



Classificação dos Materiais Metálicos Ferrosos e não Ferrosos **Cássio Aurélio Suski**

Objetivos

Este texto foi escrito para auxiliar você a:

- verificar a classificação geral dos materiais, daqueles ferrosos e não ferrosos bem como seus conceitos e tipos com o intuito de identificar sua função e como se organizam.

Iniciando o estudo

Neste material, você encontra os conceitos sobre a classificação geral dos materiais de forma a estar preparado(a) para identificar sua função e entender como eles se organizam. Também pode verificar a classificação dos materiais ferrosos e não ferrosos. Aproveite, reforce os conceitos para as possíveis dúvidas que possam aparecer.

1 Classificação dos Materiais

Por conveniência, a maioria dos materiais de engenharia são classificados em três classes principais: Materiais Metálicos, Materiais Poliméricos (Plásticos) e Materiais Cerâmicos. E em adição a estes três tipos, um estudo mais abrangente deve incluir outro tipo, que exhibe, atualmente, grande importância tecnológica: os materiais compostos ou conjugados.

2 Conceitos e Tipos de Materiais

Segundo Willian D. Callister, dos tipos de materiais existentes, os sólidos foram agrupados convenientemente em três classificações básicas: metais, cerâmicas e polímeros. Esse esquema está baseado principalmente na composição química e na estrutura atômica, e a maioria dos materiais se enquadra dentro de um ou de outro grupo distinto, embora existam alguns materiais intermediários. Adicionalmente, existem os compósitos, que consistem em combinações de duas ou mais das três classes de materiais aqui apresentadas. Uma explicação sucinta desses tipos de materiais e das características representativas de cada um deles será apresentada a seguir:

Metais: Os metais são os elementos químicos capazes de conduzir a electricidade e o calor, que apresentam um brilho característico e que, à excepção do mercúrio, são sólidos à temperatura normal. São combinações de elementos metálicos, bons condutores de eletricidade e calor e não transparentes, também são muitos resistentes e deformáveis.

Cerâmicos: São compostos entre elementos metálicos e não metálicos frequentemente óxidos, nitretos e carbetos. A grande variedade de materiais que se enquadra nesta classificação é composto de materiais argilosos, cimentos e vidros. Os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços.

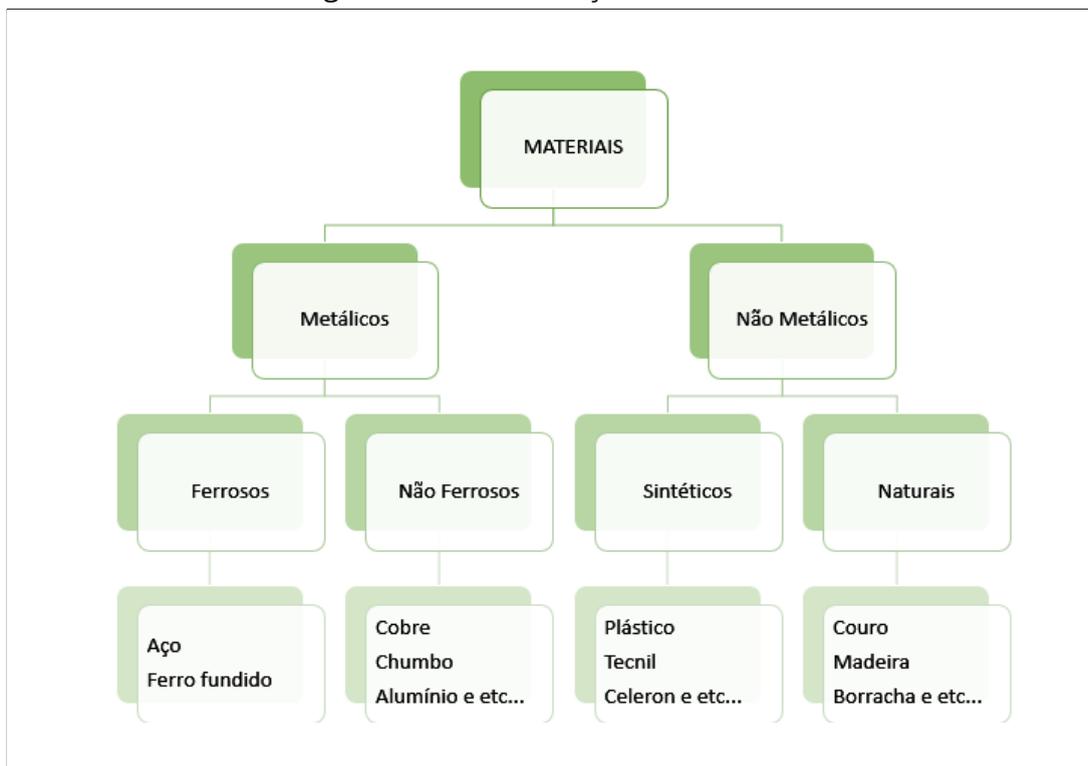
Polímeros: São materiais comuns de plásticos e borracha, compostos orgânicos baseados no carbono, hidrogênio e outros não metálicos, estrutura molecular muito grande, baixa densidade e extremamente flexíveis.

Compósitos: Consiste em um ou mais tipo de material, trabalhando juntos, sendo que as propriedades do conjunto são melhores do que a de um material individual. Ex: concreto e fibras de carbono impregnadas.

3 Classificação Geral dos Materiais

Os materiais podem ser classificados em metálicos e não metálicos e subdivididos conforme o diagrama 1.

Diagrama 1 - Classificação dos materiais



Fonte: E-disciplinas USP (2021).

Uma tendência para o futuro é a substituição de materiais pesados por outros mais leves e resistentes. Empresas fabricantes de veículos estão investindo em novas tecnologias para produzir veículos mais leves que os atuais e, conseqüentemente, menos poluidores. A indústria de aviação vem usando, na fuselagem das aeronaves, cada vez mais compósitos de dois ou mais tipos de materiais diferentes, o que as torna mais leves e reduz seu consumo de combustível.

Materiais renováveis também são desenvolvidos, visto que a maioria dos que utilizamos provém de recursos não renováveis como o petróleo. Tais recursos, que serão escassos em futuro próximo, deverão ser substituídos por

outros renováveis para garantir a qualidade do meio ambiente.

4 Materiais Metálicos Ferrosos e não Ferrosos

A “Idade dos Metais”, última fase da pré-história, foi caracterizada pela descoberta e dominação dos metais pelos homens, seja na confecção de artefatos, armas ou ferramentas.

Posteriormente, expandiu-se o conhecimento sobre as técnicas de fundição e, a partir disso, os metais tornam-se elementos essenciais na construção da humanidade.

As ligas metálicas, constituídas por dois ou mais tipos de metais, e formadas através das ligações metálicas, são utilizadas na confecção de muitos produtos, desde fios, lâmpadas, estruturas de carros, bicicletas, viadutos, eletrodomésticos, dentre outros. A seguir, apresentamos alguns exemplos mais notórios das ligas metálicas:

- Aço Comum: liga metálica muito resistente composta de ferro (Fe) e carbono (C), utilizada nas construções de pontes, fogão, geladeira, dentre outras.
- Aço Inoxidável: Composta de ferro (Fe), carbono (C), cromo (Cr) e níquel (Ni).
- Bronze: Liga metálica formada por cobre (Cu) e estanho (Sn), utilizada na construção de estátuas, fabricação de sinos, moedas, dentre outras.
- Latão: Constituída de cobre (Cu) e zinco (Zn), esse tipo de liga metálica é muito utilizada na fabricação de armas, torneiras, dentre outras.
- Ouro: O ouro não é empregado em sua forma pura, ou seja, da forma encontrada na natureza; assim, essa liga metálica é composta de 75% de ouro (Au) e 25% de cobre (Cu) ou prata (Ag). Além disso, a liga metálica composta de ouro é utilizada na fabricação de veículos espaciais, acessórios de astronautas, dentre outros.

4.1 Materiais Metálicos Ferrosos

Os metais ferrosos mais comuns são o aço e o ferro fundido. Esses metais são ligas de ferro e carbono, que podem ainda apresentar na sua composição elementos como fósforo, manganês, silício, cobre, enxofre, entre outros. A rigor, possuem uma porcentagem de ferro superior a 90%, daí a denominação de metais ferrosos, uma porcentagem máxima de carbono de 5%, com os demais elementos aparecendo em porcentagens relativamente reduzidas.

O aço possui teor de carbono de até 2,11%. Sua resistência à ruptura por tração pode variar, dependendo da qualidade, de 200 MPa a valores superiores a 1200 MPa. A resistência ao esmagamento por compressão é igual à resistência à ruptura por tração.

O ferro fundido apresenta teor de carbono variando entre 2,11% e 6,67%, portanto superior ao do aço. Sua resistência à tração é considerada baixa, alcançando no máximo 400 MPa, mas a resistência à compressão é boa, situando-se entre duas e quatro vezes a resistência à tração.

4.1.1 Aços

Os aços em geral apresentam as seguintes características e propriedades:

- Densidade = 7,8 g/cm³;
- Cor acinzentada;
- Temperatura de fusão entre 1250 a 1450 °C;
- Ductilidade, tenacidade, elasticidade, resistência mecânica, resiliência;
- Soldabilidade, temperabilidade, usinabilidade, forjabilidade.

O principal elemento de liga é o carbono, a variação no teor desse elemento altera as propriedades mecânicas. Por exemplo, com o aumento do teor de carbono a dureza e a resistência à tração aumentam, mas diminuem a resiliência e a ductilidade. Esses materiais podem ser tratados termicamente.

Esse material divide-se em duas classes: os aços carbono e os aços ligas.

Sendo que os aços ligas também subdivide-se em aços baixa e alta liga, dependendo do teor de elementos de liga. Se for abaixo de 5% é considerado de baixa liga, sendo superior a 5% é denominado de alta liga.

Os aços ao carbono, podem ser subdivididos também em aços baixo, médio e alto carbono, com teores que variam aproximadamente de: 0,008 a 0,3% para os baixos carbonos, de 0,3 a 0,5% para os aços de médio teor de carbono, e aços alto carbono acima de 0,5%, conforme classificação da ABNT.

Aços Carbono

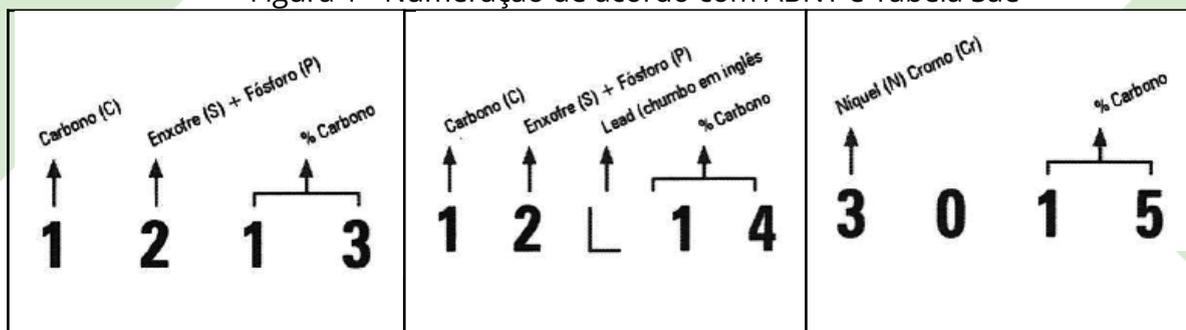
Os aços são ligas metálicas de ferro e carbono, com percentagens deste último, variáveis entre 0,08% e 2,11%. Distinguem-se dos ferros fundidos, que também são ligas de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%. A diferença fundamental entre ambos é que os aços, pela sua ductilidade, são facilmente deformáveis por forja, laminação e extrusão, enquanto as peças em ferros fundidos são fabricadas pelo processo de fundição.

Contudo, antes de examinar as composições químicas e as propriedades dos diferentes tipos de aço, convém classificá-los em dois grandes grupos, a saber: AÇO CARBONO e AÇO LIGA.

Números Básicos para Designação dos Aços:

A figura 1 mostra exemplos das classificações de alguns aços mais comuns.

Figura 1 - Numeração de acordo com ABNT e Tabela Sae



Fonte: Site Açotubo (2021).

No total, são previstas muitas dezenas de classificações. Nelas, dois dígitos finais (XX) indicam os centésimos da porcentagem de carbono (C) contida no material, podendo variar entre 05 (0,05%) a 95 (0,95%). Se a porcentagem de carbono atinge ou ultrapassa 1,00%, o final tem três dígitos (XXX) e a classificação tem um total de cinco dígitos.

Exemplos – Aço Carbono:

- SAE 1XXX Aço carbono simples
- SAE 11 XX Aço carbono com enxofre (S)
- SAE 12XX Aço carbono com enxofre (S) e fósforo

Outros exemplos – Aço Liga:

- SAE 2 XXX Aço níquel
- SAE 3XXX Aço níquel cromo
- SAE 4XXX Aço molibdênio
- SAE 5 XXX Aço cromo
- SAE 6XXX Aço cromo vanádio
- SAE 7XXX Aço cromo tungstênio
- SAE 8XXX Aço cromo níquel molibdênio
- SAE 9XXX Aço silício manganês
- SAE 93XX Aço níquel cromo molibdênio
- SAE 94XX Aço níquel cromo molibdênio
- SAE 97XX Aço níquel cromo molibdênio
- SAE 98XX Aço níquel cromo molibdênio

Aço ao Cromo

Cr Cromo – ponto de fusão 1920° C. Elemento que favorece a formação de carbonetos em um aço. Por conseguinte, aumenta a dureza e a resistência à tração do aço. Aumenta, também, a temperabilidade e em grandes quantidades a resistência à corrosão, mas diminui um pouco a tenacidade e bastante a

soldabilidade. Em média, o limite de resistência à tração aumenta de 8 a 10 kg/m com a adição de 1% de Cr, mas a resistência ao impacto diminui.

Exemplos de Aços ao cromo:

SAE 5XXX - Aço-Cromo

- SAE 51XX – aço com Cr entre 0,70% e 1,20%

SAE 6XXX – Aço-Cromo-Vanádio

- SAE 61XX – aço com Cr entre 0,70% e 1,00% e com 0,10% de V

SAE 7XXX – Aço-Cromo-Tungstênio

- SAE 72XX - aço com W 1.75 % e Cr 0.75%

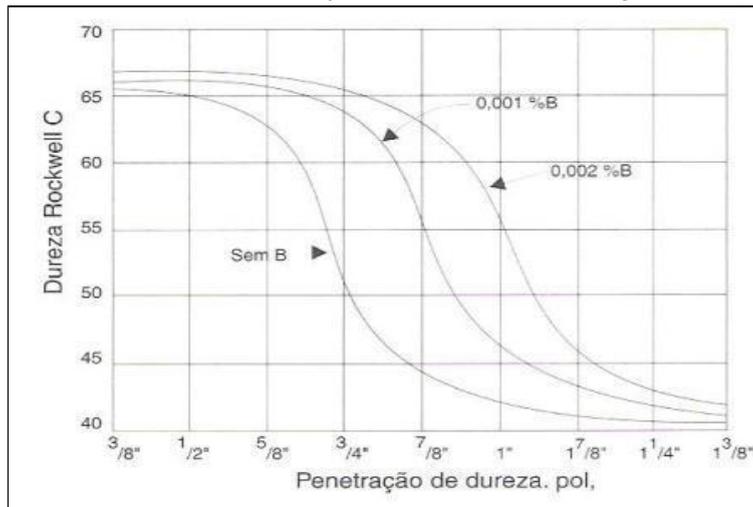
Os aços com maiores teores de cromo são suscetíveis à fragilização quando resfriados lentamente na faixa de 550/4500 C°, a partir da temperatura de têmpera. Os aços com cromo são usados quando durezas elevadas são requeridas, como em matrizes, rolamentos, limas, ferramentas, aços inoxidáveis, aços-rápidos, lâminas de turbinas e compressores, molas, eixos e hélices de bombas, hastes de válvulas, parafusos, porcas, cutelaria, instrumentos cirúrgicos, molas, mancais anti-fricção, tratamento de superfície e outros equipamentos.

Aço ao Boro

O Boro tem sido usado em teores de 0,003 a 0,005% em aços previamente acalmados de grão fino, com o objetivo de aumentar a temperabilidade. Em conjunto com molibdênio, o boro forma um grupo de aços bainíticos de alta resistência à tração. O boro é utilizado em algumas ligas para revestimento de superfícies.

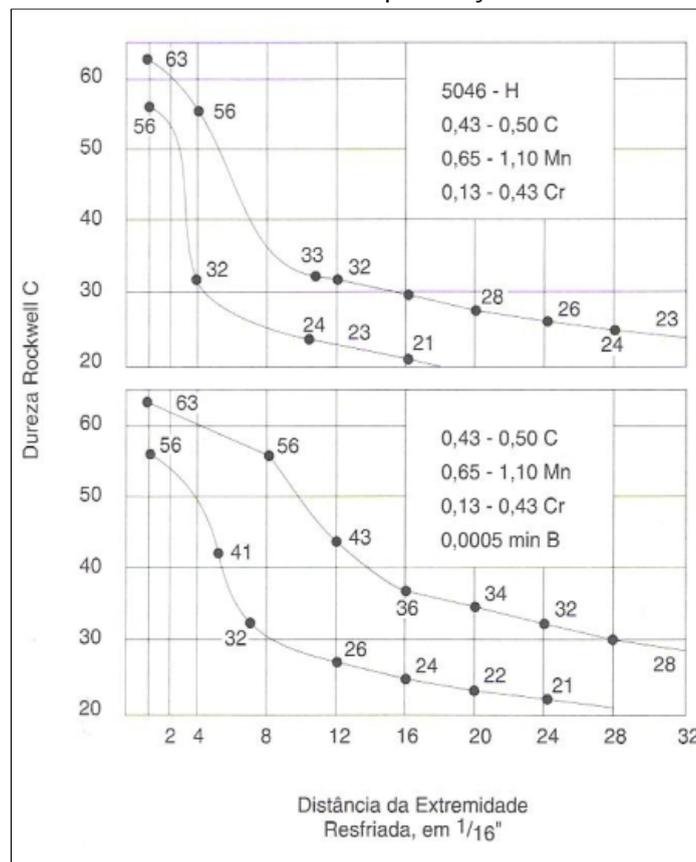
É caracterizado por aumentar a temperabilidade (Figuras 2a e 2b) quando adicionado em pequenas quantidades, diminuindo a tendência a trincas de têmpera, distorções durante o tratamento térmico e melhora as propriedades de conformação mecânica.

Figura 2a – Efeito do boro sobre a temperabilidade de um aço com 0,63% de carbono



Fonte: Chiaverini (1986).

Figura 2b – Faixas de endurecibilidade para aço SAE 5046 sem e com boro



Fonte: Chiaverini (1986).

Os graus de aço ao boro endurecível B 13S, B 24 e B 27 destinam-se a ser endurecidos através de tratamento térmico. As propriedades mecânicas do aço

ao boro endurecido torna-o extremamente resistente ao desgaste abrasivo é particularmente útil em aplicações estruturais de alta resistência, estendendo a durabilidade das estruturas e economizando custos relacionados à abrasão e ao ambiente.

Exemplos:

SAE 10B21 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA

- **C** entre 0.13 - 0.18%,
- **Si** ≤ 0.10%
- **Mn** entre 0.80 - 1.10%
- **P** ≤ 0.020%
- **S** ≤ 0.020%
- **Al** < 0.10.

SAE 10B30 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

- **C** entre 0.28-0.34%
- **Si** entre 0.15-0.34%
- **Mn** entre 0.70-1.00%
- **P** ≤ 0.030%
- **S** ≤ 0.035%
- **Al** < 0.10.

SAE 15B30 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

- **C** entre 0,27-0,35%
- **Mn** entre 1,15-1,50%
- **Si** entre 0,15-0,35%
- **P** em 0,003%
- **S** em 0,0025%
- **Cr** em 0,20%
- **Mo** em 0,06%
- **Ni** em 0,25%
- **Cu** em 0,25%

- **Ti** entre 0,010-0,06%
- **B** entre 0,0005-0,003%.

Aplicações

Cada versão de aços ao Boro possui uma banda de temperabilidade com a faixa predita e valores específicos de dureza são obtidos com várias profundidades após revestimento. Como um resultado, as barras de aços ao Boro agora são usadas frequentemente para uma grande variedade de aplicações: extrusão a frio de elementos de fixação, construção de peças de máquinas agrícolas, ganchos de guindaste, peças forjadas, engrenagens, lâminas de motoniveladoras, ferramentas manuais, parafusos, eixos, molas, peças de caminhão (NELSON 1985).

Aço ao Chumbo

Trata-se de aços usados para usinagem em máquinas automáticas. O chumbo permite o aumento da velocidade de corte (30%), o aumento da velocidade de avanço (50%) e aumento da vida útil das ferramentas.

Tais aços, em geral, possuem alto teor de enxofre, ótima usinabilidade e baixa resistência mecânica. A adição de chumbo propicia a lubrificação da aresta de corte das ferramentas, permitindo o aumento da velocidade de usinagem. As melhores condições de utilização são obtidas mediante o processo de trefilação a frio, o que provoca encruamento superficial e aumenta os níveis de resistência mecânica. Não é indicado para operações de soldas e tratamentos térmicos em temperaturas acima de 450 °C.

Exemplo:

SAE 12L14 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

- **C** 0,15% Máx
- **Mn** entre 0,85-1,15%
- **P** 0,04-0,09%
- **S** entre 0,26-0,35%

- **Pb** entre 0,15-0,35%

Aplicações

Aço para tornos automáticos, utilizados na produção seriada de peças de pequeno e médio portes. Em função do balanceamento químico e da adição de Chumbo (Pb) na composição química, estes aços apresentam cavacos quebradiços durante a usinagem, o que proporciona a obtenção de peças com ótimo acabamento superficial e baixo consumo de ferramentas.

Aço para Aplicações Elétricas

Costuma-se dividir os materiais magnéticos para a indústria elétrica em dois grupos:

a) Materiais de alta permeabilidade e baixa força coerciva, ou materiais magneticamente moles.

b) Materiais de alta força coercitiva, magneticamente duros, ou ímãs permanentes. Neste grupo, a permeabilidade não é uma característica importante.

As designações, magneticamente mole ou duro, apesar de não se destinarem a descrever a dureza mecânica desses materiais, mas sua resistência à desmagnetização, de um modo geral, também representa seu comportamento mecânico.

Na parte de aços para fins magnéticos, serão denominados ferro ou ligas de ferro, aos materiais magneticamente moles, nos quais o carbono existente ocorre mais como impureza do que como elemento de liga.

As ligas de ferro para ímãs permanentes que possuem teores mais elevados de carbono são denominadas aços.

5 Materiais Magneticamente Moles

Este é o grupo mais importante dos materiais magnéticos. Trata-se de materiais que necessitam ter alta intensidade de saturação, alta permeabilidade

e uma força coerciva bem pequena. A remanência pode ser baixa ou alta, conforme o tipo de aplicação. Por exemplo, num relé sensível, de desligamento rápido, necessita-se um material de baixa remanência para reduzir o agarramento quando se corta o campo magnetizante.

Na aplicação em corrente alternada necessita-se de ligas de baixa histerese e de alta resistividade para diminuir a perda do núcleo.

Ferro, níquel e cobalto – Dentre os materiais magneticamente moles deve-se estudar em primeiro lugar os três elementos ferromagnéticos mais comuns: ferro, níquel e cobalto.

O ferro quimicamente puro é o que apresenta melhores características magnéticas, mas seu preço é muito elevado para as aplicações normais. Para substituí-lo, usam-se os aços extra doces, que apesar de inferiores, dão resultados satisfatórios.

O Ni e o Co são elementos menos ferromagnéticos do que o Fe e de preço mais elevado.

A Tabela 1 dá a variação da indução B com a força magnetizante H para esses 3 elementos. O ferro é indicado para quase todas as aplicações em corrente contínua. Para corrente alternada não é indicado, pois possui baixa resistividade (10 $\mu\text{m-cm}$), de modo que as perdas por correntes de Foucault são elevadas.

Tabela 1 - Variação da indução B com a força magnetizante H

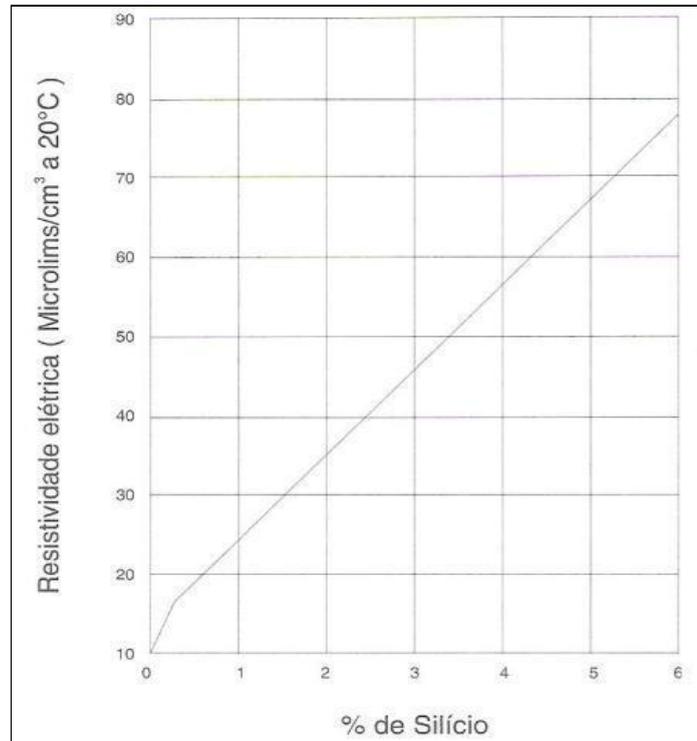
H (oersted)	B (gauss)		
	Ferro	Níquel	Cobalto
20	15500	5100	1200
40	16200	5500	2800
60	16800	5700	4400
80	17300	5800	6000
100	17700	5900	6800
120	17900	6000	7500

Fonte: Chiaverini (1986).

Ligas ferro-silício – Estas são as ligas de maior consumo na indústria de

produtos elétricos. As adições de silício ao ferro aumentam consideravelmente sua resistividade, como mostra a figura 3); portanto, diminui a perda do núcleo. O silício diminui a intensidade de saturação do ferro, mas não afeta apreciavelmente a permeabilidade e a perda por histerese.

Figura 3 - Aumento da resistividade

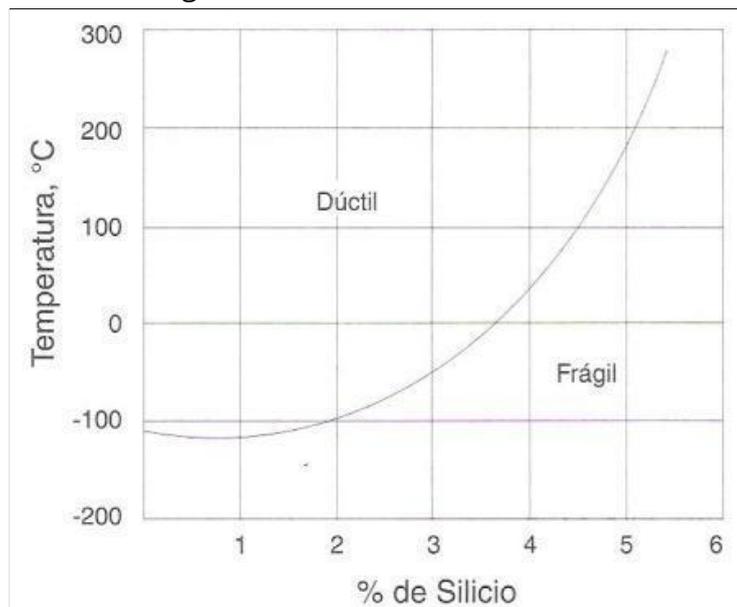


Fonte: Chiaverini (1986).

6 Efeito do Silício na Resistividade do Ferro

Do ponto de vista das propriedades mecânicas, observa-se que o silício acima de certos teores torna o material frágil e difícil de ser trabalhado. Esse comportamento, como se vê na figura 3, depende da temperatura. Para cada composição, existe uma temperatura mínima necessária para o trabalho mecânico. Por exemplo, para temperatura ambiente o referido gráfico mostra que o teor máximo de silício é de 3,5%.

Figura 4 - Resistividade do silício



Fonte: Chiaverini (1986).

Figura 4 - Efeito da porcentagem de silício e da temperatura no comportamento dúctil ou frágil das ligas Fe-Si. A curva foi determinada por um dobramento e endireitamento completo. Uma das ligas mais importantes desta categoria é o Hipersil, com 3,25% do Si.

As ligas Fe-Si, com este teor de silício apresentam a anisotropia magnética do ferro puro, de modo que, com sequências de encruamentos críticos por laminação e recristalização controlada, a maioria dos grãos fica com um plano (100) no plano da laminação e com uma direção [100] na direção da laminação.

A curva de magnetização do Hipersil aproxima-se bastante da de um anel quadrado cortado de um cristal único de Fe-Si (3,9%), com um lado paralelo à direção [100].

A Tabela 2 enumera alguns tipos de ligas Fe-Si, fabricadas na forma de chapas. Seu emprego faz-se em:

- 1) Motores fracionários de baixo custo, para uso intermitente.
- 2) Motores fracionários e peças polares e outros circuitos magnéticos de alta permeabilidade.
- 3) Motores e geradores da melhor qualidade. Transformadores pequenos para uso intermitente, relés e reatores.

4) Motores e geradores de eficiência média. Transformadores pequenos e reatores.

5) Motores e geradores de alta eficiência e tamanho médio. Transformadores de uso intermitente, reatores, medidores elétricos, peças polares laminadas.

6) Transformadores de alta eficiência, para redes de distribuição.

7) Todos os tipos de transformadores, para redes de distribuição e máquinas elétricas de alta eficiência.

Convém mencionar que as ligas ferro-silício para fins elétricos são produzidas na forma de chapas laminadas a frio e recozidas, em dois tipos: de grão orientado e de grão não-orientado.

As ligas de grão orientado apresentam baixa perda dielétrica e elevada permeabilidade magnética, propriedades requeridas para aplicações como núcleos de transformadores e geradores de potência.

As de grão não-orientado, também produzidas por laminação a frio e recozidas, apresentam excelente permeabilidade em altas induções, baixo valor médio de perdas magnéticas e nelas podem ser aplicados um revestimento isolante. São empregadas em amplificadores magnéticos, transformadores de potência e distribuição, geradores para usinas hidroelétricas, pequenos motores de corrente contínua e motores de corrente alternada de tamanho médio, medidores de energia, transformadores reguladores de tensão, transformadores para aparelhos de rádio e televisão, transformadores para máquinas de soldagem, motores para aparelhos eletrodomésticos, reatores de lâmpadas fluorescentes, peças polares, núcleos de relés, etc.

Tabela 2 – Propriedades físicas e magnéticas típicas de chapas de Fe-Si

1,25/1,50	0,50/0,60	0,25/0,30	Teor aproximado de Si, %	
"Elétrico"	"Armadura"	"Campo"	Tipo ou Marca	
	28	28	Resistividade de micro ohms cm	
	3,4	5,1	Perda do núcleo máxima (watts kg em 60 ciclos)	
	31,0	-	kgf/mm²	Limite de resistência à tração
	300	-	MPa	
	25	-	Alongamento em 25 mm %	
	(2) 	(1)	Emprego	

Fonte: Chiaverini (1986).

Concluindo o estudo

Com a leitura deste texto, você teve oportunidade de estudar a classificação geral dos materiais, tanto ferrosos quanto não ferrosos, além de verificar seus conceitos e tipos. Importante salientar que os metais fazem parte da nossa rotina e estão presentes tanto na panela que usamos na cozinha quanto no prédio em construção no nosso bairro, o que varia é a composição do metal. Por isso, é importante sabermos a caracterização dos metais de forma a aplicá-los corretamente no nosso trabalho.

Referências

AÇO TUBO. **Designação Barras de Aço Carbono**. Disponível em:

<https://acotubo.com.br/produtos/barras-de-aco/designacao-barras-de-aco-carbono/>.

Acesso em: 27 set. 2021.

CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: Gen, 2007.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica**. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 1986. 1 v.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica**. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 1986. 2 v.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica**. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 1986. 3 v.

E-DISCIPLINAS USP. **Aula 01 - Metais Ferrosos**. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5643567/mod_resource/content/2/2020_2_AUT_2025_AULA_01a%20%28Metais%20Ferrosos%29.pdf. Acesso em: 27 set. 2021.