

METAIS E LIGAS



Resistência Mecânica (INDICAÇÕES - ppdds)



LIGAS METÁLICAS PARA FUNDIÇÃO



METAIS

DEFINIÇÃO (QUÍMICA):

“Todo elemento que em solução se ioniza positivamente”

(Materiales Dentales, Macchi, 1980)

METAIS

DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

- é um elemento, substância ou liga em que os átomos e suas ligações estão arranjados em forma muito ordenada.
- possuem núcleos iônicos na sua estrutura atômica, e um, dois ou no máximo três elétrons de valência.
- os elétrons de valência possuem certa liberdade por ser pouco atraído pelo núcleo do átomo, o que lhes confere certa liberdade, favorecendo a formação de cátions e a ligação iônica dos metais a elementos não-metálicos.
- são relativamente densos em comparação aos polímeros e as cerâmicas.

METAIS

DEFINIÇÃO - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

- estruturas tipicamente **cristalinas** (os átomos estão posicionados em um arranjo repetitivo ou periódico ao longo de grandes distâncias atômicas)
- **bons condutores térmicos e de eletricidade devido a sua estrutura atômica e principalmente pelos elétrons de valência**

METAIS

“Metal é uma substância química opaca brilhante, boa condutora de calor e eletricidade e, quando polida, boa refletora de luz” (Metals Handbook, 1992).

TABELA PERIÓDICA

The periodic table is presented in a 3D block format. Elements are color-coded by groups: Metals (yellow), Non-metals (pink), Semimetals (green), and Noble gases (blue). The table includes elements from Hydrogen (1) to Oganesson (118), plus the Lanthanide and Actinide series at the bottom. A callout box for Boron (B) provides detailed information: Atomic number 5, Electronic configuration 1s² 2s² 2p¹, and Atomic mass 10.811.

Legend:

- Metals (Yellow)
- Non-metals (Pink)
- Semimetals (Green)
- Noble gases (Blue)
- Gases (H)
- Liquids (Hg)
- Solids (U)
- Artificial (Yb)

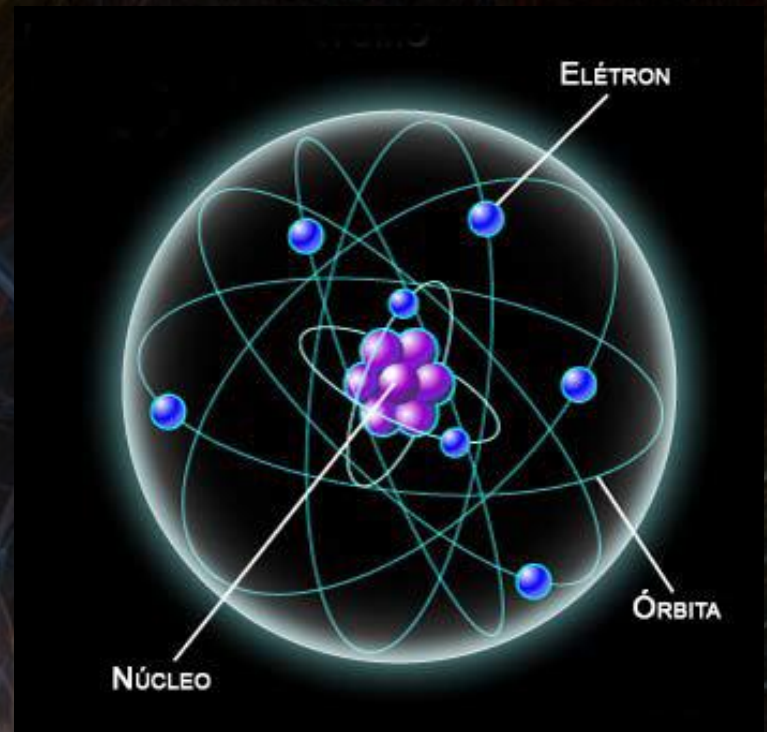
Callout for Boron (B):

- Número atômico: 5
- Configuração eletrônica: 1s² 2s² 2p¹
- Massa atômica (padrão ¹²C = 12): 10,811

Observações:

1. Massas atômicas limitadas a cinco algarismos significativos, IUPAC-1989.
2. (*) Refere-se ao isótopo com meia-vida mais longa.
3. Elementos 104 a 109: IUPAC - 30/08/97

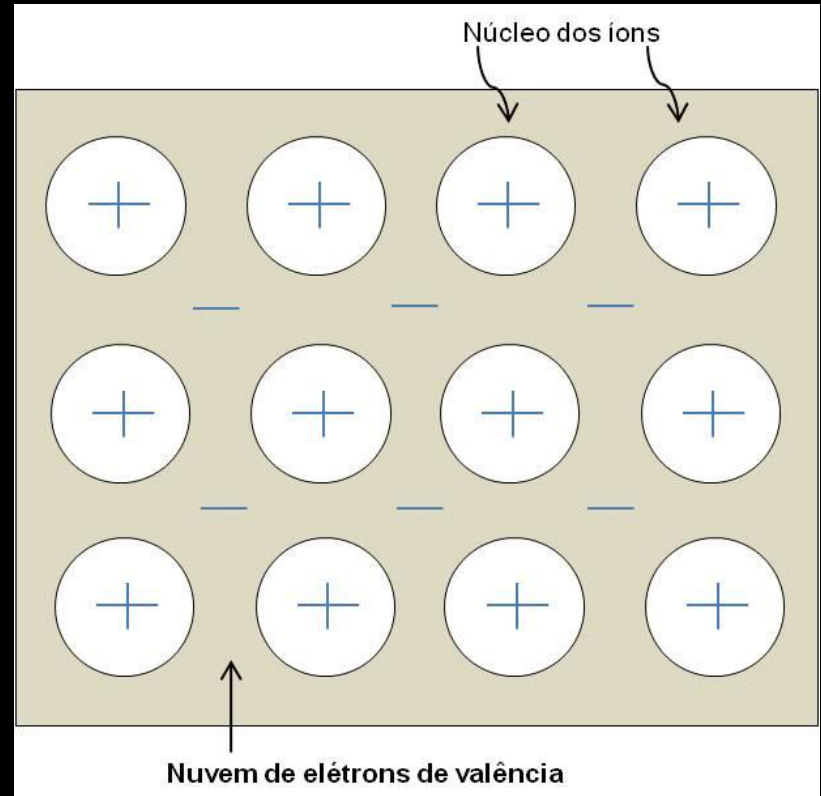
ÁTOMO



K	—	1s				
L	—	2s	2p			
M	—	3s	3p	3d		
N	—	4s	4p	4d	4f	
O	—	5s	5p	5d	5f	
P	—	6s	6p	6d		
Q	—	7s	7p			

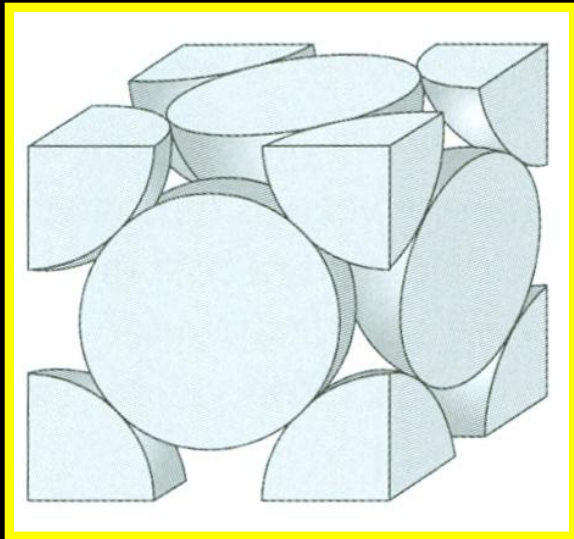
LIGAÇÕES

- Ligações Primárias
- Liberdade dos Elétrons de Valência
- Superfície – Presença da Nuvem de Elétrons
- Demais Elétrons formam os Núcleos Iônicos

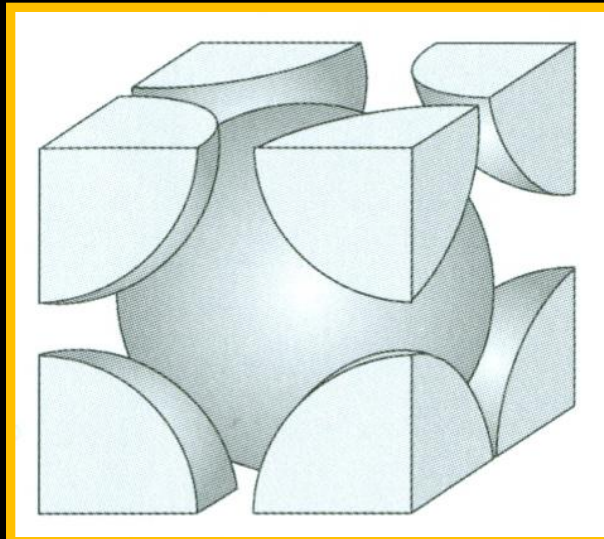


Estruturas Cristalinas dos Metais

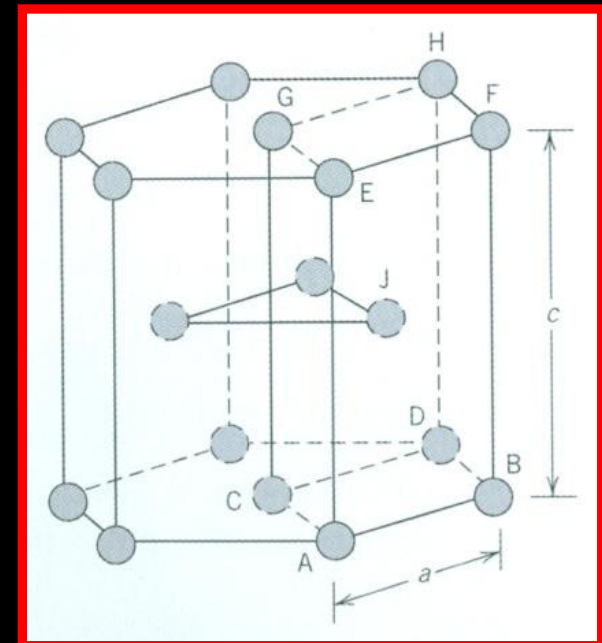
- Cúbica de Face Centrada
- Cúbica de Corpo Centrado
- Hexagonal Compacta



FEA = 0,74

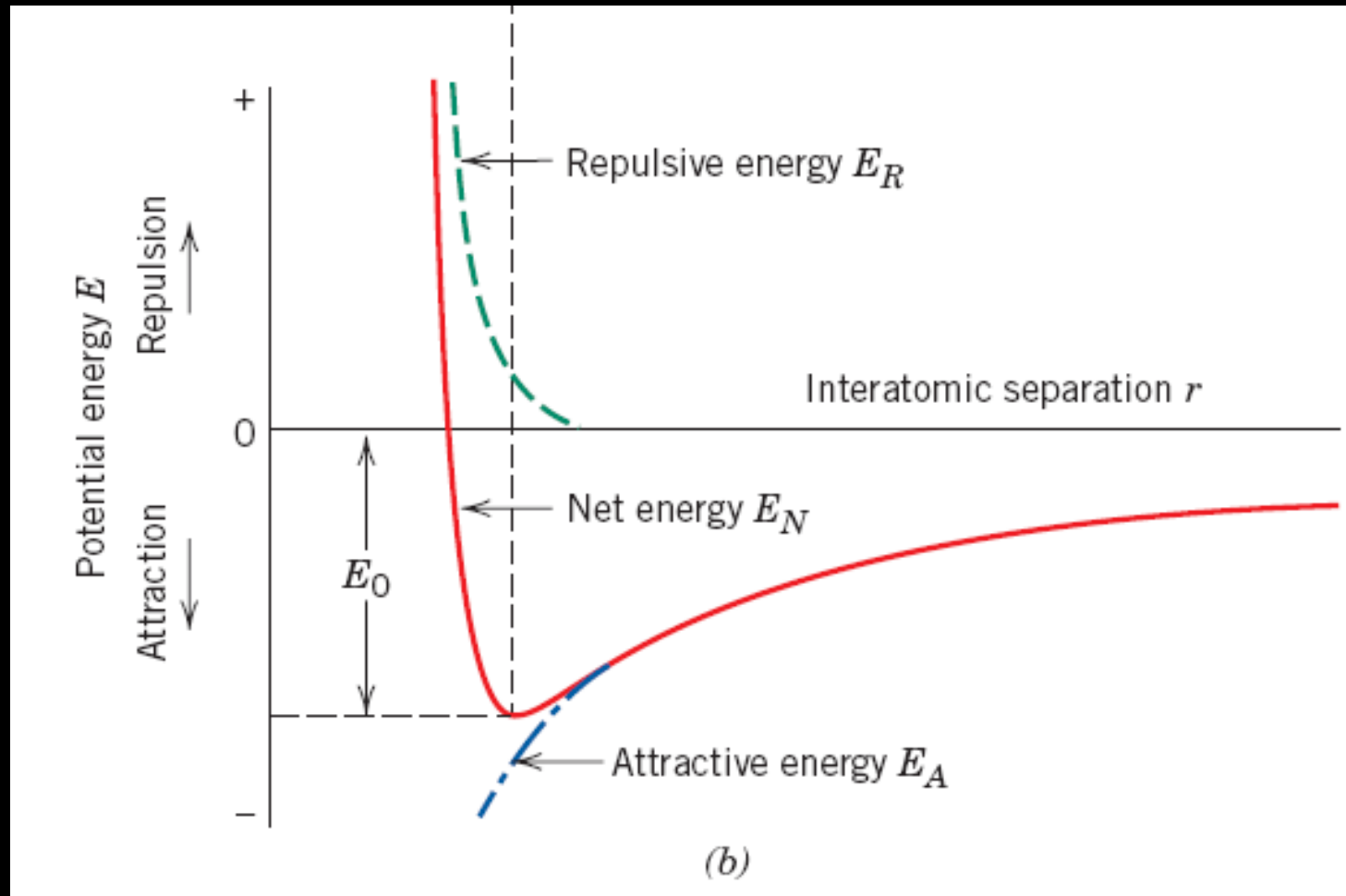


FEA = 0,68



FEA = 0,74

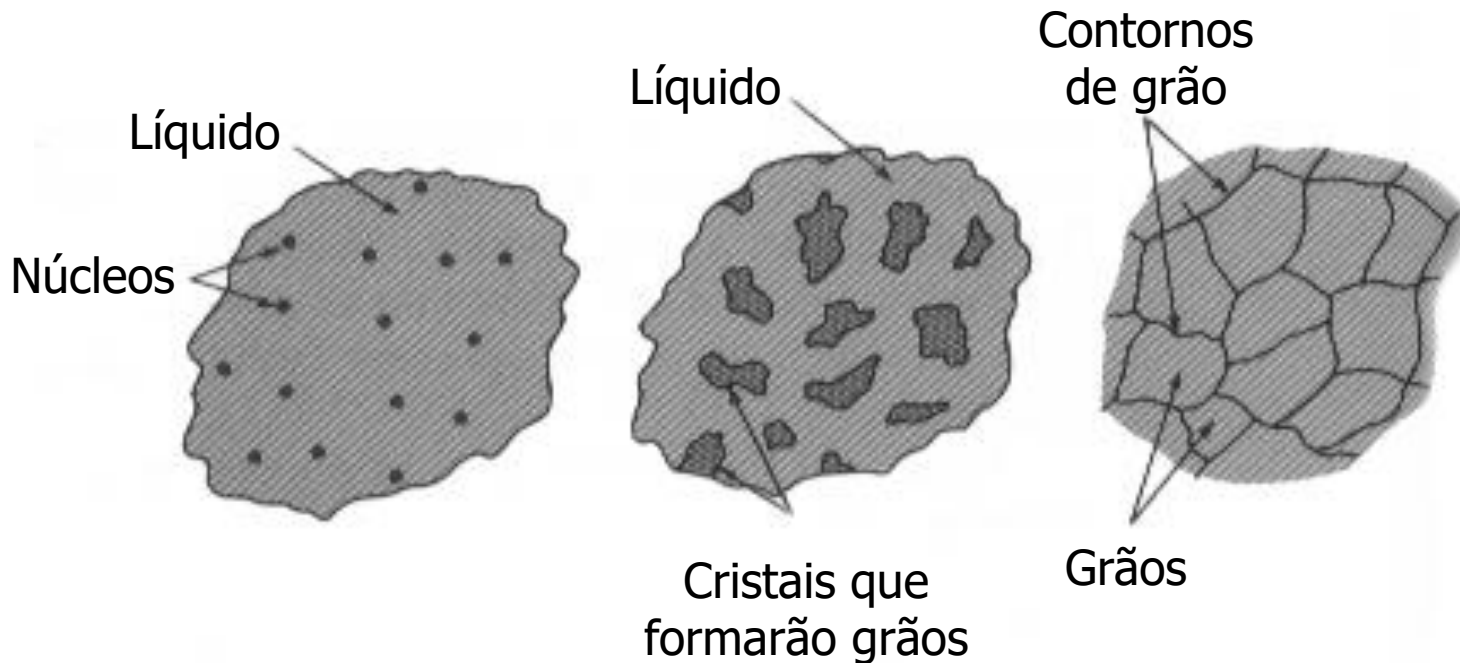
DISTÂNCIA DE EQUILÍBRIO



A dependência das **energias** repulsiva, atrativa e resultante em relação à separação interatômica para dois átomos isolados

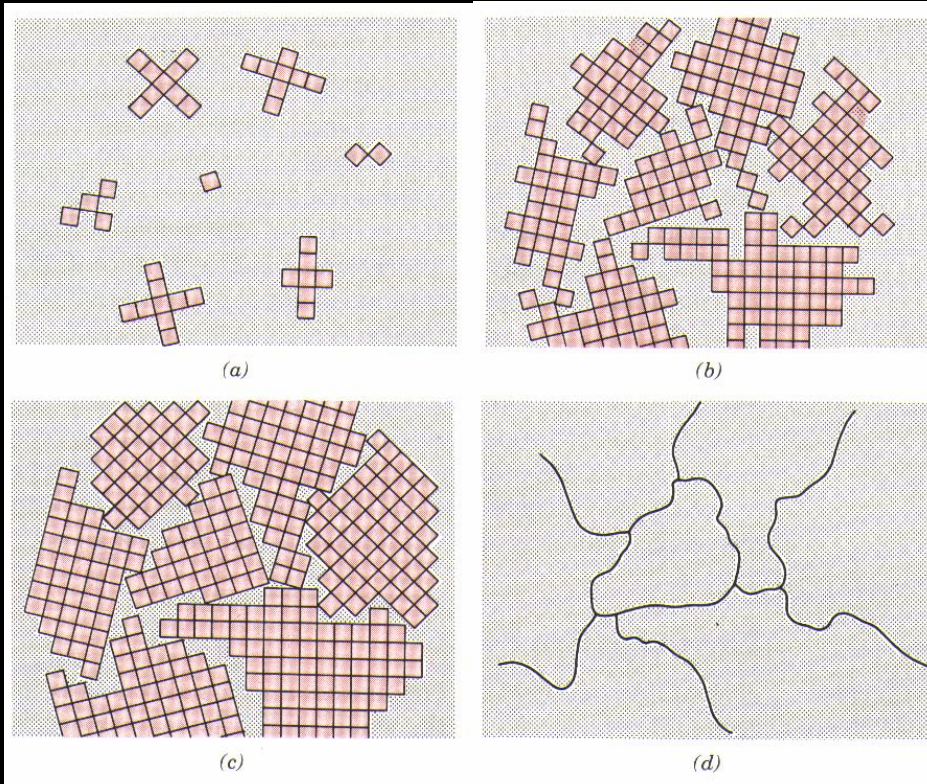
SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS

Processo de nucleação e crescimento

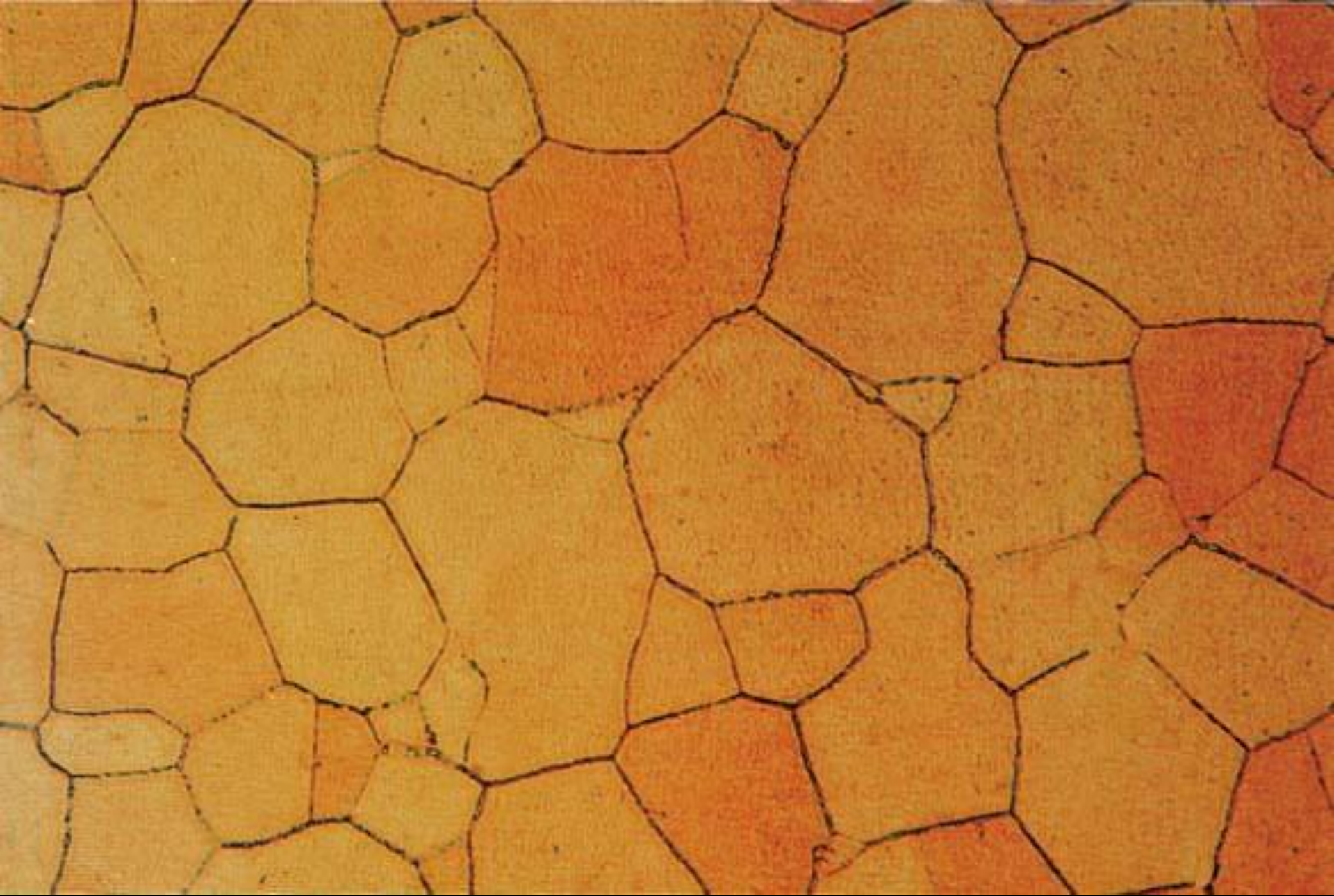


SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS

Formação dos grãos

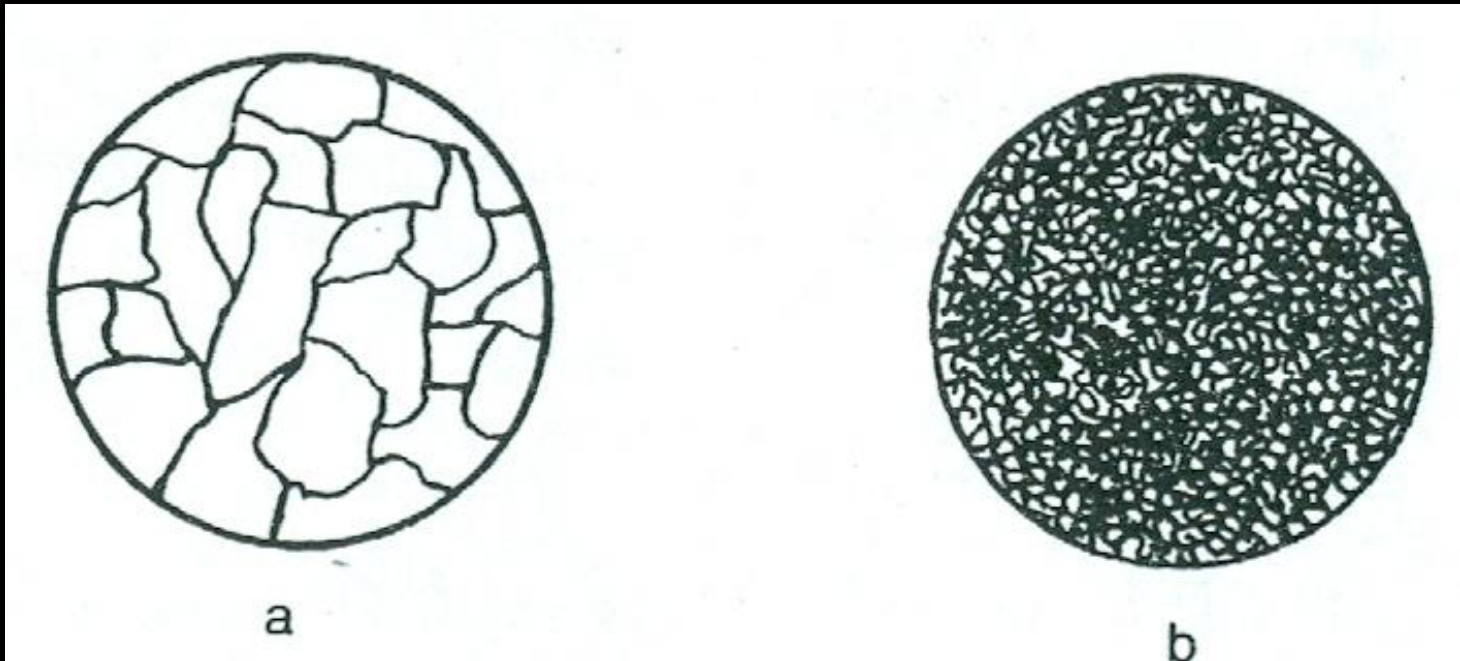


- Os grãos são formados no início do processo de solidificação a partir de pequenos agrupamentos de átomos chamados de núcleos.
- Cada núcleo da origem à um grão com crescimento cristalográfico em direção diferente de seus vizinhos.
- Quando resta pouco líquido e os diferentes grãos começam a se encontrar, formam o contorno de grão.
- O contorno de grão é uma região de 2 a $10\text{\AA}$, desordenada, sem uma estrutura cristalina definida, sendo portanto uma região de maior energia que a do interior do grão.



TAMANHO DO GRÃO

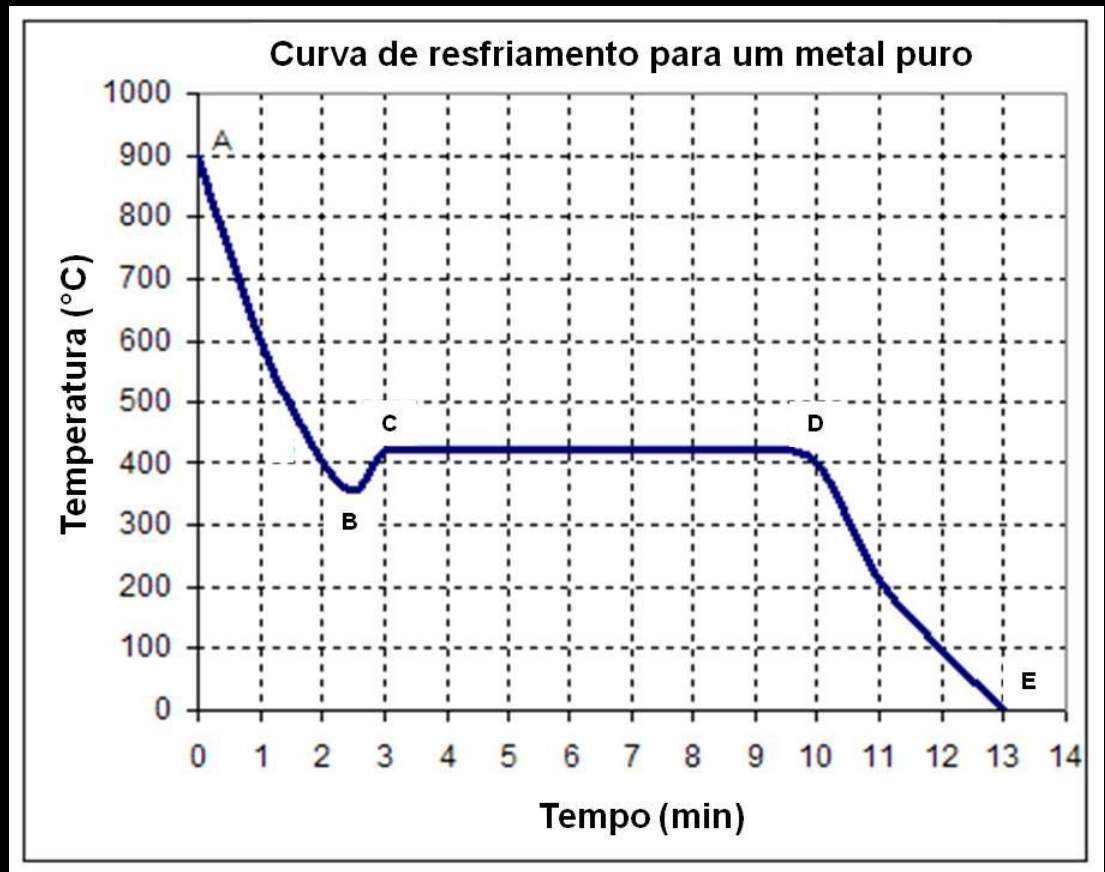
- Dependem da Velocidade de Resfriamento
- Resfriamento Lento → Poucos Núcleos (a)
- Resfriamento Rápido → Muitos Núcleos (b)
- O tamanho pode ser controlado → Agregando Impurezas
 - Formam Núcleos
 - Regulam o Resfriamento



CURVA DE RESFRIAMENTO

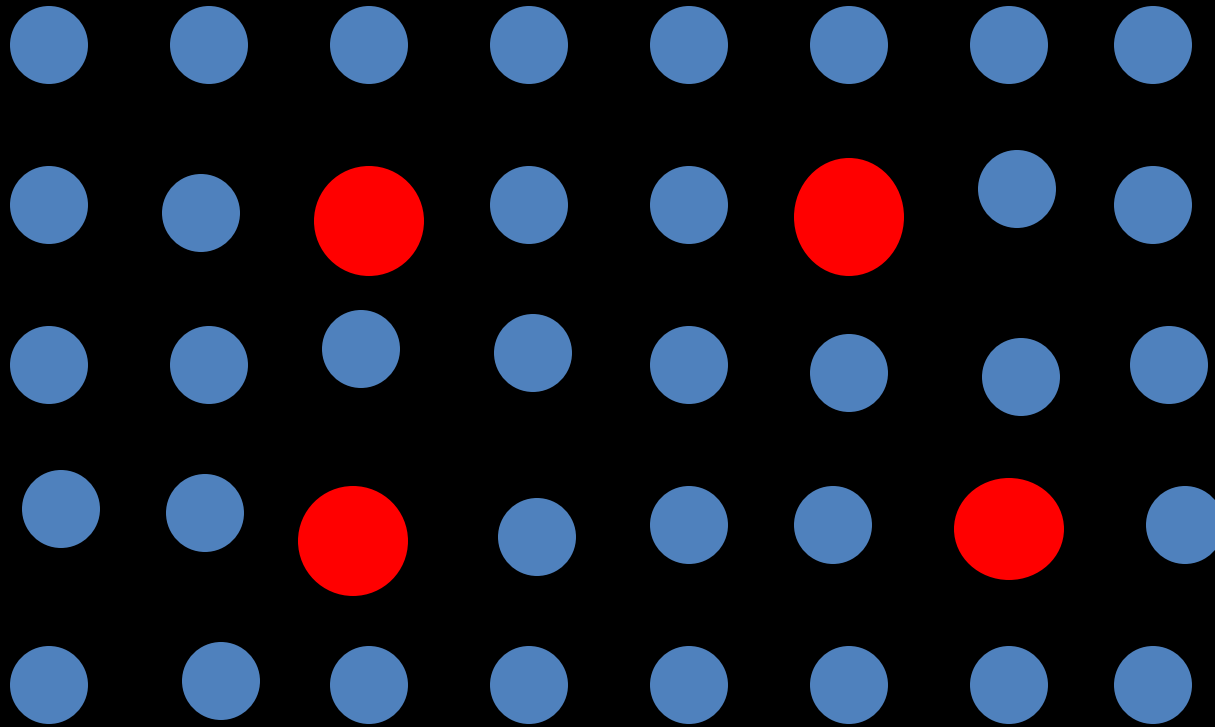
Ponto B – Formação de Núcleos
– Exotermia

Ponto C a D – Temperatura de
Solidificação ou Fusão



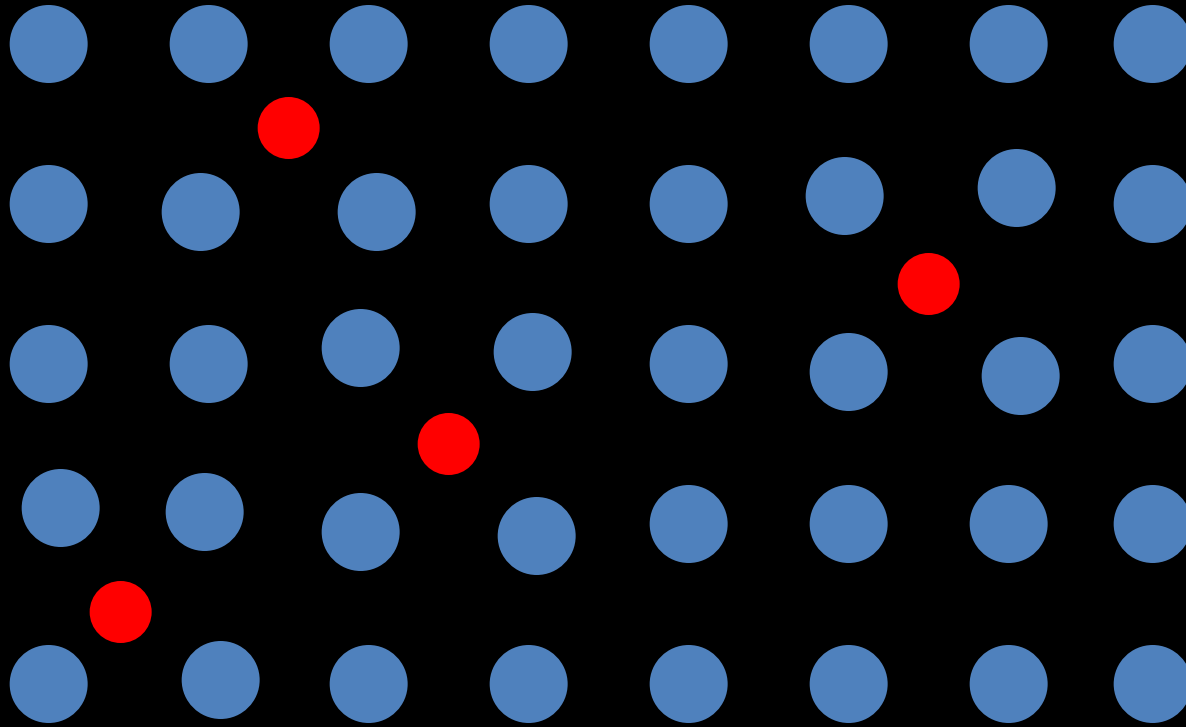
METAIS e LIGAS

- Metais Puros
- Ligas Metálicas → são misturas de pelo menos dois metais (elementos químicos) diferentes com a intenção principal de:
 - ↑ Resistência Mecânica



Similariedade - Tamanho Atômico até 15%
- Mesmo Arranjo Micro Estrutural

- Átomos e Íons substituem uns aos outros na grade estrutural →
Solução Sólida Substitucional



Similariedade - Entre os Elementos

- Tamanho Atômico <60%

- Átomos Menores entre Maiores → Solução Sólida Intersticial

METAIS e LIGAS

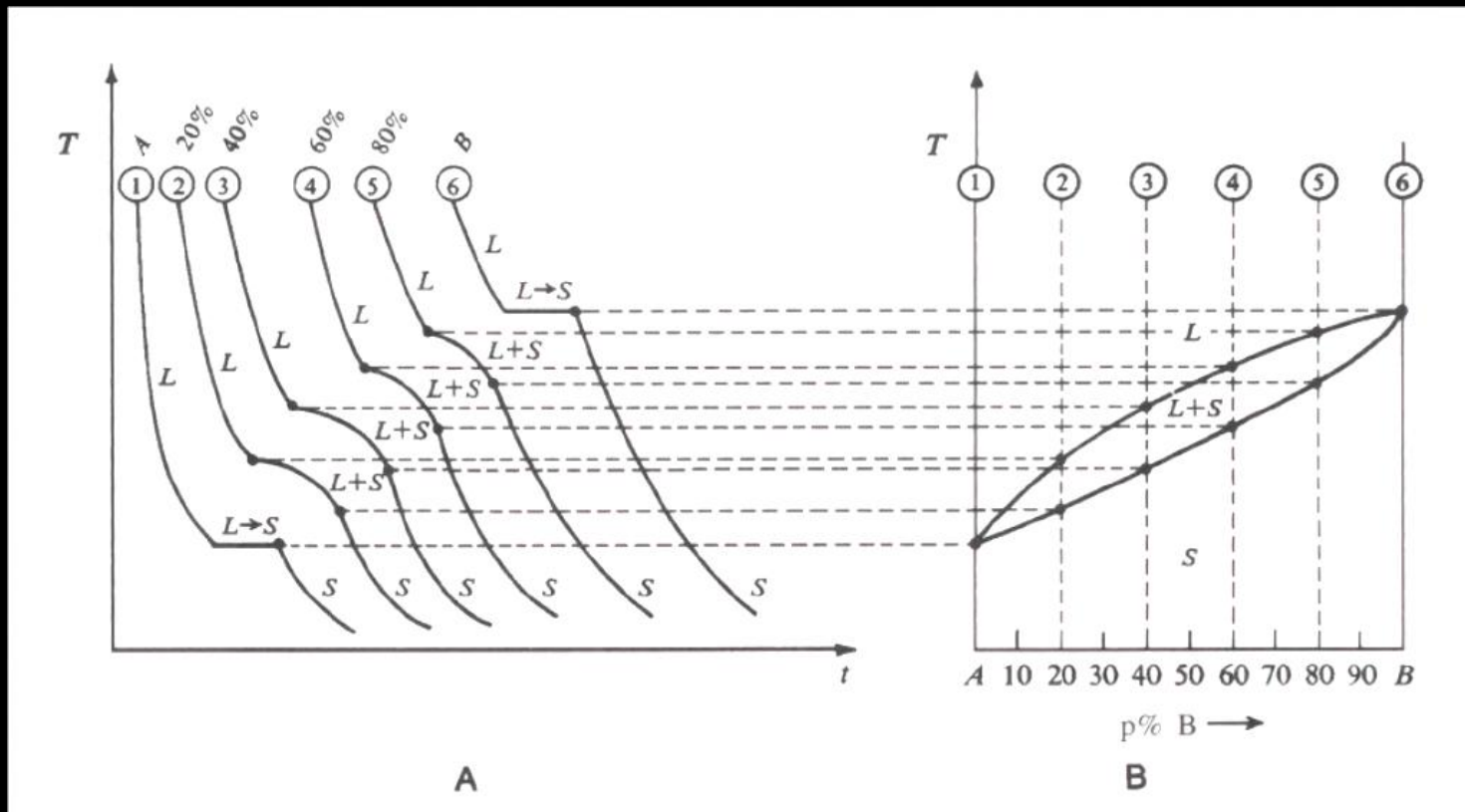
- **Solução Sólida :**
- **Solvente** – representa o elemento ou o composto que está presente na **maior quantidade**
- **Soluto** – é o elemento ou composto que está presente na **menor quantidade**

LIGAS METÁLICAS

- Estado Líquido → Homogêneo
- Estado Sólido → pode haver Segregação
→ Heterogênea

LIGAS METÁLICAS

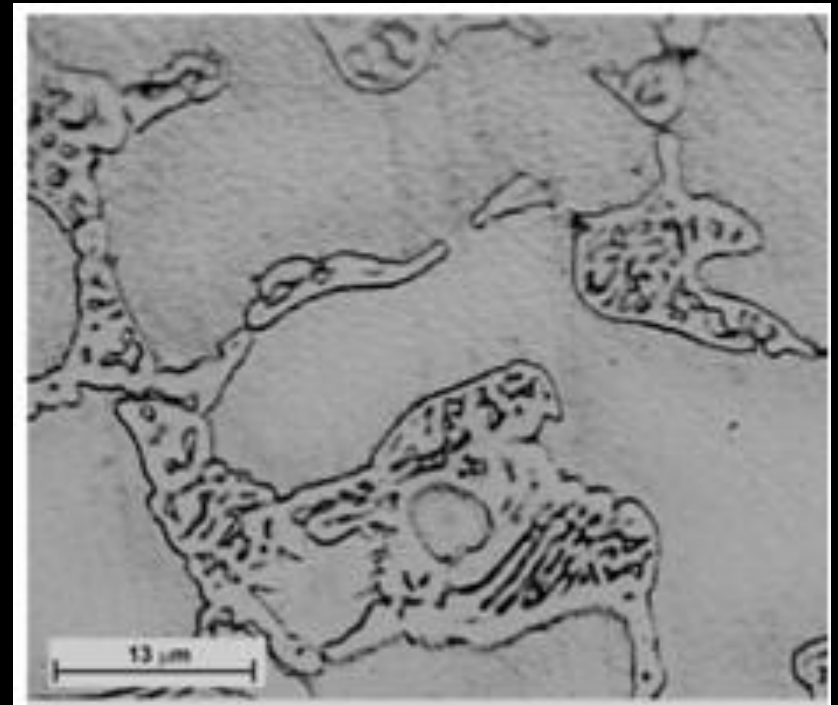
Diagrama de Equilíbrio



LIGAS METÁLICAS

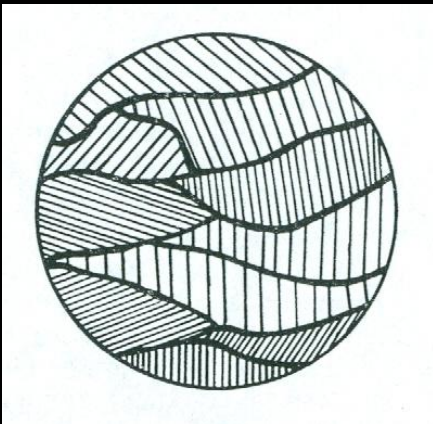
Ligas Eutéticas (que funde em temperatura inferior)

Quando dois elementos são totalmente solúveis apenas no estado líquido.



Metal Trabalhado

- Intenso tratamento de Deformação a Frio
- Exemplo: Molas
- Uma liga ou metal fundido é colocado num molde para obter o lingote que será deformado por tração
- **Mais Dureza** **Mais Resistência**
- Limite proporcional aumentado → maior a possibilidade de acumular energia (resiliência)



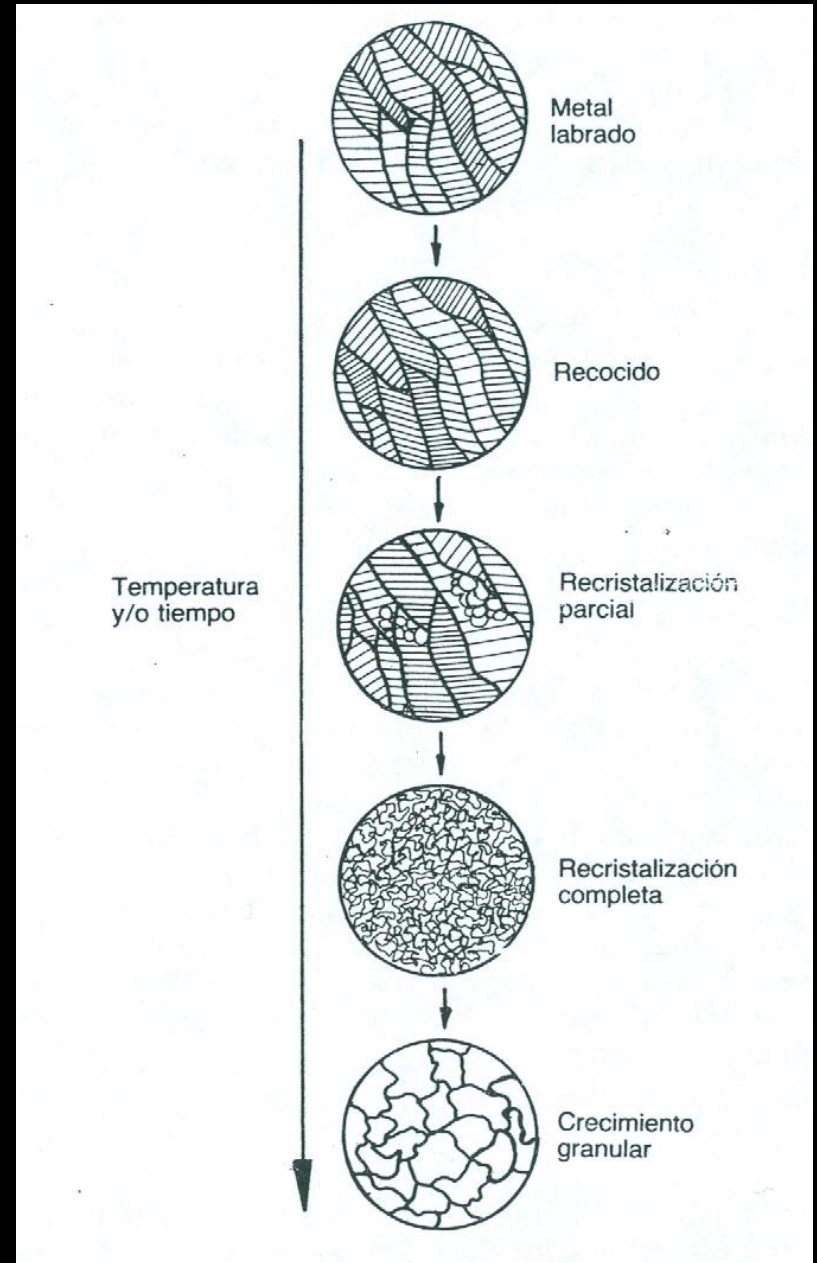
Trabalhado

Recozido

(Libera Tensões)

- Temperatura

- Tempo



Ligas Odontológicas

- fundição – técnica da cera perdida – 1907 (Taggart)
- ligas p/ odontologia
- 1932 – NBS (National Bureau of Standards)
 - ouro
 - cobalto-cromo
 - ligas para metalocerâmica (1950)
 - anos 70 – supervalorização do ouro (paládio)

moedas

Ligas de joalheria

Au

10% Cu e/ou Ag

1907

1932 NBS

CLASSIFICAÇÃO: 4 TIPOS

Dureza (composição)

65% Au (resistência à corrosão)

30 CoCr

50 metalocerâmica

70 Au (Pd)

Ni-Cr

Co-Cr

Ti

Ligas Odontológicas - requisitos

- biocompatibilidade
- resistência a corrosão e manchamento
- não alergênicos
- resistência mecânica
- baixo custo
- fácil manuseio
- fidelidade de reprodução

Castability

ADA (1984)

Classificação	Condições
Altamente nobre (AN)	Conteúdo de metal nobre $\geq 60\%$ (ouro, platina, paládio) e ouro $\geq 40\%$
Nobre (N)	Conteúdo de metal nobre $\geq 25\%^*$ (ouro, platina, paládio)
Predominância de metais básicos (PMB)	Conteúdo de metal nobre $< 25\%$ (ouro, platina paládio)

Ligas de Ouro Tradicionais

Composição e propriedades		Tipos de liga de ouro tradicionais			
		I (Macia)	II (Média)	III (Dura)	IV (Extra dura)
Composição (%)	Au	87	78	75	68
	Ag	11	13	12	15
	Cu	3	7	10	14
	Pd	0	2	3	4
	Pt	0	0	2	3
	Zn	1	1	1	2
Dureza Vickers (kgf/mm²)**		A 80	A 101	A 138	A 144
		-	-	E 230	E 260
Limite de proporcionalidade (MPa)**		A 80	A 140	A 180	A 270
		-	-	E 300	E 450
Alongamento (%)**		A 25	A 22	A 20	A 16
		-	-	E 10	E 4
Contração de fundição (%)		1.56	1.44	1.42	1.40
Temperatura de fusão (°C)		930	900	900	870

Ligas de Ouro Tradicionais

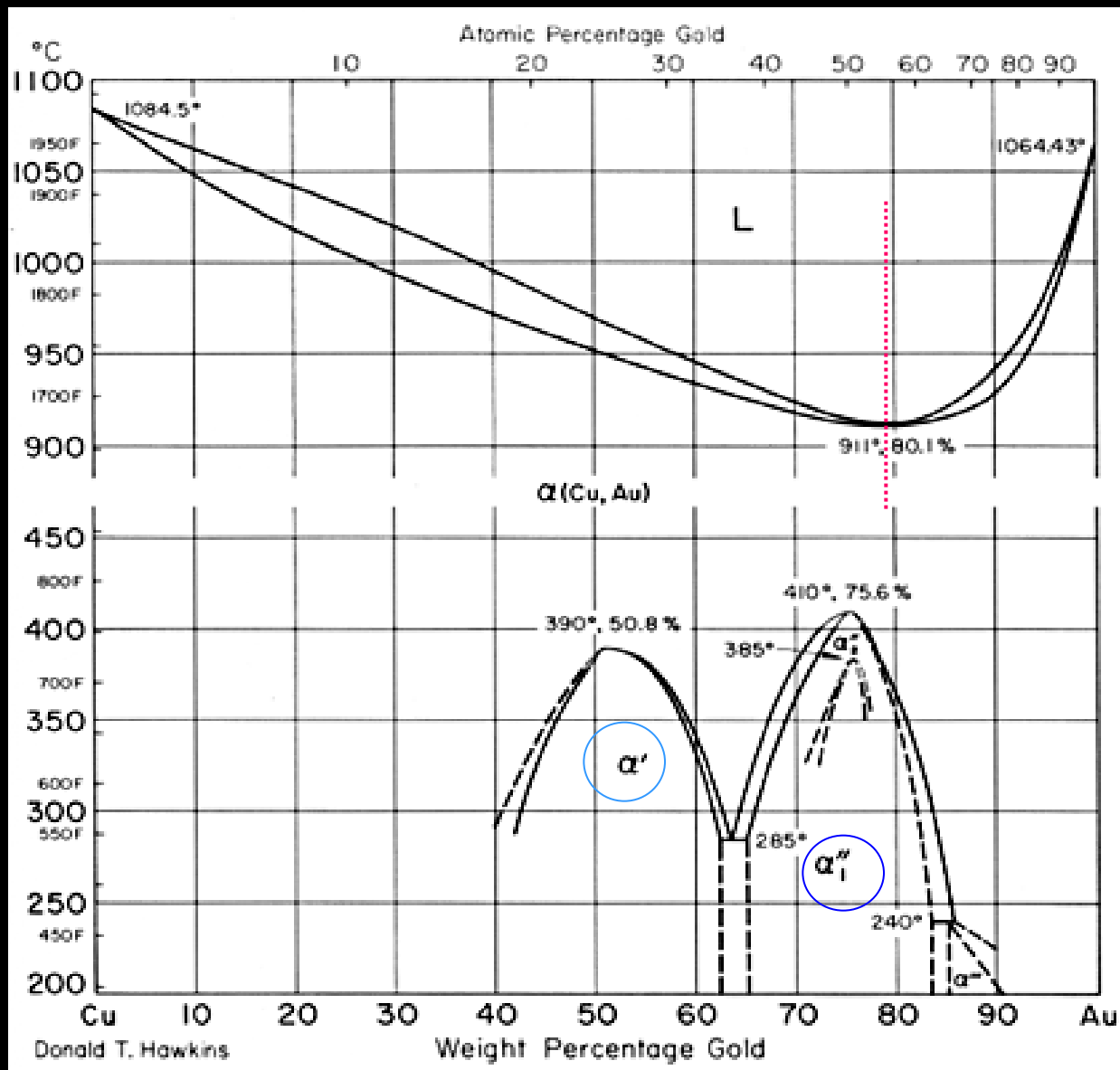
- excelente resistência à corrosão e manchamento
- Cu - ↓ temperatura de fusão (melhora propriedade mecânica pós tte)
- Pd e Pt - ↑ dureza
- Ag – substituição do Au
- Zn – evita formação de óxidos

Tto Térmico das Ligas de Ouro

- Au (65-88%) – supergrade AuCu
- TTA/homogeneizador – estrutura CFC
- 700°C / 10 a 15 min  ÁGUA
- TTE – 450°C e a 250°C (30 min) – AuCu tetragonal
- ligas microgranuladas – Irídio (0,005%)

Cu

Au



Supergrade AuCu Tetrágonos

 Resistência

 Alongamento

(III e IV)

Microgranulação

IRÍDIO

0,005%

Composição e propriedades de ligas de ouro tradicionais*

Composição e propriedades		Tipos de liga de ouro tradicionais			
		I (macia)	II (média)	III (dura)	IV (extra dura)
Composição (%)	Au	87	78	75	68
	Ag	11	13	12	15
	Cu	3	7	10	14
	Pd	0	2	3	4
	Pt	0	0	2	3
	Zn	1	1	1	2
Dureza Vickers (kgf/mm²)**		80	101	A 138	A 144
		-	-	E 230	E 260
Limite de proporcionalidade (MPa)**		80	140	A 180	A 270
		-	-	E 300	E 450
Alongamento (%)**		25	22	A 20	A 16
		-	-	E 10	E 4
Contração de fundição (%)		1,56	1,44	1,42	1,40
Temperatura de fusão (°C)		930	900	900	870

* Os valores constantes da tabela são médias aproximadas

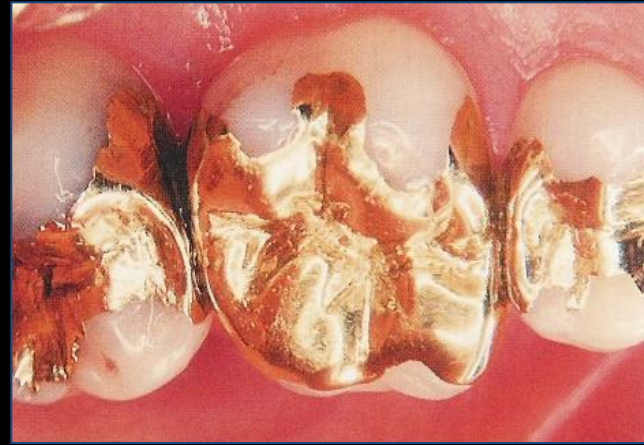
** A (amaciada); E (endurecida)

Ligas de Ouro Tradicionais - indicações

- Ligas tipo I e II – pequenos blocos (desuso).
- Liga tipo III – grandes blocos, coroas e próteses fixas
- Liga tipo IV – infra-estrutura de PPR, PPF extensas

INDICAÇÃO

I e II (inlays e onlays)



- III (fixa: metaloplásticas)
- IV (PPR)



PERMILAGEM

$$75\% \text{ Au} = 750$$

QUILATES

$$75\% \text{ Au} = 18$$

Ligas Nobres com Baixo Conteúdo de Ouro

dureza

↑ resistência
à corrosão

Liga	Composição (%)				
	Au	Ag	Cu	Pd	Outros (In,Zn,Sn)
Tipo III (Baixo Au)	46	39	8	6	-
Tipo III (Baixo Au)*	40	44	5	8	-
Tipo III (Ag-Pd)	-	70	-	25	-
Tipo IV (Ag-Pd)	15	45	14	25	-

LIGAS DE
↓Au e
de Pd (1,85)

(ligas de metais nobres)

Com menos Pd ($< 1000^{\circ}\text{C}$)

FONTE DE
CALOR/REVESTIMENTO

AR $\leftarrow$ $\rightarrow$ O₂

Ligas Nobres com Baixo Conteúdo de Ouro

Propriedade		Tipo III (Baixo Au)	Tipo III (Baixo Au)*	Tipo III (Ag-Pd)	Tipo IV (Ag-Pd)
Temp. fusão final (°C)		916	980	1099	1021
Densidade (g/cm³)		12,8	12,5	10,6	11,3
Limite de escoamento (MPa)	A**	240	249	262	434
	E**	586	451	323	586
Dureza Vickers (kgf/mm²)	A**	138	137	143	180
	E**	231	223	154	270
Alongamento (%)	A**	30	11	10	10
	E**	13	3	8	6

- PPF
- Blocos
- Metaloplásticas
- tipo IV para PPR

PROPRIEDADES → INDICAÇÕES:

Alternativas para clássicas

III e IV

Ligas a Base de Ag-Sn

- Ag (80%), Sn (20%), Cu, Zn
- ↓ propriedades mecânicas
- ↓ resistência à corrosão
- VHN = 90, T° fusão = 700/800°C
- núcleos, restaurações unitárias, PPF pequenas
- metaloplástica – escurecimento da interface

Ligas a Base de Cu-Al

- ligas Au III
- Cu (85%), Al (9,5%), Ni (4%), Fe (4%), Mn
-  resistência à corrosão , manchamento
- desconhecimento efeitos biológicos (regiões de auto-limpeza)



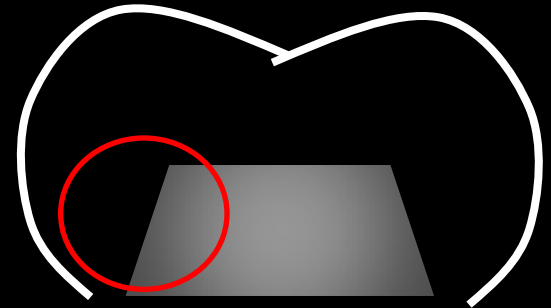
Ligas Odontológicas



Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Propriedades:

MPa30



- alta resistência de união com porcelana;
- CETL compatível
- Temperatura de fusão > porcelana

Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Nobreza	Composição (% em peso)					Cor
	Au	Pt	Pd	Ag	(Sn, In, Fe, Zn)	
Altamente nobre	87	9	2	-	-	Amarela
	84	7	6	1	-	Amarela
	77	10	9	-	-	Branca
	50	-	35	10	-	Branca
Nobre	6	-	74	7	-	Branca
	-	-	58	30	-	Branca

Propriedade		Altamente nobre				Nobre	
		Amarela		Branca		Branca	
Temp. fusão inicial (°C)		1065	1170	1150	1235	1270	1175
Coeficiente de expansão térmica (25-600°C)/°C (x10 ⁻⁶)		14,6	14,7	14,0	13,8	14,0	15,2
Peso específico		18,5	17,5	18,0	14,5	11,0	11,4
Dureza Vickers (kgf/mm ²)	A*	155	170	200	200	235	160
	E*	185	185	240	235	-	300
Limite de escoamento (MPa)	A*	400	413	470	425	474	340
	E*	490	504	580	545	-	650
Alongamento (%)	A*	8	10	7	23	30	29
	E*	6	-	3	18	-	8
* A (amaciada); E (endurecida)							

SAG

Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Nobreza	Composição (% em peso)					Cor
	Au	Pt	Pd	Ag	(Sn, In, Fe, Zn)	
Altamente nobre	87	9	2	-	-	Amarela
	84	7	6	1	-	Amarela
	77	10	9	-	-	Branca
	50	-	35	10	-	Branca
Nobre	6	-	74	7	-	Branca
	-	-	58	30	-	Branca

Ligas Altamente Nobres e Nobre para Metalocerâmica

Propriedade		Altamente nobre				Nobre	
		Amarela		Branca		Branca	
Temp. fusão inicial (°C)		1065	1170	1150	1235	1270	1175
Coeficiente de expansão térmica (25-600°C)/°C (x10 ⁻⁶)		14,6	14,7	14,0	13,8	14,0	15,2
Peso específico		18,5	17,5	18,0	14,5	11,0	11,4
Dureza Vickers (kgf/mm ²)	A*	155	170	200	200	235	160
	E*	185	185	240	235	-	300
Limite de escoamento (MPa)	A*	400	413	470	425	474	340
	E*	490	504	580	545	-	650
Alongamento (%)	A*	8	10	7	23	30	29
	E*	6	-	3	18	-	8
* A (amaciada); E (endurecida)							

SAG

Ligas de Metais Predominantemente Básicos para Metalocerâmicas



Liga	Composição (%)
Ni-Cr	Ni:69-81; Cr:12-20; Fe:0,0-0,4; Al:0-4; Mo:0-4; Si:0,2-2,0; Be:0-2; Mn:0-3
Co-Cr	Co:52-56; Cr:24-27; W: 10-14;Ga: 0-8
Ti (cp)	Ti: (Comercialmente puro – graus 1 a 4) O:0,18-0,40; N:0,03-0,05; H:0,015-0,020; Fe:0,2-0,5; C: 0,1
Ligas de Ti	Ti; Al:6; V:4