: resina fenólica, resina uréia-formaldeído, resina melamina-formaldeído, resina epóxi e

resina de poliéster insaturado; podem ser empregados como sinônimos de termofixos, os termos termorrígidos e termoendurecíveis; ver cura, oligômero, plástico, polímero e resina.

O exemplo mais clássico é a “baquelite”, o epóxi, o silicone. Podem ainda ser citados alguns poliuretanos (PU) e o poliacetato de etileno vinil (EVA), usados em solados de calçados; poliésteres, como os utilizados na fabricação de telhas reforçadas com fibra de vidro; resinas fenólicas, utilizadas em revestimento de móveis, entre outros.

Os termoplásticos

Os materiais termoplásticos tornam-se plásticos pela ação do calor e se solidificam com o resfriamento, retendo a forma na qual foram moldados. Se forem aquecidos novamente, voltam a se tornar plásticos. São largamente utilizados, por serem materiais que podem ser reprocessados várias vezes pelo mesmo ou por outro processo de transformação. Quando submetidos ao aquecimento em temperaturas adequadas, esses plásticos amolecem, fundem-se e podem ser novamente moldados.

São polímeros capazes de ser repetidamente amolecidos pelo aumento da temperatura e endurecidos pela diminuição da temperatura. Esta alteração reversível é física e não química, mas pode provocar alguma degradação no termoplástico, para um número elevado de ciclos de aquecimento e de resfriamento; estruturalmente, os componentes fundamentais dos termoplásticos são polímeros com cadeias lineares ou ramificadas, sem ligações cruzadas, isto é, entre as cadeias poliméricas diferentes só existem interações intermoleculares secundárias, reversíveis com a temperatura; os termoplásticos podem ser: convencionais, especiais ou de engenharia; os termoplásticos convencionais são: polietileno de baixa densidade, polietileno de alta densidade, polipropileno, poli (cloreto de vinila) e o poliestireno; entre os termoplásticos especiais se destacam o poli (metacrilato de metila) e o poli (tetraflúor-etileno); os principais termoplásticos de engenharia são: náilons, policarbonatos, poliacetais, poliésteres termoplásticos, ABS (graus de engenharia), poli (óxido de fenileno) modificado com poliestireno, polissulfonas, poli (sulfeto de fenileno) e poli (éter-éter-cetona); os termoplásticos, quando for necessário, podem conter aditivos.

Características dos plásticos

Ele apresenta, entre outras características, baixo peso, alta resistência à corrosão, baixa condutividade térmica e elétrica, facilidade de conformação, boa resistência às soluções salinas e ácidas, boa aparência, baixo coeficiente de atrito. Como a qualquer outro material, também é possível acrescentar ao plástico aditivos capazes de melhorar suas características físico-químicas e sua aparência, facilitar o processamento ou conferir-lhe qualidades especiais.

Aditivos são substâncias acrescentadas a um plástico para conferir, eliminar, diminuir ou aumentar determinada propriedade, ou conjunto de propriedades. Nesse grupo encontram-se os lubrificantes, os estabilizantes, os plastificantes, os retardadores de chama, os agentes antiestáticos, as

cargas e os pigmentos.

Cada um tem uma função determinada. Assim, os lubrificantes facilitam o fluxo do material durante o processamento, impedindo que ele “grude” nos componentes do equipamento. Os estabilizantes retardam a degradação provocada pelo calor do processamento e pela luz ultravioleta (UV). Os plastificantes, geralmente líquidos, aumentam a flexibilidade, facilitando o processamento. Os retardadores de chama são incorporados aos plásticos por questão de segurança, para impedi-los de pegar fogo, propagar chama e fumaça. Os agentes antiestáticos impedem a criação ou o armazenamento de eletricidade estática nas peças e produtos fabricados de termoplásticos.

As cargas são substâncias incorporadas a um material base, mas que não solubilizam nem reagem com ele. O objetivo dessa adição é diminuir o custo do material ou aumentar algumas propriedades definidas e conferir-lhe características especiais, as que são utilizadas com mais frequência são talco e caulim.

Os pigmentos são substâncias orgânicas e inorgânicas que conferem cor ao material a fim de melhorar seu aspecto. Eles são naturais, quando obtidos pela moagem de minerais como a sílica e o óxido de ferro. Ou sintéticos, como os óxidos e os cromatos, que são produzidos através de reações químicas. Estes elementos de adição são incorporados ao material plástico mecanicamente por meio de máquinas extrusoras, calandras ou por misturadores do tipo Banbury.

Poluição e Lixo

Até os anos 60, não havia grande problema com o lixo produzido pelo homem. O descarte de embalagens de papelão e latas era feito em aterros sanitários. As embalagens de vidro eram retornáveis, por isso eram aproveitadas por muito tempo. As latas eram recicladas e armazenadas em ferro velhos e depois levadas para fundições, onde eram derretidas.

Com o baixo custo do plástico e o uso generalizado, começou a surgir o problema do descarte.

É estimado entre 100 e 150 anos a decomposição de embalagens plásticas. Devido a isto, e a problemas sociais o polímero utilizado em embalagens plásticas é considerado o maior poluidor da natureza.

O plástico apresenta alguns defeitos: baixa resistência mecânica e ao calor, pouca estabilidade dimensional, alto coeficiente de dilatação, dificuldade de ser reparado quando danificado. Seu maior defeito, porém, parece ser o fato de que a maioria dos plásticos não é biodegradável, ou seja, a natureza, com a luz e o calor do sol, não consegue transformá-lo em uma substância que ela possa absorver e ele não desaparece como por a madeira por exemplo.

Reciclagem

A reciclagem é um modo de reaproveitar e controlar a quantidade de materiais lançados na natureza. Reciclando garrafas e embalagens plásticas, por exemplo, novos produtos são fabricados

sem a produção de mais material plástico, material esse tão agressivo ao meio ambiente. Mas, o ideal seria a utilização de plásticos biodegradáveis. As pesquisas para isso estão avançadas, porém esbarram no fator econômico: enquanto o material plástico não biodegradável for mais barato, não haverá espaço para um outro material com as mesmas características e que não polua o meio ambiente.

Tempo de Degradação dos Materiais

Resíduo	Tempo
Jornais	de 2 a 6 semanas
Embalagens de papel	de 1 a 4 meses
Guardanapos de papel	3 meses
Pontas de cigarro	2 anos
Palito de fósforo	2 anos
Chiclete	5 anos
Cascas de frutas	3 meses
Nylon	de 30 a 40 anos
Copinhos de plástico	de 200 a 450 anos
Latas de alumínio	de 100 a 500 anos
Tampinhas de garrafa	de 100 a 500 anos
Pilhas e baterias	de 100 a 500 anos
Garrafas de plástico	mais de 500 anos
Pano	de 6 a 12 meses
Vidro	indeterminado
Madeira pintada	13 anos
Fralda descartável	600 anos
Pneus	indeterminado

Fonte: www.fec.unicamp.br

Para facilitar a separação em usinas de reciclagem, muitos materiais plásticos já trazem uma marcação de identificação.

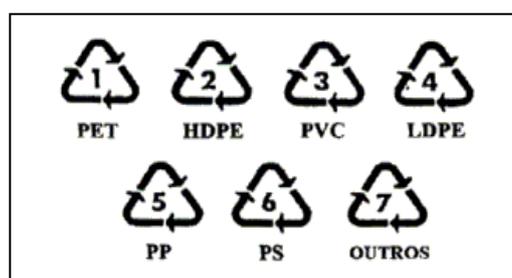
1 - PET - poli(tereftalato de etileno): garrafas de refrigerantes, água, vinagre, detergentes.

2 - HDPE (PEAD) - polietileno de alta densidade: recipientes de detergentes, amaciantes, branqueadores, leite, condicionadores, shampoos, etc.

3 - PVC - cloreto de polivinila: pipas, cortinas de banheiros, bandejas de refeições, capas, assoalhos, forros.

4 - LDPE (PEBD) - polietileno de baixa densidade: filmes, sacolas de supermercado, embalagens de lanches.

5 - PP - polipropileno: recipientes para guardar alimentos, carpetes, embalagens de pudins, iogurtes e de água mineral.



Fonte: www.grupoescolar.com

6 - PS - poliestireno: copos de água e de café, protetor de embalagens (isopor), protetor de cartuchos de impressora.

7 - Outros: PC - policarbonato: mamadeira, coberturas de residências, lentes de óculos, escudo protetor contra balas.

5.2 ACRÍLICOS

O acrílico é um polímero, pois é constituído de grandes moléculas formadas por muitas unidades químicas que se repetem. Pertence à família dos termoplásticos devido à possibilidade de conformá-lo com a aplicação de calor ou solvente.

Produto obtido através da polimerização do Metacrilato de Metila é um material nobre, de grande durabilidade e transparência. Suas propriedades óticas, físicas, mecânicas e químicas tornam o Acrílico versátil e adaptável a diversas aplicações e situações. Arte, medicina, publicidade e indústria em geral são áreas que podem ser beneficiadas com as vantagens do Acrílico.

A chapa acrílica é um produto manufaturado a partir do monômero de Metacrilato de Metila, pelos processos “Casting”, produzida com matéria-prima pura de alta qualidade. As chapas são moldadas entre vidros, por isso apresentam excelente planimetria e espessura, ou pelo processo de extrusão, no qual as chapas são produzidas pelo aquecimento da resina de acrílico e posterior resfriamento da chapa em calandras.

O uso das chapas de acrílico é apropriado para uma grande variedade de aplicações, devido às suas excepcionais qualidades e propriedades, que vão desde preciosos componentes de engenharia até produtos domésticos e comerciais.

São fáceis de usinar com emprego de equipamentos convencionais e de se termo formar em delicadas formas, com moldes de baixo custo. O acrílico é resistente às intempéries, possui brilho e alta transparência, se comparado ao vidro.

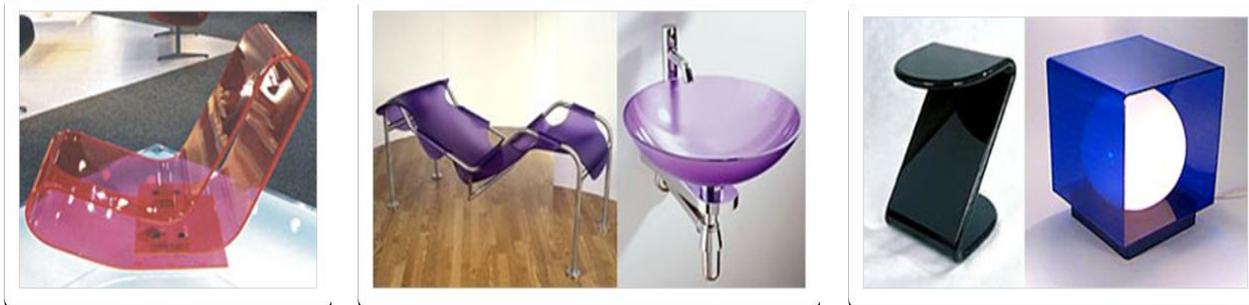
A chapa acrílica é um material termoplástico, mas, quando aquecida a temperaturas relativamente altas, torna-se maleável e de consistência semelhante à da borracha, permitindo ser moldada nas mais variadas formas. Depois de resfriada, adquire novamente a rigidez, conservando, porém, a forma moldada. É assim que surgem os mais diversos produtos para uso na construção, na decoração ou em comunicação visual.

Suas propriedades são descritas na literatura quase sempre em comparação ao vidro, e possui as seguintes diferenças:

É menos denso; sua densidade varia de 1150 à 1190 kg/m³. Isso é menos que a metade da densidade do vidro, que varia de 2400 à 2800 kg/m³; tem um maior ponto de impacto que o vidro e não se desfragmenta, mas pode quebrar em grandes pedaços; é mais macio e tem menor proteção ao

risco que o vidro. Isso pode ser contornado por filmes anti-risco; é produzido e processado em temperaturas menores que o vidro: somente 240-250 °C sob pressão atmosférica; ao contrário do vidro, ele não filtra a luz ultravioleta, mas transmite luz UV abaixo de 300 nm.

PMMA – polimetil metacrilato: transmite luz na frequência do infravermelho acima de 2800 nm. IV de grande comprimento de onda, acima de 25.000 nm são bloqueadas. Fórmulas especiais de acrílicos coloridos existem para permitir a transmissão de específicos comprimentos de onda no espectro do IV, enquanto bloqueia luz visível (380 à 750 nm) para serem utilizadas por exemplo em controle remotos.



Fonte: www.mapro.com.br

Aplicações

O acrílico é um material transparente (com transmissão de luz na ordem de 92%), versátil e acessível para diversas aplicações. Além do seu uso pela indústria moveleira, o acrílico é empregado em objetos decorativos, fachadas, luminárias, comunicação visual e, na construção civil, em coberturas, domos, protetores acústicos, etc.

As propriedades mecânicas das chapas acrílicas facilitam o trabalho do fabricante de móveis, pois podem ser furadas, cortadas, dobradas e moldadas com as mesmas ferramentas e máquinas utilizadas no trabalho da madeira e do metal, respeitando-se a utilização correta de serras, fresas e brocas. Chapas de acrílico podem ser coladas com solventes e adesivos formando uniões fortes, duráveis e transparentes.

Alguns tipos de Acrílicos

Acrilato

Material com formulação especial patenteada é utilizado no setor moveleiro e em decoração. É um material importante para designers e arquitetos, que encontram no Acrilato soluções como multiplicidade de cores, transparência, acabamento. Pode ser aplicado em madeira, metal, plástico e alumínio. Entre as aplicações estão: componentes para móveis: cozinhas, dormitórios, salas, acessórios, como puxadores e perfis para portas; displays; identificações comerciais; identificações industriais; transporte rodoviário (tapa-sol, calha, defletor, lâmina); peças industriais; acessórios para informática; sinalizações urbanas; sinalizações de serviços, etc.



Fonte: www.mapro.com.br

Metacrilato

Chapa de acrílico acidada, fabricada no sistema “casting”, utilizando monômero “MMA”, Metacrilato de Metila. Sua utilização é de domínio público e suas aplicações atendem a diversos segmentos. O Metacrilato diferencia-se do Acrilato por apresentar uma estrutura molecular mais rígida, dificultando a usinagem, o que não ocorre com o Acrilato.

Resinas acrílicas

O Polimetil Metacrilato, comercialmente conhecido como polímero ou resina acrílica, é fornecido na forma de grãos e classificado em diferentes graus, de acordo com suas características específicas. Caracteriza-se pelos diferentes pesos moleculares e pelo conteúdo.

DuPont™ Corian®

CORIAN® é um composto de minerais naturais e polímeros acrílicos puros (resina acrílica, alumínio, pigmentos e ingredientes patenteados), criado pelos laboratórios de pesquisas da DuPont . É um material maciço, homogêneo e moldável, usado em diversas aplicações residenciais, comerciais e no setor de saúde. É encontrado na forma de placas, cubas e adesivos.

6. COMPÓSITOS

Segundo Callister, em *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução* (2008), pode-se considerar um compósito como qualquer material multifásico que tenha uma proporção significativa de propriedades de ambas as fases que o constituem, de tal maneira que se tenha uma melhora nas propriedades originais.

Existem vários tipos de compósitos ao nosso redor, sejam eles naturais ou fabricados pelo homem. Como exemplo dos naturais pode citar a madeira que é constituída de fibras de celulose resistentes e flexíveis, que são mantidas unidas e envolvidas por meio da lignina, queda rigidez ao sistema. Outro bom exemplo são os ossos, constituídos por uma proteína forte, mas mole, conhecida como colágeno, juntamente com uma mineral duro e frágil, a apatita.

Porém a grande maioria dos materiais compostos são fabricados artificialmente, numa engenhosa e trabalhada junção de diferentes materiais, para haver uma melhora nas condições mecânicas e físicas tais como, rigidez, tenacidade e resistência.

São formados por dois ou mais materiais, criando propriedades muitas vezes mais vantajosas do que um único material, obtendo produtos com diferentes propriedades, por exemplo, leves e resistentes. Com os materiais compósitos, é possível obter-se produtos de diferentes propriedades, como resistentes a choques, a altas temperaturas e leves.

Exemplos de compósitos:

ABS + fibra de vidro, usado em carenagens de televisão, por exemplo;

Polipropileno + fibra de vidro: utilizado em tanques de máquinas de lavar, em estrutura de cadeiras; plástico com madeira: usado em componentes de móveis, laterais, tampas, prateleiras.

O uso de expansores permite reduzir o consumo de materiais e obter melhor acabamento das peças transformadas. Em processos de extrusão, os expansores são empregados em molduras para quadros, em fitas decorativas em PP, bandejas de PS, tubos de PVC e PEAD. A presença desses compostos na produção de fios e cabos em PEBD por extrusão promove reduções no peso, que chegam a 30%, e melhoram as características dielétricas de condutividade.

No rol dos mais recentes desenvolvimentos, destaca-se o emprego de expansores em compostos contendo fibras de madeira. Conhecidos por agrofibras, esses produtos expandidos são empregados na construção civil, no mobiliário, em transportes, em infra-estrutura e constituem uma das principais novidades no setor.

Segundo difunde a Trikem, o PVC rígido expandido também pode ser uma alternativa para substituir a madeira, tendo maior aproveitamento nas indústrias da construção civil e moveleira. O PVC expandido é muito versátil, podendo ser aplainado, serrado, colado, pregado e parafusado.

Rodapés de PVC dispensam fixação e acabamento. Perfis e placas expandidas podem ser soldadas pelo processo de aquecimento por placas ou por cordões de solda. O rodapé que imita a madeira, além de expandido, pode ser confeccionado com 30% de pó de madeira, proveniente de resíduos beneficiados. Essa tecnologia está disponível, e existem estudos para aumentar o percentual do pó de madeira, com a perspectiva de chegar próximo a 50%.

O PVC expandido é produzido a partir da adição de um agente expensor ao composto de PVC e posterior aquecimento dessa mistura. Sob aquecimento, o agente de expansão irá se decompor, produzindo gás no interior da massa de PVC. Uma pequena porção de agente que não reage provoca o processo de nucleação e a formação de células cheias de gás, ou seja, o expandido.

Ao sair da extrusora, a mistura supersaturada de resina-gás se expande. A pressão diminui durante essa expansão, produzindo-se células na massa de PVC. As células crescem até que a pressão atinja um ponto de equilíbrio com a tensão superficial das paredes da célula.

Tipos de Compósitos

De acordo com o tipo dos materiais constituintes e dos processos de fabricação, há diferentes classificações de materiais compósitos, associados às suas características, comportamentos e vantagens específicas. Uma primeira divisão pode ser dada como:

- Compósitos Fibrosos;
- Compósitos Laminados;
- Compósitos Particulados.

Os compósitos fibrosos constituem-se pela união de fibras longas, em meio de uma matriz, atuante como material de reforço. Inicialmente a resistência de uma fibra em particular, à sua tração unidirecional, já é observada bem maior que a de sua matéria-prima bruta. Diversos fabricantes apresentam opções comerciais de fibras, variando de média a altas resistências, e, em geral, com baixas densidades. A escolha para um projeto, salvo restrições econômicas, dependerá basicamente dos valores de razão entre a rigidez à tração e a densidade, quando o peso final também for crítico ao Projeto. Uma variante aos compósitos de fibras longas são conhecidos como “Whiskers”, os quais apresentam comprimentos bem menores, próximos aos valores diamétrais, que são mantidos similares. Na constituição do material compósito, um material constituinte, matriz do compósito, é utilizado para a união das fibras ou whiskers, permitindo a transferência de carregamentos, apresentando, ainda, a capacidade de proteção e suporte das fibras.

A segunda classe de compósitos apresenta-se como a laminação de diferentes camadas, de materiais distintos, combinando suas características mecânicas. Há diversos exemplos desta classe como laminados bimateriais, ou estruturas “sanduíche”, em que um núcleo mais espesso de material macio é coberto com chapas de maiores resistências mecânicas. Estruturas aeronáuticas normalmente

adicionam chapas metálicas a núcleos de espumas sólidas. A resistência à corrosão também é uma característica importante no projeto e escolha destes materiais.

Uma importante aplicação consiste em utilizar a combinação dos materiais laminados e fibrosos, resultando nos compósitos laminados reforçados por fibras. Neste caso, o material é formado por camadas constituídas por fibras longas alinhadas em certas direções, com a finalidade de priorizar resistência mecânica. Um número ilimitado de camadas pode ser definido em variadas direções, empregando-se diferentes materiais. Este arranjo permite ao engenheiro várias soluções para o projeto de uma estrutura compósita, de forma a entender solicitações externas, de acordo com especificações definidas.

A classe dos compósitos particulados resulta da imersão de partículas de um ou mais materiais em uma matriz de composição. Um grande número de arranjos com partículas e matrizes, sejam metálicas ou não metálicas, é relatado na Literatura. Alguns exemplos desta classe são citados como o concreto, formado por partículas de areia e rocha em matriz de cimento, e os propelentes sólidos usados em mísseis e foguetes.

Aplicações

A aplicação de materiais compósitos surgiu inicialmente na área aeronáutica devido a necessidade de diminuição de peso, preservando a robustez dos componentes estruturais. Atualmente uma grande variedade de peças em materiais compostos podem ser encontradas nos aviões em substituição aos materiais metálicos (fuselagem, spoilers, portas de trem de aterrissagem, portas internas). Em muitos componentes aeronáuticos, sua concepção foge da definição dada inicialmente para materiais compósitos, pois nestes casos os componentes são fabricados normalmente em placas de baixa densidade, contraplacadas por placas finas de alta resistência. Esta configuração normalmente é dita sanduíche. De uma forma mais ampla, estas configurações são também consideradas compósitos, pois combinam diferentes materiais. A destacada atuação do Brasil nos setores de transporte aeronáutico abre boas perspectivas para as empresas.

A utilização dos compósitos dentro da indústria automobilística é bem mais recente do que na área aeronáutica. Inicialmente, eram produzidos somente pára-choques e tetos de automóveis. Atualmente, o material composto é utilizado para a fabricação de capôs, carters de óleo, colunas de direção, árvores de transmissão, molas laminadas, painéis, dentre outras peças. O Brasil é um dos maiores fabricantes mundiais de ônibus, microônibus e vans. Este fato, aliado aos investimentos das montadoras internacionais em nosso país e ao constante crescimento deste segmento, sinaliza um excelente potencial de desenvolvimento para a indústria de compósitos. Uma das grandes vantagens trazidas para o meio automobilístico pelos materiais compostos é, além da redução do peso, facilita confeccionar peças com superfícies complexas.

Outra área de atuação dos compósitos muito desenvolvida é a bioengenharia, onde esses

materiais são usados na fabricação de próteses internas e externas. Como por exemplo: a substituição do fêmur, com uma haste de compósito encimada por uma esfera de Al_2O_3 ; suporte de pessoas com problemas de locomoção, através de náilon/ fibras de carbono; ou até mesmo válvulas de coração artificial em carvão pirolítico recoberto por carvão, que ainda estão sendo testadas.

Uma atividade esportiva que emprega material composto é a Fórmula 1, que pode ser considerada como um laboratório para as inovações tecnológicas. Em muitos casos, o que se emprega dentro dos carros de Fórmula 1 será utilizado futuramente nos carros de passeio. Neste caso, o aumento da relação potência/peso é fundamental para um bom desempenho do carro nas pistas. A configuração mais frequentemente utilizada nestes carros é do tipo sanduíche que é utilizada para a confecção da carroceria. Em praticamente todas as atividades esportivas, a redução do peso está diretamente ligada a redução do tempo de execução de uma prova esportiva. Como exemplo disto, podemos citar barcos a vela, skis e bicicletas. Em alguns casos, o que se procura é a agilidade, e a perfeição de alguns golpes, como no tênis, com suas raquetes; no golfe, com seus tacos; e no surf, com suas pranchas.

Na área de saneamento básico, os compósitos também podem ser utilizados em tubos e estações de tratamento de água e efluentes, esse é um segmento com expressiva atuação do setor de compósitos e com grande expectativa de crescimento, uma vez que, até o ano de 2010, a Política Nacional de Saneamento prevê investimentos da ordem de R\$ 34 bilhões.

Em setores químicos e petrolíferos, 20% das plataformas de petróleo da Petrobrás já utilizam produtos fabricados a partir de compósitos, substituindo, por exemplo, as grades de piso em aço.

Até mesmo na construção civil o compósito já é amplamente utilizado por este segmento, sendo utilizado para fabricação de caixas d'água, tanques, coberturas, perfis, mármore sintético, banheiras, telhas. Possui um grande potencial de crescimento por se tratar de um setor em franca expansão no Brasil.

As concessionárias de telefonia e energia elétrica já estão utilizando amplamente o compósito em suas obras de manutenção e expansão. No setor eletrônico o material é aplicado em leitos para cabos, antenas, elementos de isolamento, cabines telefônicas. As empresas fornecedoras de matérias-primas e equipamentos disponibilizam cerca de 430 itens para o setor de lazer como, fibras de vidro, resina poliéster, agentes desmoldantes, agentes tixotrópicos, aceleradores, peróxidos e outros, tudo para fabricação de materiais para parques temáticos e piscinas a maior parte fabricada nacionalmente.

7. REFERÊNCIAS

Adaptado de SENAI - Materiais para o setor moveleiro. Nelson de Sousa Paim, Taiane Scotton. - Porto Alegre: SENAI-RS, 2007. (Coleção Cartilhas Moveleiras).

Adaptado de TELECURSO 2000. Disponível em: <http://www.acervotecnico.com.br/2010/03/telecurso-2000-materiais.html>

Abipa – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira. Disponível em www.abipa.org.br. Acessado em 14/06/2011.

Abividro – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Disponível em www.abividro.org.br. Acessado em 21/06/2011.

BERNECK. Disponível em: http://www.berneck.com.br/download/livreto_marceneiro_final_reduzido.pdf

BONDUELLE, G. M ET AL. *O Processo de Fabricação de Painéis Compensados no Estado do Paraná Analisado através dos Rendimentos e dos Resíduos Gerados*. In. II Congresso Ibero – Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais, Curitiba – PR: 9 a 13 de setembro de 2002.

CIPATEX. Disponível em: <http://www.cipatex.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2011.

COVOLATO, R. A. Desenvolvimento de Compósito Constituído de Resíduos de Madeira e Resina Uréia Formaldeído com Cura Incentivada por Microondas. São Caetano do Sul, 2007. 198 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – São Caetano do Sul, 2007.

ELIANE S.A. Disponível em: <http://www.eliane.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2011.

ELL, Arno. Produção de compósitos de plástico com madeira. Revista da Madeira : Curitiba, v.17, n. 101, p. 106-110, jan. 2007.

FLORESTECA. Disponível em: <http://www.floresteca.com.br/>. Acesso em: 06 jun. 2011.

GUIA técnico sob medida. Curitiba: Móbile, p.98, 2007.

GRUPO ESCOLAR. Disponível em: http://www.grupoescolar.com/materia/a_importancia_das_propriedades_fisicas_dos_polimeros.html. Acesso em: 06 jun. 2011.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro Salles. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922 p.

IBL COMPENSADOS ANATÔMICOS. Disponível em: <http://www.iblcompensados.com.br>. Acesso

em: 06 jun. 2011.

INDUSTRY COMMISSION (1995). New and advanced materials. Melbourne: Australian Government Publishing Service, 8 de maio de 1995.

LESKO, Jim. Design Industrial: guia de materiais e fabricação. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2012.

LIMA, Marco Antonio Magalhães. Introdução aos materiais e processos para designers. RJ: Ciência Moderna, 2006. 225 p.

MANI INDÚSTRIAS PLÁSTICAS. Disponível em: <http://www.mani.pt>. Acesso em: 06 jun. 2011.

MAPRO. Disponível em: <http://www.mapro.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2011.

Nóbrega, de Jesus R. Marcelo. Inovações tecnológicas: aplicação de materiais cerâmicos na indústria automobilística. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis.

SOARES, Danuzia Maria Francisca Moraes de Lima. Marchetaria, um uso nobre para madeiras da Amazônia. Manaus: Oficina Escola de Luteria da Amazônia, 2001. 16 p. il.

TORCETEX INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Disponível em: <http://www.torcetex.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2011.

VAN VLACK, Lawrence Hall- Princípios de ciências dos materiais/ Características exigidas nos materiais usados em engenharia/ Fases cerâmicas e suas propriedades, Ed. Edgard Blucher Ltda.

Sites recomendados:

<http://formasimplesmarcenaria.blogspot.com/2011/05/curiosidades.html>. 20 jun. 2011.

<http://www.alunosonline.com.br/quimica/caracteristicas-metais.html>. Acesso em: 20 jun. 2011.

http://www.achetudoeregiao.com.br/lixo_recicle/metal.htm. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Metais/metais.html>. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.brasilecola.com/historiag/idade-metais.htm>. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.cardinale.com.br/cromo.html>. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.gerdau.com.br/arquivos-tecnicos/12.brasil.es-ES.force.axd>. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.hafele.com.br>. Acesso em: 20 jun. 2011.

http://www.klingspor.com.br/html/index.php?site=3_21_65&lng=por. Acesso em: 20 jun. 2011.

<http://www.wmcromagem.com.br/index.php?p=cromagem>. Acesso em: 20 jun. 2011.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação