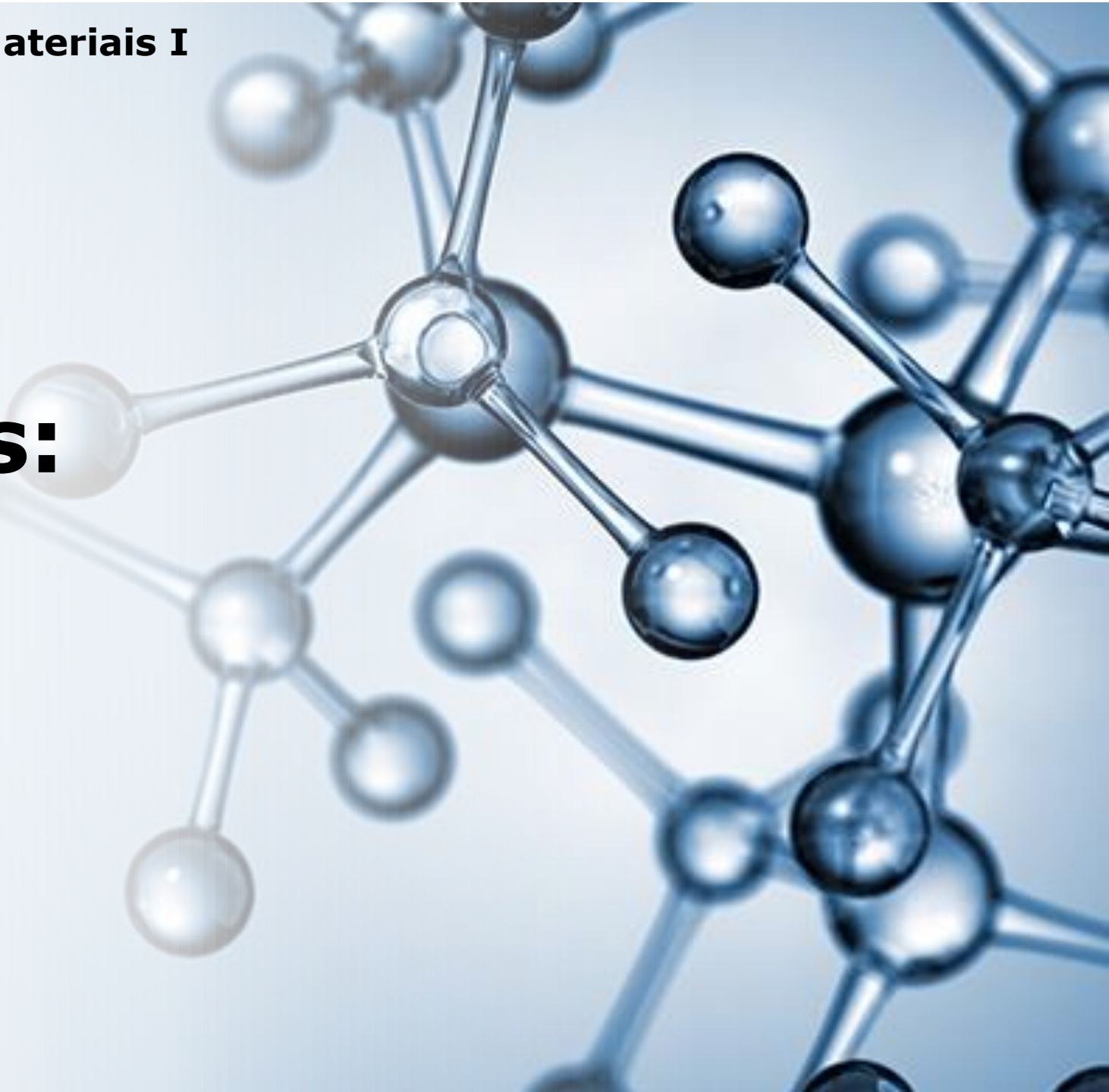


Aula 8: Ligas metálicas: ferrosas e não ferrosas

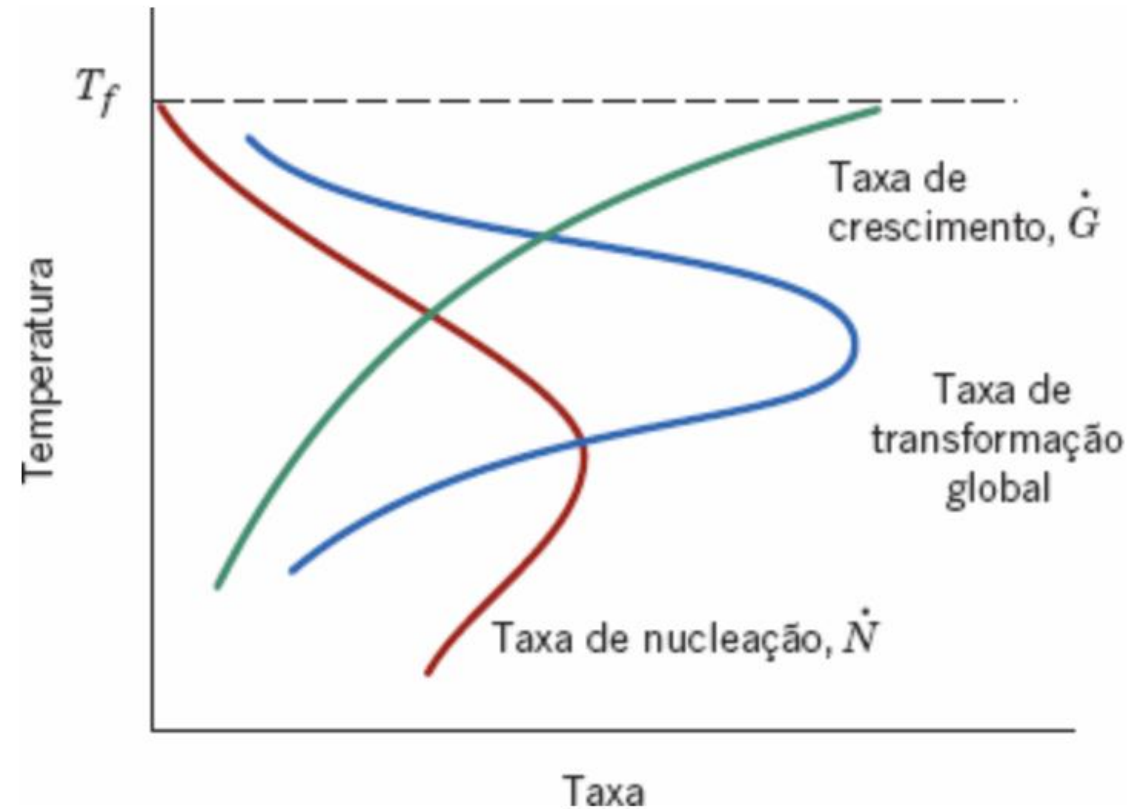
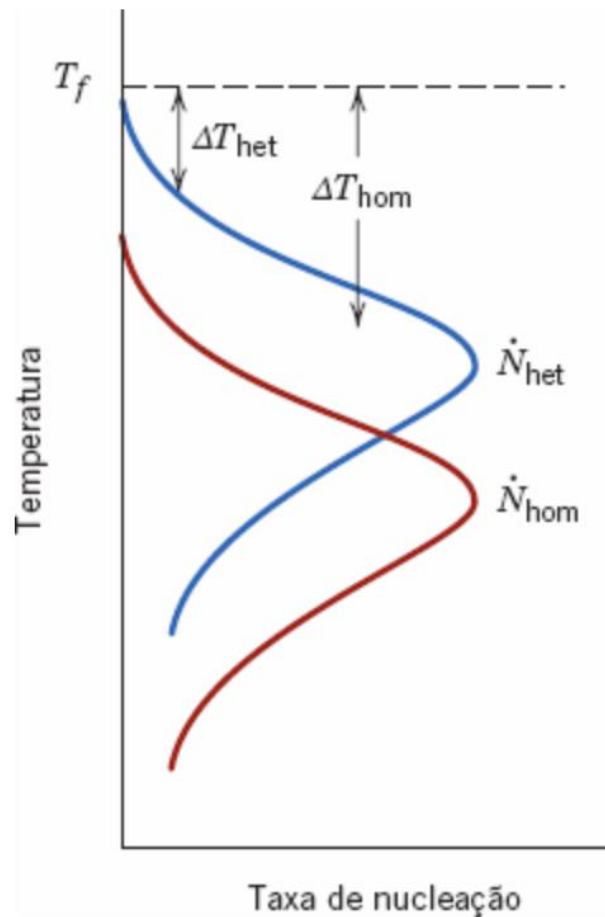
Prof. Fernando Sabino

Email: fpsabino@usp.br



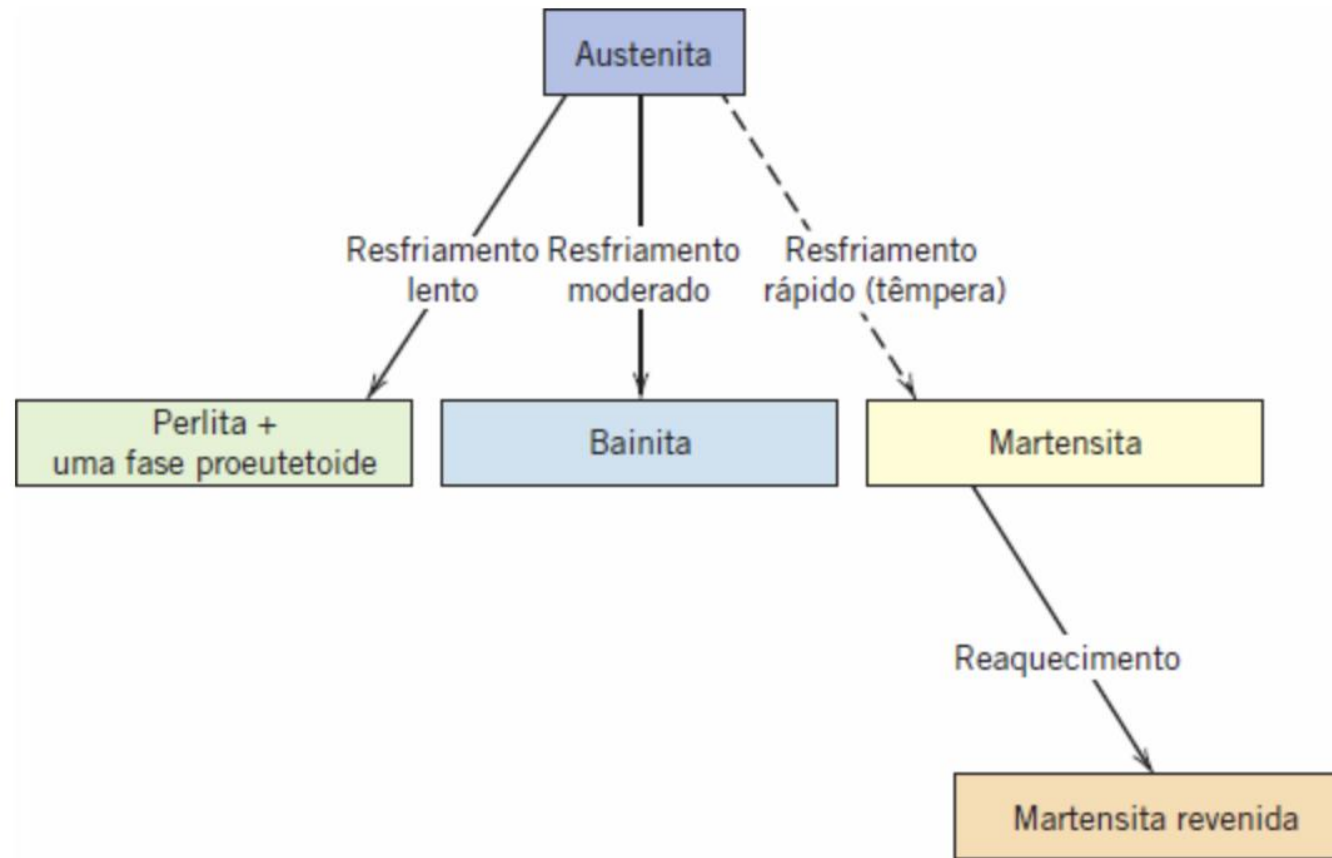
Última aula...

1. Taxa de nucleação, crescimento e transformação



Última aula...

1. Taxa de nucleação, crescimento e transformação.
2. Alteração microestrutural Fe-C.

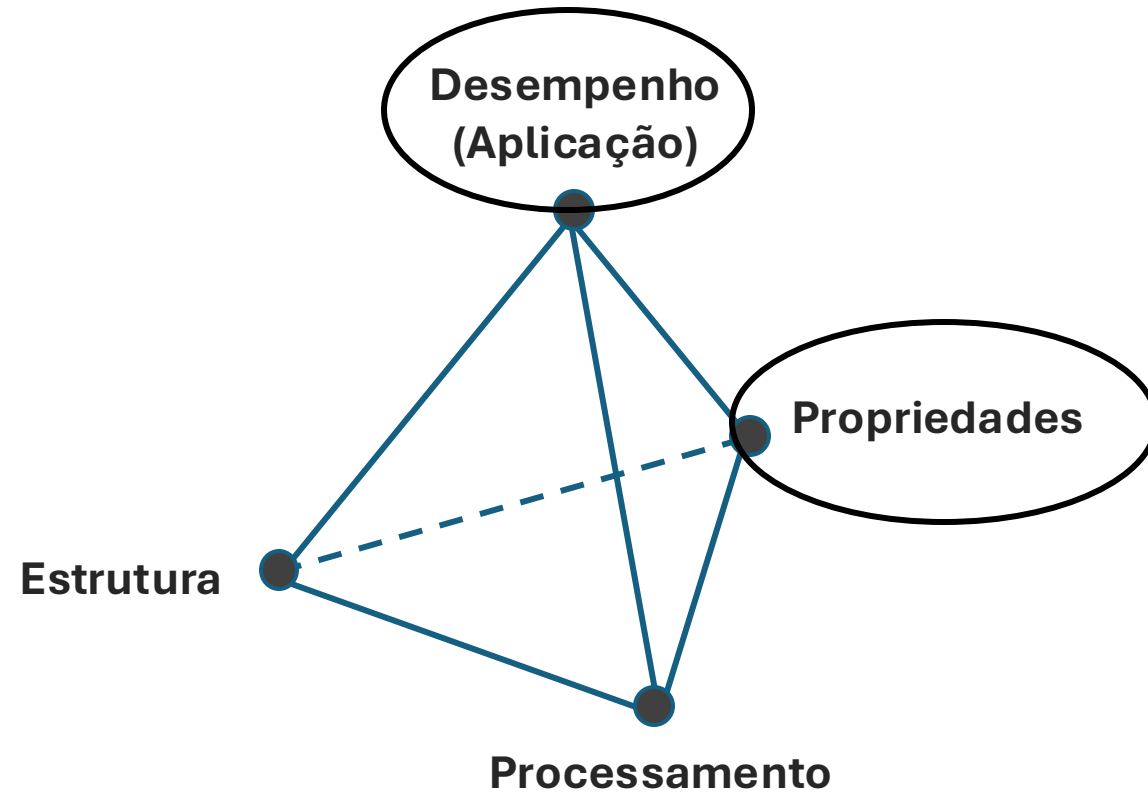


Última aula...

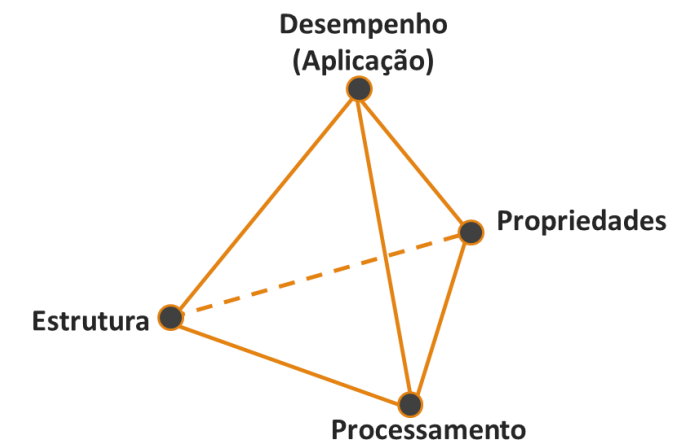
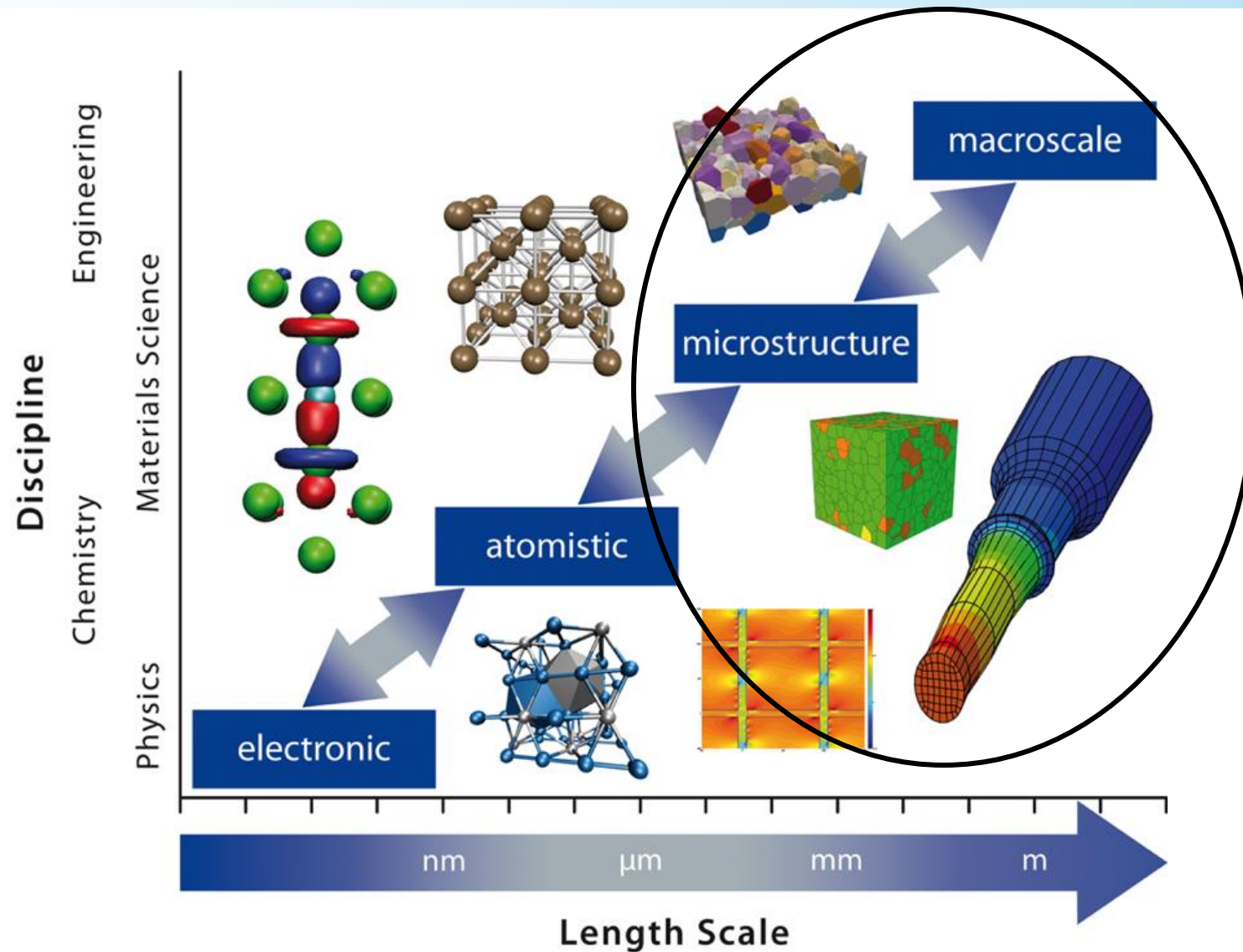
- 1. Taxa de nucleação, crescimento e transformação.**
- 2. Alteração microestrutural Fe-C.**
- 3. Propriedades mecânicas**

Microconstituente	Fases Presentes	Arranjo das Fases	Propriedades Mecânicas (Relativas)
Esferoidita	Ferrita α + Fe ₃ C	Partículas relativamente pequenas de Fe ₃ C com formato próximo ao esférico em uma matriz de ferrita α	De baixa dureza e dúctil
Perlita grosseira	Ferrita α + Fe ₃ C	Camadas alternadas de ferrita α e Fe ₃ C que são relativamente grossas	Mais dura e mais resistente que a esferoidita, mas não tão dúctil quanto a esferoidita
Perlita fina	Ferrita α + Fe ₃ C	Camadas alternadas de ferrita α e Fe ₃ C que são relativamente finas	Mais dura e mais resistente que a perlita grosseira, mas não tão dúctil quanto a perlita grosseira
Bainita	Ferrita α + Fe ₃ C	Partículas muito finas e alongadas de Fe ₃ C em uma matriz de ferrita α	A dureza e a resistência são maiores que as da perlita fina; dureza menor que a da martensita; a ductilidade é maior que a da martensita
Martensita revenida	Ferrita α + Fe ₃ C	Partículas muito pequenas de Fe ₃ C com formato próximo ao esférico em uma matriz de ferrita α	Resistente; não é tão dura quanto a martensita, mas é muito mais dúctil que a martensita
Martensita	Tetragonal de corpo centrado, monofásica	Grãos com forma de agulha	Muito dura e muito frágil

Ciência dos materiais

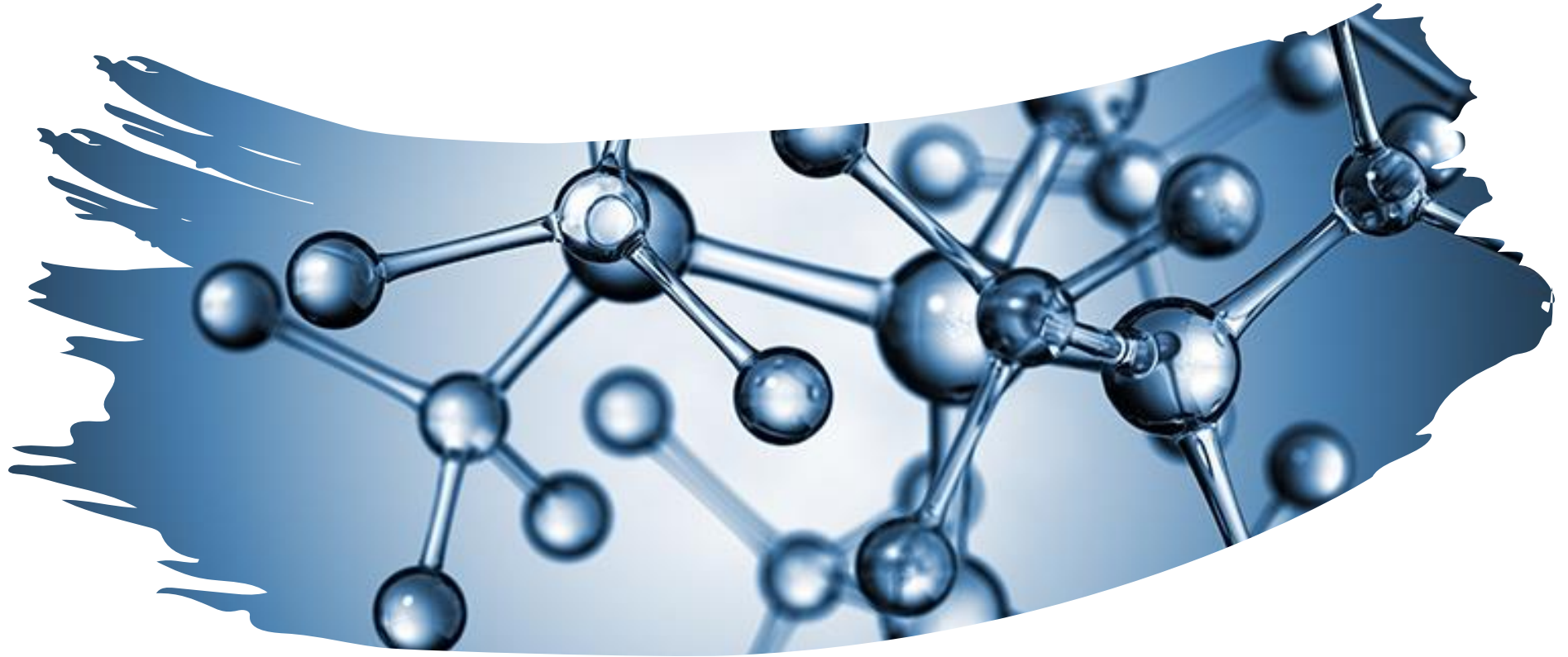


Escalas em um Material



Aula de hoje

- 1. Tipo de ligas metálicas**
- 2. Ligas não ferrosas**



1. Tipo de ligas metálicas

Introdução

- Seleção de materiais: combinação correta de características para aplicações específicas.
 - Exemplo: aço para molas, parafusos, estruturas de construção, etc.
- As propriedades dos materiais são modificadas pelo processos de fabricação.



Ligas metálicas

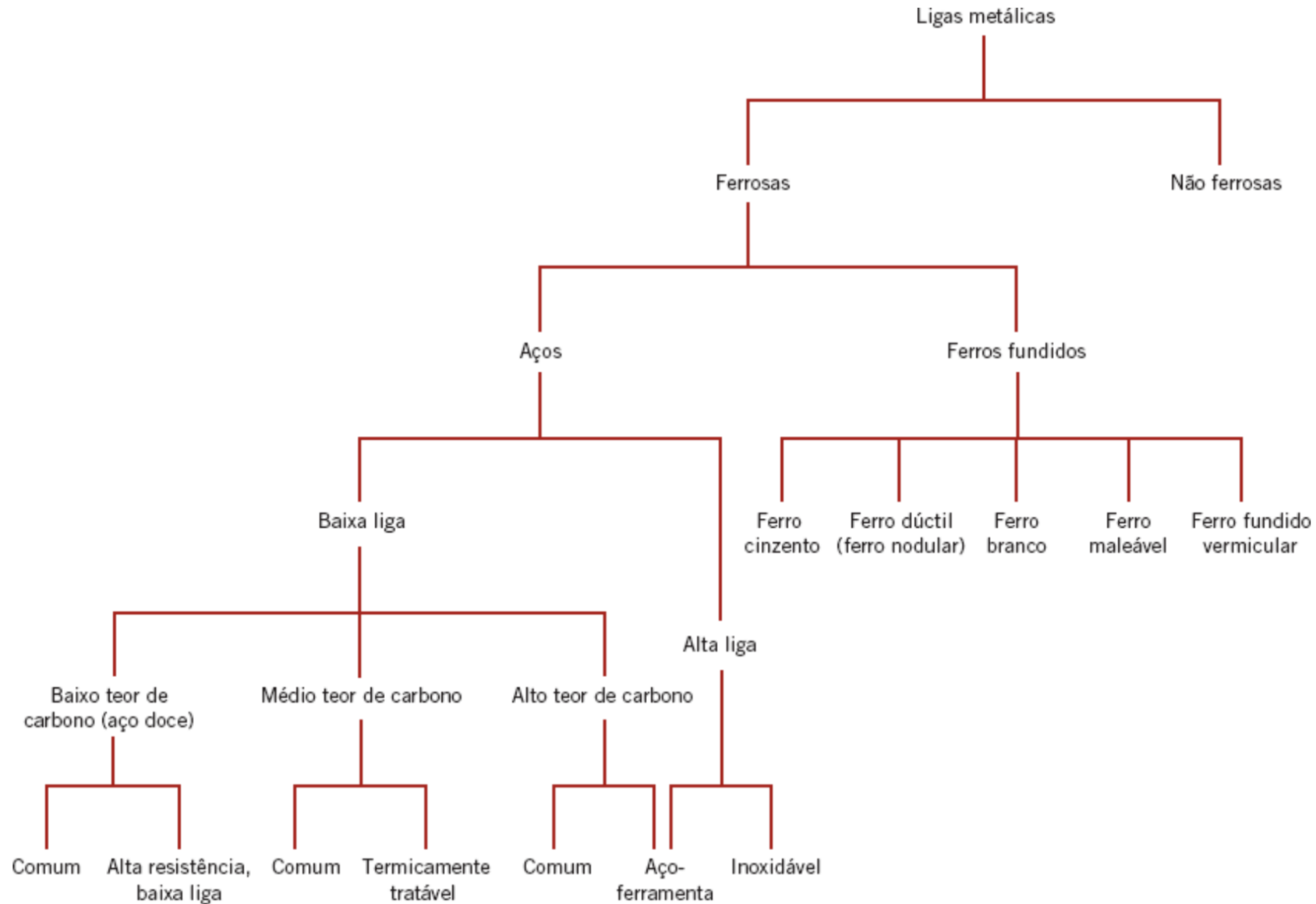
- Agrupação em duas classes: ligas ferrosas e ligas não ferrosas.
 - Ligas ferrosas: compostas de aço e ferros fundidos.
 - Ligas não ferrosas: não são baseadas em ferro.



Ligas ferrosas

- Ferro é o constituinte principal. (1) Ferro existe em abundancia na crosta terrestre. (2) Ferros e aços podem ser produzidos por técnicas baratas. (3) Versáteis.
- Desvantagem: suscetível a corrosão.
- Aços: composição ferro-carbono.

Ligas ferrosas



Aços com baixo teor de carbono

- Produzido em maior quantidade.
- Concentração $< 0.25\%$ p C.
- Microestrutura: Perlita e Ferrita.
- Baixa dureza, baixa resistência. Boa tenacidade e ductibilidade.
- Aplicações: Carcaças de automóveis, soldáveis e aplicações com menor custo.

Aços com baixo teor de carbono

Especificação ^a		Composição (%p) ^b		
Número AISI/SAE ou ASTM	Número UNS	C	Mn	Outros
Aços-Carbono Comuns com Baixo Teor de Carbono				
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00	0,20 Cu (mín)
A516 Classe 70	K02700	0,31	1,00	0,25 Si
Aços de Alta Resistência e Baixa Liga				
A572 Classe 42	—	0,21	1,35	0,30 Si, 0,20 Cu (mín)
A633 Classe E	K12002	0,22	1,35	0,30 Si, 0,08 V, 0,02 N, 0,03 Nb
A656 Tipo 3	—	0,18	1,65	0,60 Si, 0,08 V, 0,02 N, 0,10 Nb

Número AISI/SAE ou ASTM	Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]	Aplicações Típicas
Aços-Carbono Comuns com Baixo Teor de Carbono				
1010	325 (47)	180 (26)	28	Painéis de automóveis, pregos e arames
1020	380 (55)	210 (30)	25	Tubos; aço estrutural e em chapas
A36	400 (58)	220 (32)	23	Estrutural (pontes e edificações)
A516 Classe 70	485 (70)	260 (38)	21	Vasos de pressão para baixas temperaturas
Aços de Alta Resistência e Baixa Liga				
A572 Classe 42	415 (60)	290 (42)	24	Estruturas que são aparafusadas ou rebitadas
A633 Classe E	515 (75)	380 (55)	23	Estruturas usadas em baixas temperaturas ambientes
A656 Tipo 3	655 (95)	552 (80)	15	Chassis de caminhões e vagões de trem

Aços com médio teor de carbono

- Concentração $> 0.25\%$ p C e $< 0.60\%$ p C.
- Trados termicamente por austenização, têmpera e revenimento.
- Microestrutura: Martensita revenida.
- Diversas combinações de resistência e ductilidade.
- Aplicações: rodas de trem, trilhos de trem, engrenagens, componentes mecânicos, componentes estruturais que exigem alta resistência.

Aços com médio teor de carbono

<i>Número AISI</i>	<i>Número UNS</i>	<i>Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]</i>	<i>Limite de Escoamento [MPa (ksi)]</i>	<i>Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]</i>	<i>Aplicações Típicas</i>
<i>Aços-Carbono Comuns</i>					
1040	G10400	605–780 (88–113)	430–585 (62–85)	33–19	Virabrequins, parafusos
1080 ^a	G10800	800–1310 (116–190)	480–980 (70–142)	24–13	Talhadeiras, martelos
1095 ^a	G10950	760–1280 (110–186)	510–830	(74–120) 26–10	Facas, lâminas de serras
<i>Aços-Liga</i>					
4130	G41300	830–1550 (120–225)	670–1340 (97–195)	24–11	Engrenagens, parafusos, eixos
4340	G43400	980–1960 (142–284)	895–1570 (130–228)	21–11	Buchas, tubulações em aeronaves
6150	G61500	815–2170	745–1860	22–7	Eixos, pistões, engrenagens

Aços com alto teor de carbono

- Concentração $> 0.60\%$ p C e $< 1.40\%$ p C.
- Duros e mais resistentes e com menor ductilidade.
- Normalmente apresentam processos de revenimento.
- Resistente ao desgaste, capaz de manter arestas de corte afiadas.
- Usados como ferramenta de corte, facas, lâminas, molas, arames de alta resistência.

Aços com alto teor de carbono

Número <i>AISI</i>	Número <i>UNS</i>	<i>Composição (%p)^a</i>						<i>Aplicações Típicas</i>
		<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>W</i>	<i>V</i>	
M1	T11301	0,85	3,75	0,30 máx.	8,70	1,75	1,20	Brocas, serras; ferramentas de torno e plaina
A2	T30102	1,00	5,15	0,30 máx.	1,15	—	0,35	Punções, matrizes para gravação em relevo
D2	T30402	1,50	12	0,30 máx.	0,95	—	1,10 máx.	Cutelaria, matrizes de trefilação
O1	T31501	0,95	0,50	0,30 máx.	—	0,50	0,30 máx.	Lâminas de tesouras, ferramentas de corte
S1	T41901	0,50	1,40	0,30 máx.	0,50 máx.	2,25	0,25	Corta-tubos, brocas para concreto
W1	T72301	1,10	0,15 máx.	0,30 máx.	0,10 máx.	0,15 máx.	0,10 máx.	Ferramentas de ferreiro, ferramentas de marcenaria

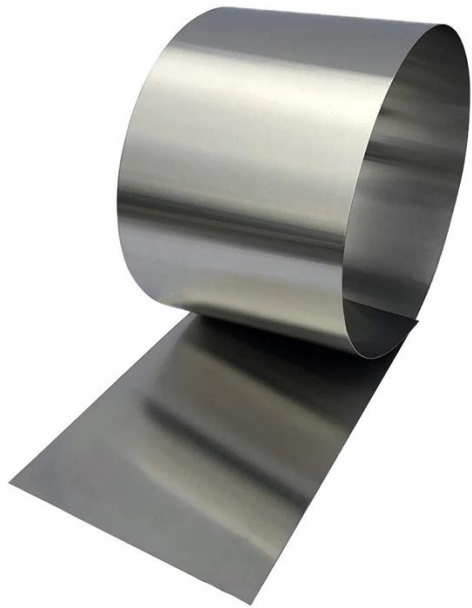
Influência dos elementos de liga

Elementos	Principais efeitos
C	Elemento base para formar liga e fases. Eleva dureza, resistência e temperabilidade. Diminui a ductilidade.
Mn	Desoxida e dessulfuriza a liga, aumentando a trabalhabilidade.
Si	Desoxidante importante. Eleva a resistência a oxidação, e aumenta resistência de aços com baixo teor de liga.
Cr	Eleva substancialmente a resistência a corrosão, a oxidação, a abrasão (com ↑% C) e mecânica em altas temperaturas.
Ni	Eleva a temperabilidade e tenacidade em baixas temperaturas. Eleva resistência a corrosão.
Mo	Eleva e controla a temperabilidade, eleva resistência a abrasão, dureza e resistência a quente.
V	Promove refino de grão, aumento da dureza e aumenta a endurecibilidade.
Nb	Eleva a resistência de aços baixo carbono.
Co	Contribui à dureza a quente pelo endurecimento da ferrita.
W	Forma partículas duras e resistentes ao desgaste, e aumenta dureza e resistência em altas temperaturas

- Melhoria de propriedades mecânicas
- Todos melhoram a temperabilidade.
- Além disso, cada elemento pode possuir um efeito único.

Aços inoxidáveis

- Altamente resistentes a corrosão.
- Elemento predominante: Cromo, em concentrações $< 11\%$ p.
- Divididos em 3 classes: martensístico, ferrítico ou austenítico.

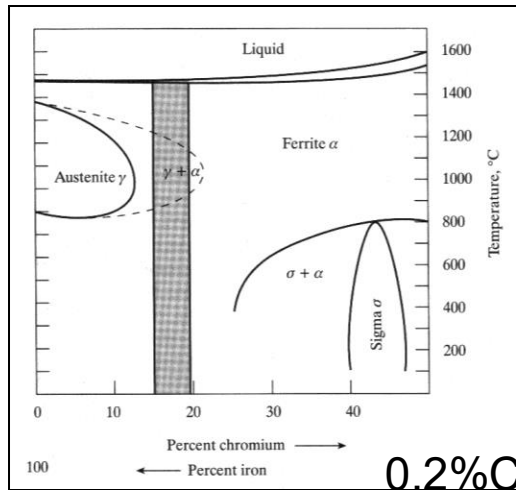


Aços inoxidáveis

Tipos de aços inoxidáveis

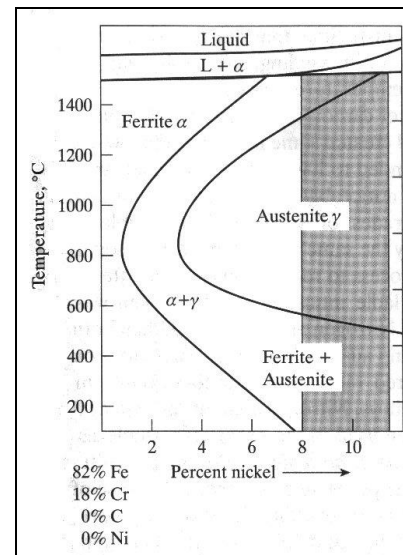
Ferrítico.

- $11 \leq \%p.Cr \leq 20$, $\%C \leq 0,3$
- Não podem ser tratados termicamente
- Menor custo dentre os inox



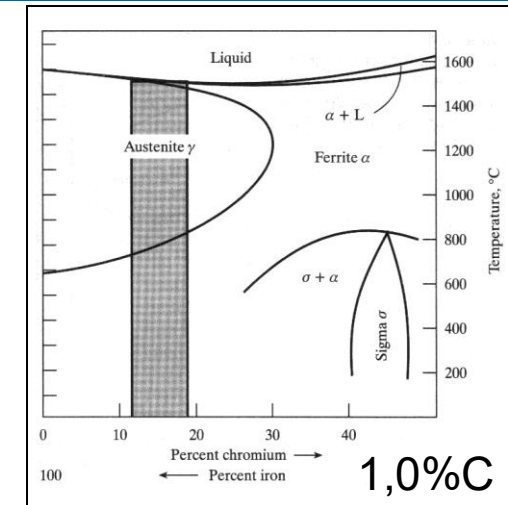
Austeníticos

- $17 \leq \%p.Cr \leq 25$; $6\% \leq \%p.Ni \leq 20$.
- Estrutura austenítica à T ambiente.
- Alta tenacidade à fratura!



Martensíticos

- $12 \leq \%p.Cr \leq 18$, $0,1 \leq \%p.C \leq 0,3$
- Quando temperados atingem elevados níveis de dureza e resistência mecânica.
- Resistência a corrosão menor que dos outros

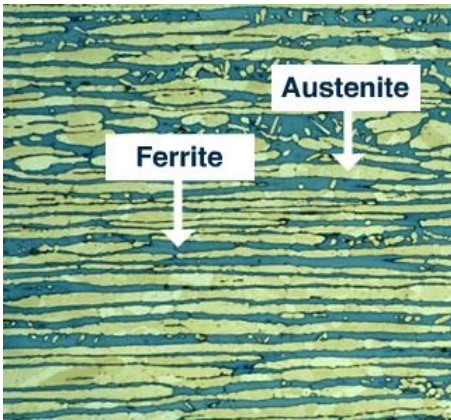


Aços inoxidáveis

Tipos de aços inoxidáveis

Duplex

- Ligas do sistema **Fe-Cr-Ni-Mo-N**
- Microestrutura bifásica austenita+ferrita
- Melhor resistência corrosão que os austeníticos.
- Tensão de escoamento superiores aos do aços austeníticos

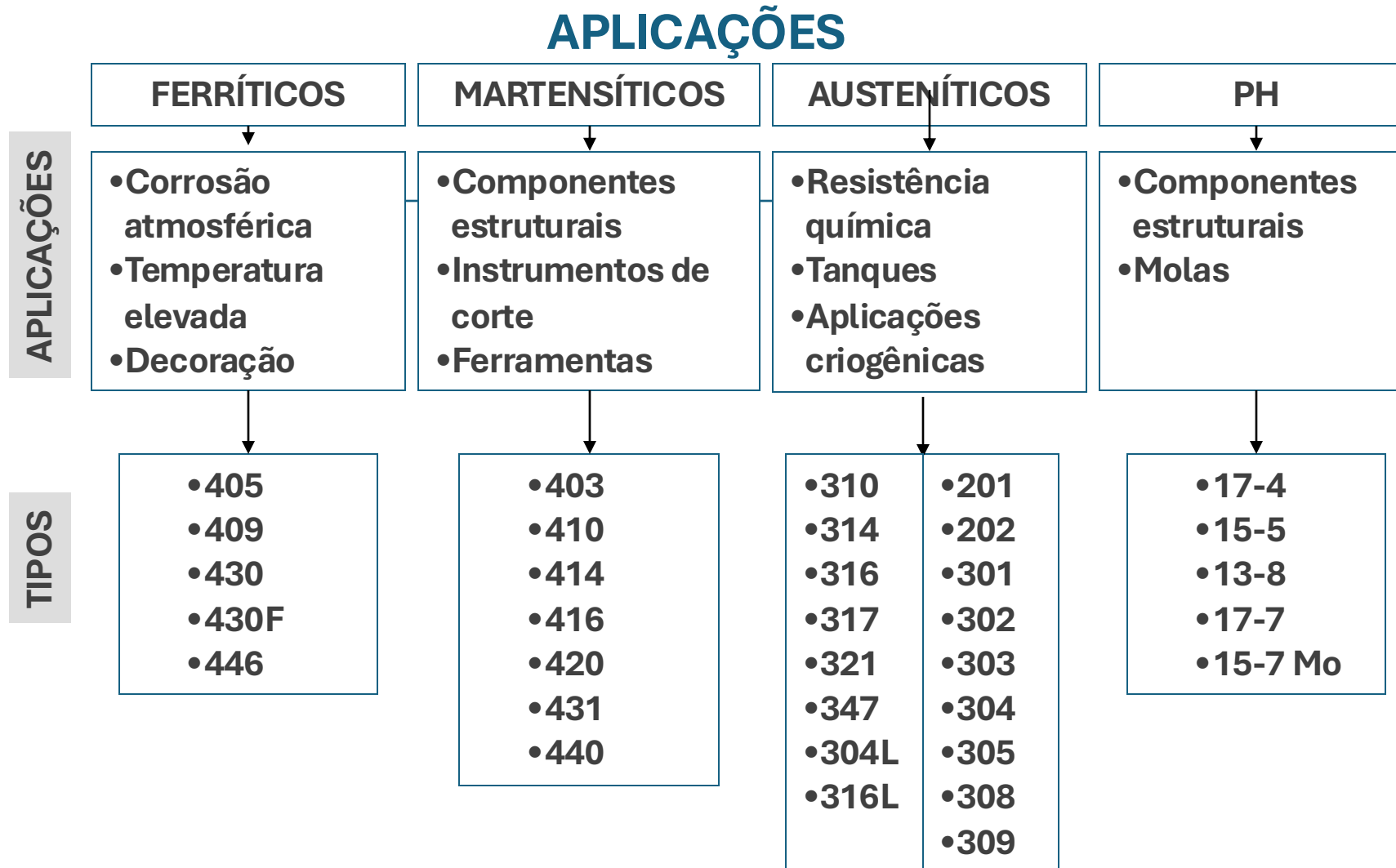


PH – Precipitation Hardening

- Endurecimento por precipitação
- Teores variáveis de Ni e Mo
- Precipitados de Cu, Al, Ti e Nb
- Elevadas resistência mecânica e tenacidade, mantidas a altas temperaturas.



Aços inoxidáveis

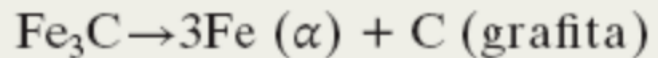


Aços inoxidáveis

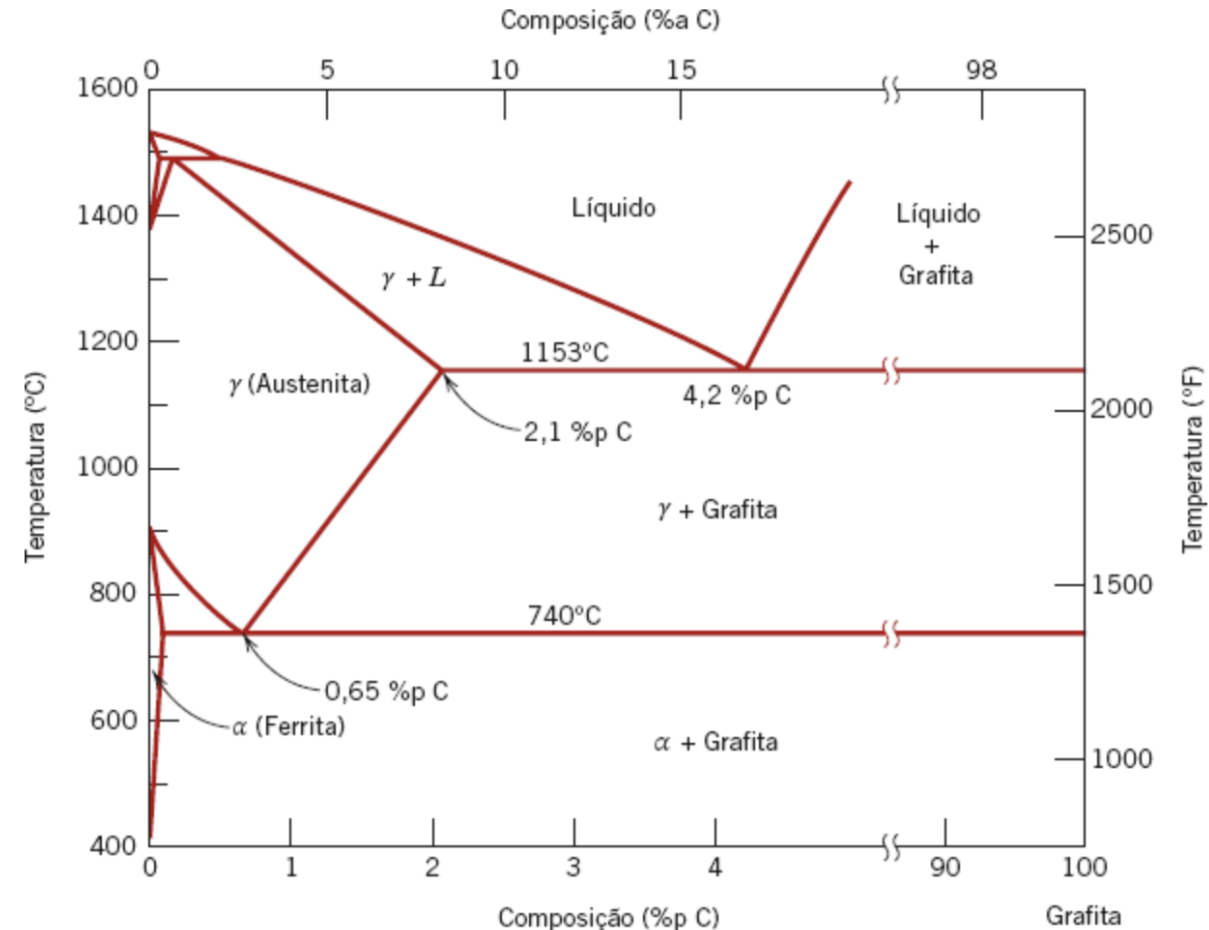
Número AISI	Número UNS	Composição (%p) ^a						Aplicações Típicas
		C	Cr	Ni	Mo	W	V	
M1	T11301	0,85	3,75	0,30 máx.	8,70	1,75	1,20	Brocas, serras; ferramentas de torno e plaina
A2	T30102	1,00	5,15	0,30 máx.	1,15	—	0,35	Punções, matrizes para gravação em relevo
D2	T30402	1,50	12	0,30 máx.	0,95	—	1,10 máx.	Cutelaria, matrizes de trefilação
01	T31501	0,95	0,50	0,30 máx.	—	0,50	0,30 máx.	Lâminas de tesouras, ferramentas de corte
S1	T41901	0,50	1,40	0,30 máx.	0,50 máx.	2,25	0,25	Corta-tubos, brocas para concreto
W1	T72301	1,10	0,15 máx.	0,30 máx.	0,10 máx.	0,15 máx.	0,10 máx.	Ferramentas de ferreiro, ferramentas de marcenaria

Ferros fundidos

- Classe de ligas ferrosas com $> 2.14\%$ p C, onde maioria possui $> 3\%$ e $< 4.5\%$ p C.
- Temperatura de liquefação menor que o do aço (entre $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Muito frágeis.
- Cementita é instável.



- Taxa de solidificação lenta favorece a grafita



Ferros fundidos

Vantagens:

- Ponto de fusão inferior ao dos aços
- Elevada dureza e resistência ao desgaste
- Boa resistência à corrosão
- Versatilidade de propriedades e aplicações
- Baixo custo

Limitações:

- Grande fragilidade
- Baixa ductilidade
- Difícil de usinar
- Soldagem difícil

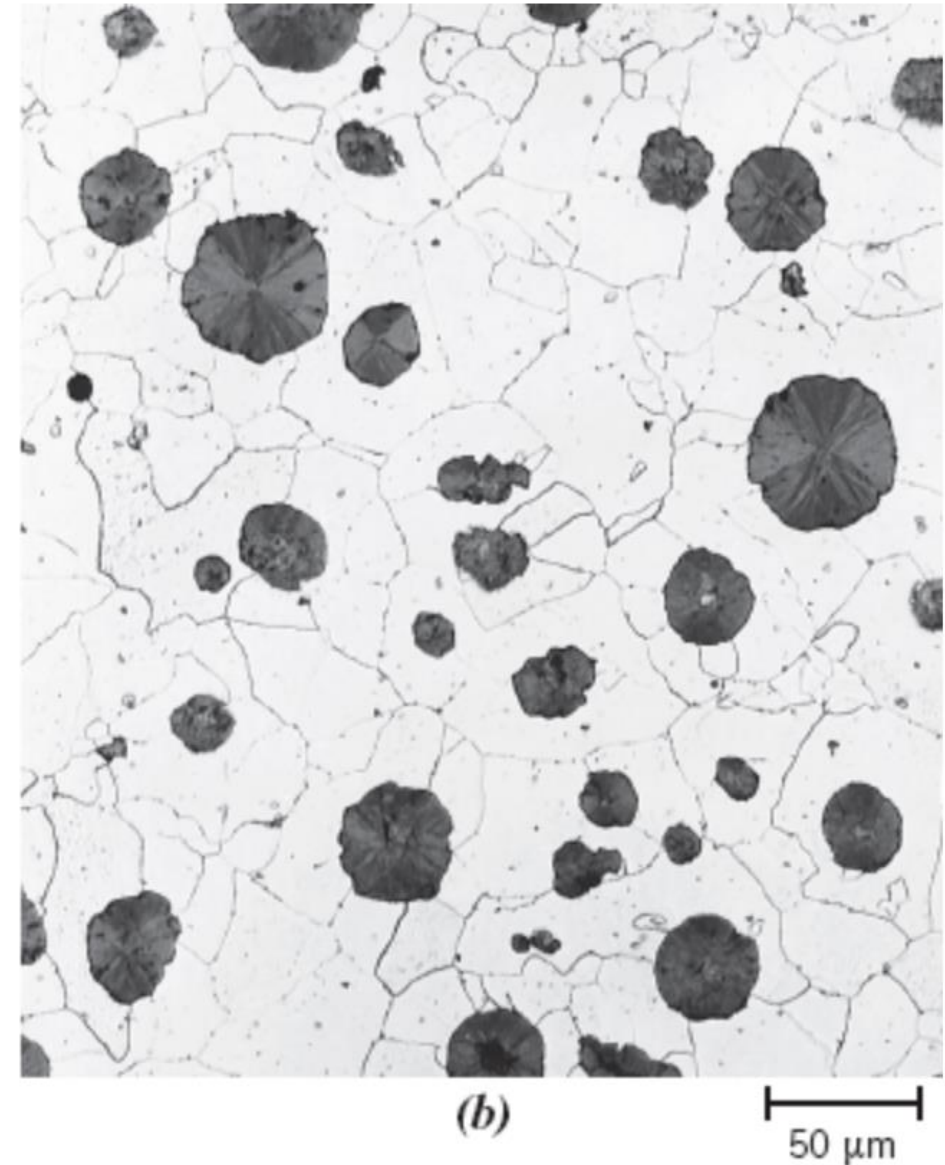
Ferros Cinzentos

- Teor de C: $2.5\% < p\text{ C} < 4.0\%$.
- Teor de Si: $1.0\% < p\text{ Si} < 3.0\%$
- Grafita em formato floco de milho, normalmente envolvida por uma matriz de ferrita ou de perlita.
- Microestrutura ferro cinzento.
- Pouco resistente e frágil.
- Resistência e ductilidade maiores sob pressão.
- Usado em amortecedores e máquinas de vibração, e são muito baratos.



Ferros Dúctil (ou nodular)

- Adição de pequena quantidade de Mg ou Ce ao ferro cinzento.
- Matriz de perlita ou ferrita.
- Possui característica mecânica próxima dos aços, mas mais resistente e dúctil que o ferro cinzento.
- Aplicações: válvulas, corpos de bombas, engrenagens, componentes automobilísticos e de máquinas.



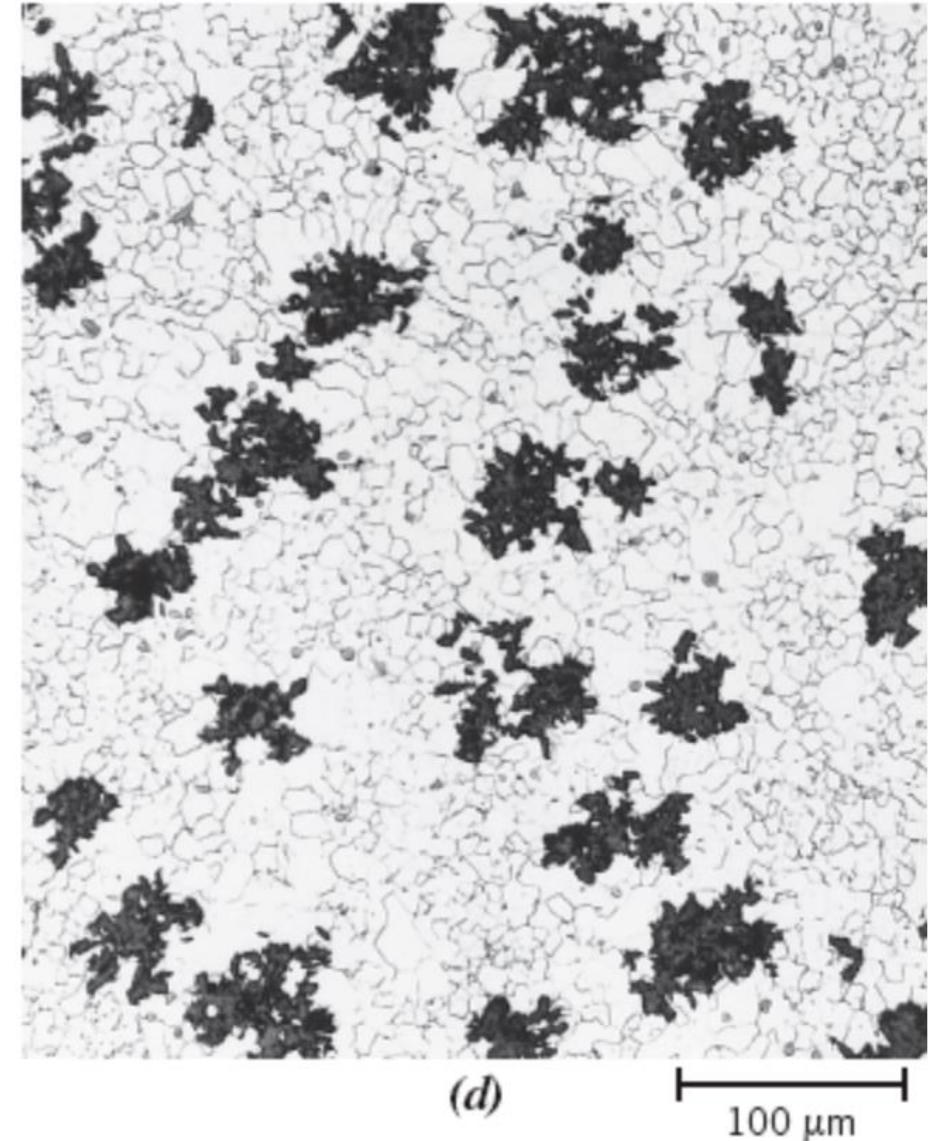
Ferros Brancos

- Baixo teor de Si, alta taxa de resfriamento e maior quantidade de cementita.
- Aparência branca da fratura dessa liga.
- Formada no interior em uma região que resfria mais lentamente.
- Extremamente duro e frágil.
- Aplicado em cilindros de laminação em laminadores.



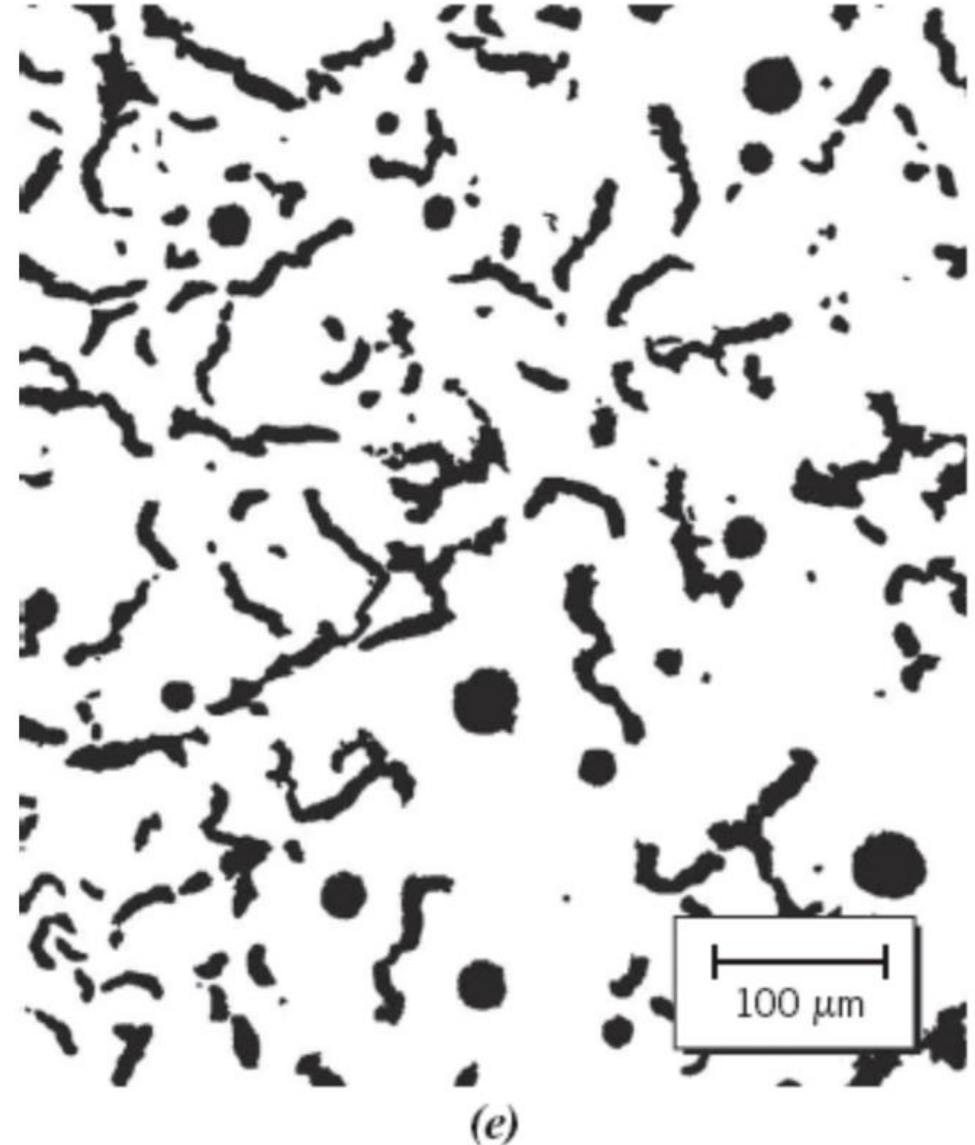
Ferros Maleáveis

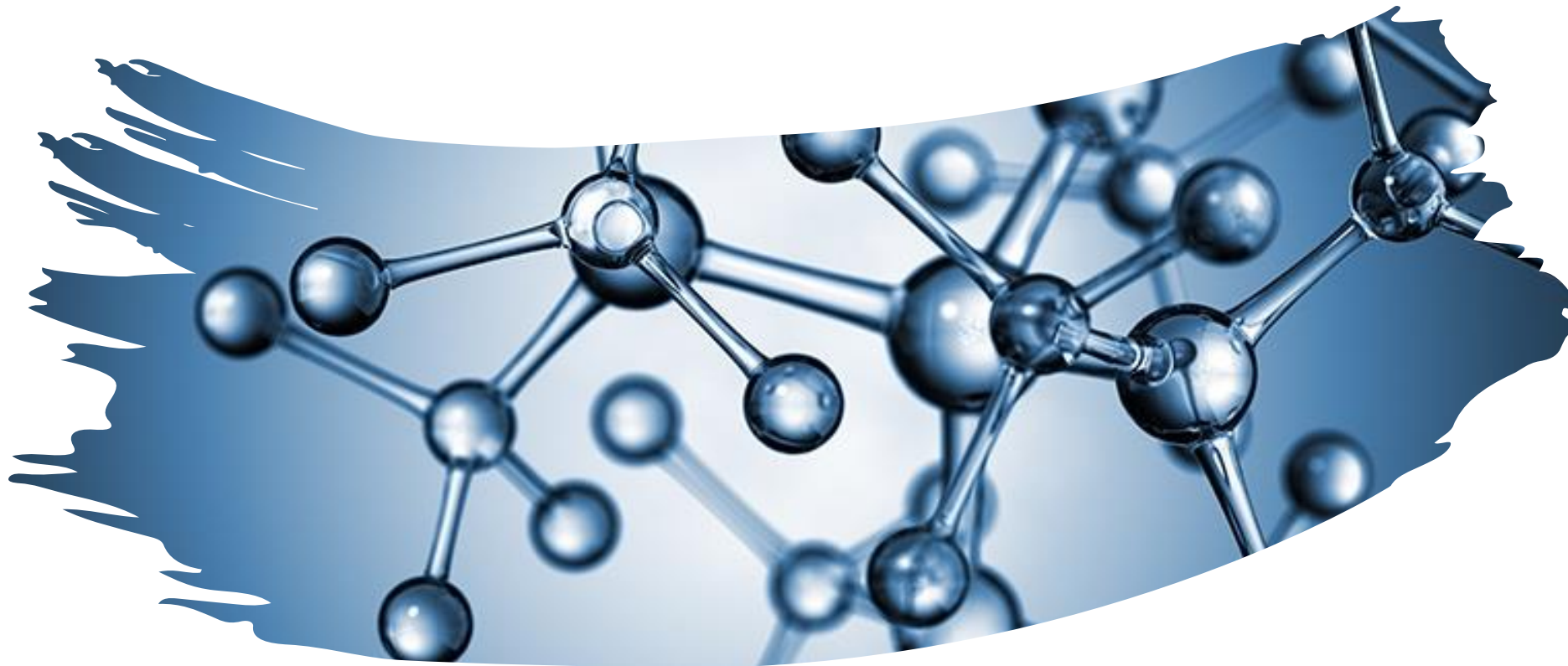
- Aquecimento de Ferro Branco (entre 800 e 900 °C) por tempo prolongado degrada a cementita.
- Microestrutura: aglomerados (roselita) em uma matriz de ferrita ou perlita.
- Resistência alta e ductilidade considerável.
- Aplicações: barras de ligas, engrenagens de transmissão, conexões tubulares, peças de válvulas.



Ferros Fundidos Vermicular

- Teor de C: $3.1\% < p\text{ C} < 4.0\%$
- Teor de Si: $1.7\% < p\text{ Si} < 3.0\%$.
- Microestrutura: gráfica com formato de verme (entre ferro cinzento e ferro nodular).
- Redução na resistência à fratura e à fadiga.
- Maior condutividade térmica, melhor resistência a choque térmico, menor oxidação.
- Aplicação: Bloco de motor diesel, disco de freio, carcaça de engrenagem





2. Ligas não ferrosas

Ligas não ferrosas

- Problemas ligas ferrosas:
- (1) Massa específica relativamente elevada.
- (2) Condutividade elétrica comparativamente baixa
- (3) suscetibilidade inerente à corrosão.
- Ligas de Cobre, alumínio, magnésio e titânio.



Ligas não ferrosas

- Ligas fundidas: frágeis que não podem ser conformadas (modeladas) por meio de uma deformação.
- Ligas forjadas: são susceptíveis a deformação mecânica.



Ligas de Cobre

- Cobre puro: macio e dúctil, difícil de usinar, alta capacidade de ser trabalhado a frio, baixa corrosão.
- Ligas mais comum: latão (Zn + Cu).
- Bronze: (Cu + Sn + outros elementos)

Ligas de Cobre

Nome da Liga	Número UNS	Composição (%p) ^a	Condição	Propriedades Mecânicas			Aplicações Típicas
				Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]	
Ligas Forjadas							
Cobre eletrolítico tenaz	C11000	0,04 O	Recozido	220 (32)	69 (10)	45	Fios elétricos, rebites, telas para filtração, gaxetas, painéis, pregos, coberturas para telhados
Cobre-berílio	C17200	1,9 Be, 0,20 Co	Endurecido por precipitação	1140–1310 (165–190)	965–1205 (140–175)	4–10	Molas, foles, percussores, buchas, válvulas, diafragmas
Latão para cartuchos	C26000	30 Zn	Recozido Trabalhado a frio (dureza H04)	300 (44) 525 (76)	75 (11) 435 (63)	68 8	Núcleos de radiadores automotivos, componentes de munições, bocais de luminárias e de lanternas, placas contra recuos
Bronze fosforoso, 5% A	C51000	5 Sn, 0,2 P	Recozido Trabalhado a frio (dureza H04)	325 (47) 560 (81)	130 (19) 515 (75)	64 10	Foles, discos de embreagem, diafragmas, grampos de fusíveis, molas, eletrodos de solda
Cobre-níquel, 30%	C71500	30 Ni	Recozido Trabalhado a frio (dureza H02)	380 (55) 515 (75)	125 (18) 485 (70)	36 15	Componentes de condensadores e trocadores de calor, tubulações para água salgada

Ligas de Cobre

<i>Ligas Fundidas</i>							
Latão amarelo com chumbo	C85400	29 Zn, 3 Pb, 1 Sn	Bruto de fundição	234 (34)	83 (12)	35	Peças de mobília, conexões de radiadores, acessórios de iluminação, grampos de bateria
Bronze ao estanho	C90500	10 Sn, 2 Zn	Bruto de fundição	310 (45)	152 (22)	25	Mancais, buchas, anéis de pistões, conexões para vapor, engrenagens
Bronze ao alumínio	C95400	4 Fe, 11 Al	Bruto de fundição	586 (85)	241 (35)	18	Mancais, engrenagens, roscas-sem-fim, buchas, sedes e proteções de válvulas, ganchos de decapagem

Ligas de Alumínio

- Massa específica relativamente baixa, condutividade elétrica e térmica elevada, resistência a corrosão.
- Facil conformação (material dúctil).
- Problema: baixa temperatura de fusão (restringe aplicações).
- Aplicação: peças estruturais de aeronaves, latas de bebidas, peças de automóveis (bloco, pistão).



Ligas de Alumínio

Número da Associação do Alumínio	Número UNS	Composição (%p) ^a	Condição (Especificação do Tratamento)	Propriedades Mecânicas			Aplicações/Características Típicas
				Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]	
Ligas Forjadas, Não Tratáveis Termicamente							
1100	A91100	0,12 Cu	Recozida (O)	90 (13)	35 (5)	35–45	Equipamentos para o manuseio e armazenamento de alimentos e produtos químicos, trocadores de calor, refletores de luz
3003	A93003	0,12 Cu, 1,2 Mn, 0,1 Zn	Recozida (O)	110 (16)	40 (6)	30–40	Utensílios de cozinha, vasos de pressão e tubulações
5052	A95052	2,5 Mg, 0,25 Cr	Encruada (H32)	230 (33)	195 (28)	12–18	Linhas de combustível e de óleo de aeronaves, tanques de combustível, utensílios, rebites e arames

Ligas de Alumínio

<i>Ligas Forjadas, Tratáveis Termicamente</i>							
2024	A92024	4,4 Cu, 1,5 Mg, 0,6 Mn	Tratada termicamente (T4)	470 (68)	325 (47)	20	Estruturas de aeronaves, rebites, rodas de caminhões, peças de máquinas de parafuso transportador
6061	A96061	1,0 Mg, 0,6 Si, 0,30 Cu, 0,20 Cr	Tratada termicamente (T4)	240 (35)	145 (21)	22–25	Caminhões, canoas, vagões de trem, mobílias, tubulações
7075	A97075	5,6 Zn, 2,5 Mg, 1,6 Cu, 0,23 Cr	Tratada termicamente (T6)	570 (83)	505 (73)	11	Peças estruturais de aeronaves e outras aplicações submetidas a tensões elevadas
<i>Ligas Fundidas, Tratáveis Termicamente</i>							
295,0	A02950	4,5 Cu, 1,1 Si	Tratada termicamente (T4)	221 (32)	110 (16)	8,5	Alojamentos de volantes de motores e de eixos traseiros, rodas de ônibus e de aeronaves, cárteres
356,0	A03560	7,0 Si, 0,3 Mg	Tratada termicamente (T6)	228 (33)	164 (24)	3,5	Peças de bombas de aeronaves, caixas de transmissão automotivas, blocos de cilindros resfriados a água

Ligas de Alumínio

<i>Ligas Alumínio-Lítio</i>							
2090	—	2,7 Cu, 0,25 Mg, 2,25 Li, 0,12 Zr	Tratada termicamente, trabalhada a frio (T83)	455 (66)	455 (66)	5	Estruturas de aeronaves e estruturas de tancagem criogênica
8090	—	1,3 Cu, 0,95 Mg, 2,0 Li, 0,1 Zr	Tratada termicamente, trabalhada a frio (T651)	465 (67)	360 (52)	—	Estruturas de aeronaves com alta tolerância a danos

Ligas de Magnésio

- Massa específica mais baixa dentre os metais estruturais.
- Metal macio, baixo modulo de elasticidade.
- Fabricação por fundição.
- Problemas: ligas instáveis quimicamente (fácil corrosão).
- Aplicações: peças aeronáuticas, mísseis



Ligas de Magnésio

Número ASTM	Número UNS	Composição (%) ^a	Condição	Propriedades Mecânicas			Aplicações Típicas
				Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]	
Ligas Forjadas							
AZ31B	M11311	3,0 Al, 1,0 Zn, 0,2 Mn	Extrudado	262 (38)	200 (29)	15	Estruturas e tubulações, proteção catódica
HK31A	M13310	3,0 Th, 0,6 Zr	Encruada, parcialmente recozida	255 (37)	200 (29)	9	Alta resistência até 315°C (600°F)
ZK60A	M16600	5,5 Zn, 0,45 Zr	Envelhecida artificialmente	350 (51)	285 (41)	11	Peças forjadas de máxima resistência para aeronaves
Ligas Fundidas							
AZ91D	M11916	9,0 Al, 0,15 Mn, 0,7 Zn	Bruto de fundição	230 (33)	150 (22)	3	Peças fundidas em matriz para automóveis, bagagens e dispositivos eletrônicos
AM60A	M10600	6,0 Al, 0,13 Mn	Bruto de fundição	220 (32)	130 (19)	6	Rodas automotivas
AS41A	M10410	4,3 Al, 1,0 Si, 0,35 Mn	Bruto de fundição	210 (31)	140 (20)	6	Fundições em matriz que exigem boa resistência à fluência

Ligas de Titânio

- Massa específica relativamente baixa, alto ponto de fusão e elevado módulo de elasticidade.
- Alta resistência, ductilidade e podem ser forjados ou usinados.
- Varias combinações com fases distintas.
- Problemas: alta reatividade química em temperaturas elevadas. Alto custo de manuseio.
- Materiais biocompatíveis (reatividade química baixa em temperatura ambiente).
- Aplicação: próteses, peças de aeronave, submarino.



Ligas de Titânio

Principais ligas de titânio:

- **Puro (sem liga) 99,1%Ti:**

- Excelente resistência a corrosão
- Impurezas (Ex.: oxigênio) aumentam resistência
- Aplicação: Invólucro de motores a jato, fuselagem e indústria naval

- **Ligas α - Ti-5Al-2,5Sn:**

- Não endurecidas por tratamento térmico
- Resistência moderada a alta temperatura
- Boas tenacidade, fluência, soldabilidade
- Baixa forjabilidade
- Aplicação: Equipamentos químicos para temperaturas até 480°C

- **Ligas β - e Ti-6Al-6V-2Sn:**

- Possuem maior endurecibilidade
- Tratáveis termicamente
- Maior resistência mecânica que as ligas α
- São soldáveis
- Aplicação: Combinação de elevada resistência e tenacidade

- **Ligas α - β Ti-6Al-4V, Ti-6Al-6V-2Sn e Ti-10V-2Fe-3Al:**

- Tratáveis termicamente
- Endurecidas por precipitação
- Aplicações: Estruturas de aviões de alta resistência

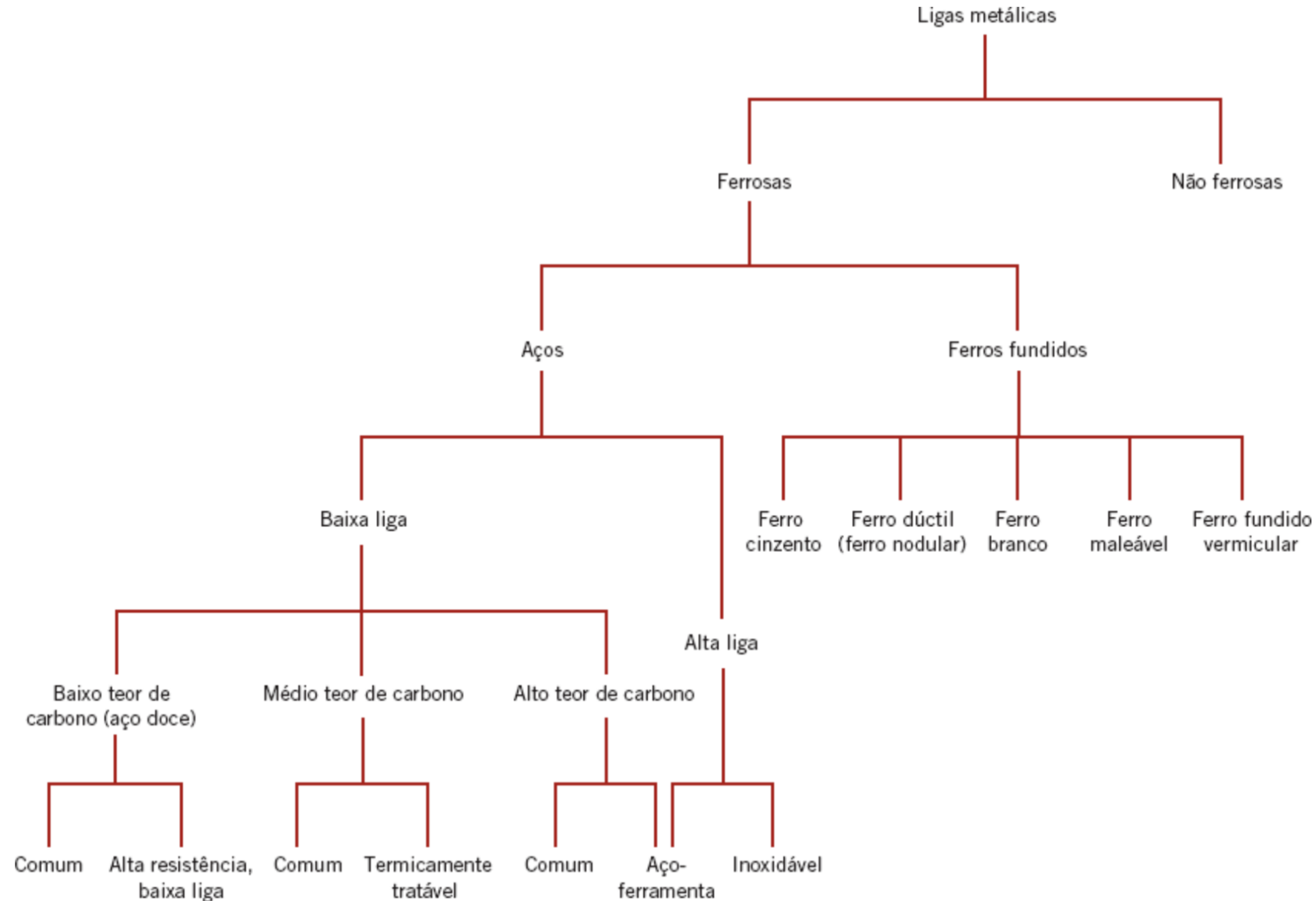
Ligas de Titânio

Tipo da Liga	Nome Comum (Número UNS)	Composição (%p) ^a	Condição	Propriedades Mecânicas Médias			Aplicações Típicas
				Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]	
Comercialmente puro	Não ligada (R50250)	99,5 Ti	Recozida	240 (35)	170 (25)	24	Protetores de motores a jato, carcaças e fuselagens de aviões, equipamentos resistentes à corrosão para as indústrias naval e de processamento químico
α	Ti-5Al-2,5Sn (R54520)	5 Al, 2,5 Sn, restante Ti	Recozida	826 (120)	784 (114)	16	Carcaças e anéis de motores de turbina a gás; equipamentos para processamento químico que exigem resistência até temperaturas de 480°C (900°F)
Quase α	Ti-8Al-1Mo-1V (R54810)	8 Al, 1 Mo, 1 V, restante Ti	Recozida (duplex)	950 (138)	890 (129)	15	Peças forjadas para componentes de motores a jato (discos, placas e conectores de compressores)
α + β	Ti-6Al-4V (R56400)	6 Al, 4 V, restante Ti	Recozida	947 (137)	877 (127)	14	Implantes e próteses de alta resistência, equipamentos para processamento químico, componentes estruturais de fuselagens de aviões
α + β	Ti-6Al-6V-2Sn (R56620)	6 Al, 2 Sn, 6 V, 0,75 Cu, restante Ti	Recozida	1050 (153)	985 (143)	14	Aplicações nas fuselagens das carcaças de motores de foguetes e nas estruturas de fuselagens de alta resistência para aviões

Take-home message...

1. Ligas ferrosas

- I. Identificar e entender a aplicação dos diferentes tipos de aços e ferros fundidos



Take-home message...

1. Ligas ferrosas

1. Identificar e entender a aplicação dos diferentes tipos de aços e ferros fundidos

2. Ligas não ferrosas

1. Identificar as vantagens de se usar ligas não ferrosas



Próxima aula...

- Corrosão (ÚLTIMA AULA TEÓRICA!!!)

