

# ECM1

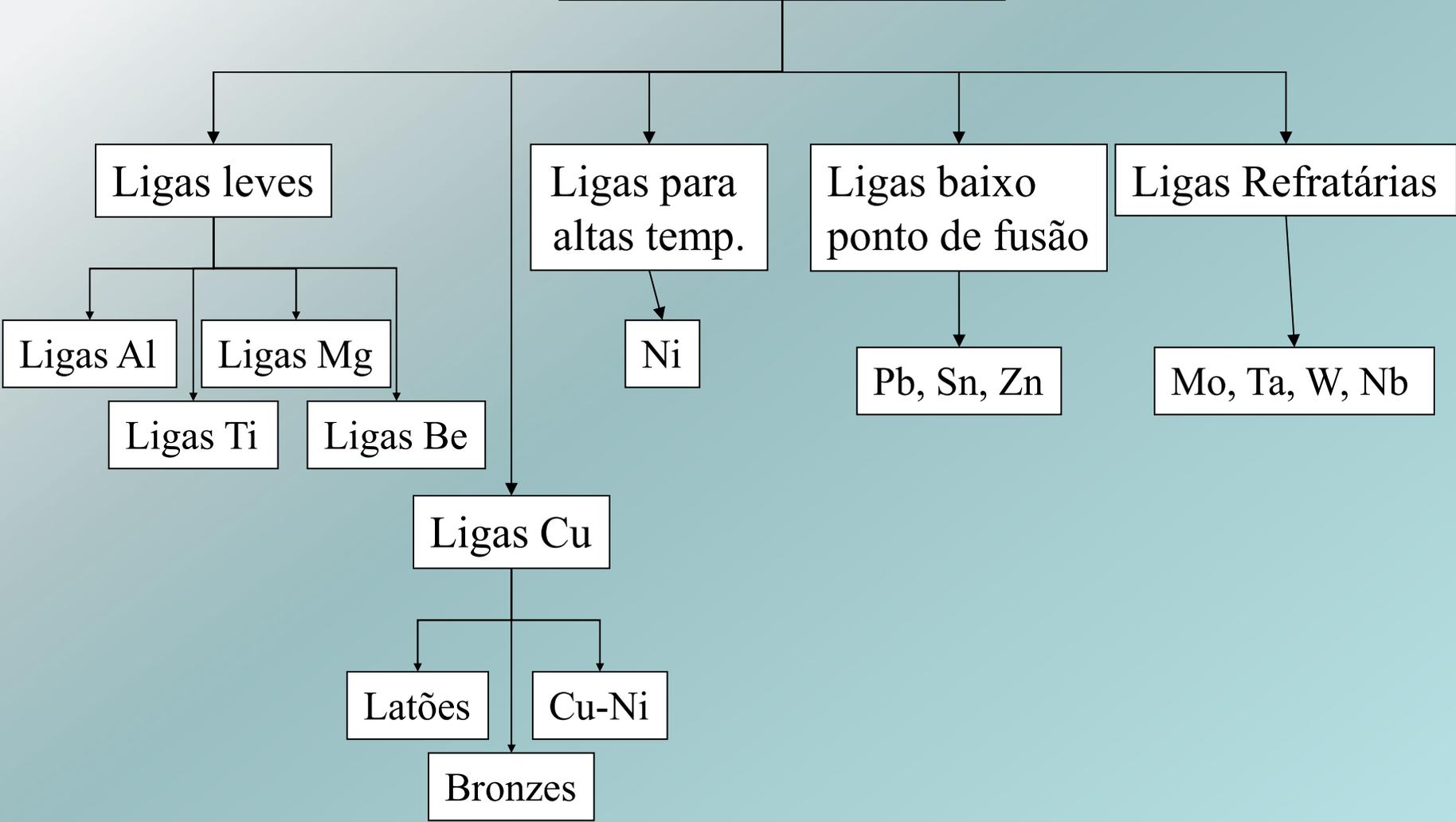
## Ligas de Alumínio

2020

Profa. Dra. Lauralice Canale

# LIGAS METÁLICAS NÃO FERROSAS

NÃO FERROSOS



## **GENERALIDADES**

- O alumínio é o metal mais abundante na crosta terrestre
- O seu processamento é caro, tendo restringido a sua aplicação até meados do século, mas é um dos materiais mais usados atualmente
- Forma ligas com Mn, Cu, Mg, Si, Fe, Ni, Li, etc
- Algumas ligas possuem resistência mecânica superior aos aços estruturais

## **PROPRIEDADES**

- Baixa densidade (1/3 do aço)
- Boa condut. térmica e elétrica
- Elevada resistência específica
- Grande ductilidade
- Fácil usinabilidade, fundição, soldagem e processamento em geral
- Boa resist. à corrosão
- Custo moderado

## APLICAÇÕES

- Construção civil e arquitetura
- Embalagens
- Aeronáutica e aeroespacial
- Indústrias automóvel, ferroviária e naval
- Condutores elétricos alta voltagem
- Utensílios de cozinha
- Ferramentas portáteis

# MINERAÇÃO:

Fonte mais praticável: bauxita

(Al + O + H<sub>2</sub>O + Sílica + Óxido de Ferro + Titânia + Misturas de Sílica, Impurezas)

Este minério pode ser encontrado próximo à superfície com uma espessura média de 4,5 metros.



Encontrada em todos os continentes exceto na Antártida

Depósitos mais ricos: zonas tropicais e sub tropicais

Situa-se em camadas ou depósitos relativamente rasos

A bauxita é dissolvida em soda cáustica e, posteriormente, filtrada para separar todo o material sólido, concentrando-se o filtrado para a cristalização da alumina.

## FABRICAÇÃO DO ALUMÍNIO:

Composta de 2 Fases Distintas:

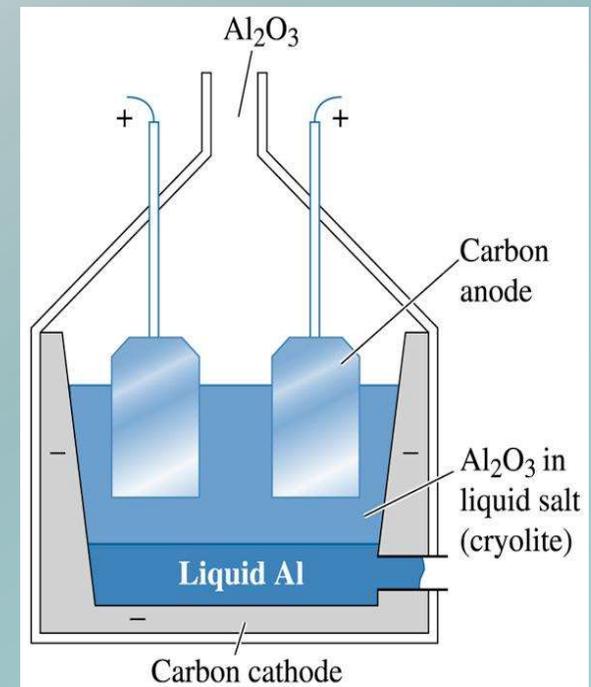
- Tratamento químico do minério para extrair a alumina

BAUXITA  $\Rightarrow$  ALUMINA ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

- Redução eletrolítica da alumina (eletrólise: 1000 °C)

ALUMINA  $\Rightarrow$  ALUMÍNIO

## Redução Eletrolítica



Na produção do alumínio, a redução é o processo que separa o metal do oxigênio, que formam a alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

A operação ocorre a uma temperatura próxima a  $960^\circ \text{C}$ , nas cubas eletrolíticas – fornos especiais revestidos com carbono pelos quais circulam uma corrente elétrica.

Dentro da cuba, a alumina dissolve-se em uma solução química chamada eletrólito, formada por sais de fluoreto de sódio e fluoreto de alumínio.

A passagem da corrente elétrica proveniente do anodo ( pólo positivo) pelo eletrólito promove a separação do metal do oxigênio

Como resultado da eletrolise , o oxigênio liberado da alumina reage com o carbono do anodo formando dióxido de carbono e o alumínio deposita-se no fundo da cuba em estado líquido, de onde é retirado e encaminhado para a produção de lingotes, placas e tarugos (alumínio primário).

# Utilização da Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

- Pasta de dente
- Borracha
- Refratários
- Abrasivos
- Antitranspirantes
- Catalizadores na refinação do petróleo
- Detergentes

# USOS DO ALUMÍNIO

- Sinais e faixas divisórias de rodovias (não se deterioram)
- Pisos leves de pontes
- Transporte terrestre: Carrocerias de caminhão e ônibus, carros ferroviários e metroviários
- Construção de edifícios: leve/resistt corrosão/não necessita pintura

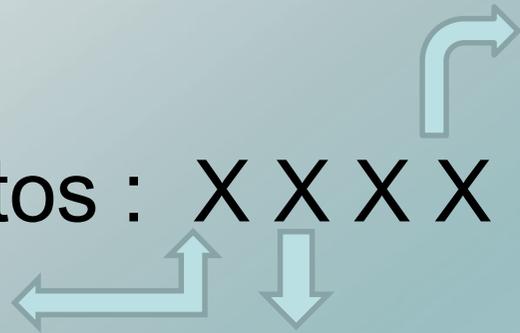
# Classificação:

Identifica a liga no grupo

4 dígitos : X X X X

Tipo da  
liga  
(Série)

Controle de  
impurezas (0  
a 9)



## **TRATAMENTOS**

- Recozimentos
- Endurecimento por precipitação e envelhecimento, apenas em algumas ligas
- Endurecimento por deformação plástica a frio (encruamento)

**TABLE 13-2 ■ The effect of strengthening mechanisms in aluminum and aluminum alloys**

<b>Material</b>	<b>Tensile Strength (psi)</b>	<b>Yield Strength (psi)</b>	<b>% Elongation</b>	<b>Ratio of Alloy-to-Metal Yield Strengths</b>
Pure Al	6,500	2,500	60	1
Solid-solution-strengthened Al alloy	16,000	6,000	35	2.4
Cold-worked Al	24,000	22,000	15	8.8
Age-hardened Al alloy	83,000	73,000	11	29.2

# Tabela 1 – Classificação das ligas forjadas e fundidas.

Designação de Ligas Forjadas		Designação de Ligas Fundidas	
Série da Liga	Elementos Majoritários na Liga	Série da Liga	Elementos Majoritários na Liga
1xxx	Mais de 99% de Alumínio	1xx.x	Mais de 99% de Alumínio
2xxx	Cobre	2xx.x	Cobre
3xxx	Manganês	3xx.x	Silício mais Cobre e/ou Magnésio
4xxx	Silício	4xx.x	Silício
5xxx	Magnésio	5xx.x	Magnésio
6xxx	Magnésio e Silício	6xx.x	Série não Utilizada
7xxx	Zinco	7xx.x	Zinco
8xxx	Outros Elementos	8xx.x	Estanho
9xxx	Série não Utilizada	9xx.x	Outros Elementos

**Tabela 2 – Classe das ligas que são tratáveis termicamente e suas principais aplicações.**

<b>Número da Associação do Alumínio</b>	<b>Número UNS (unified numbering system)</b>	<b>Composição (%p)*</b>	<b>Condição</b>	<b>Aplicações / Características Típicas</b>
<b>Ligas Forjadas, Tratáveis Termicamente</b>				
2024 (Série 2000)	A92024	4,4 Cu; 1,5 Mg; 0,6 Mn	Tratada Termicamente (T4)	Estruturas de aeronaves, rebites, rodas de caminhão, produtos de máquinas de fazer parafuso.
6061 (Série 6000)	A96061	1,0 Mg; 0,6 Si; 0,3 Cu; 0,2 Cr	Tratada Termicamente (T4)	Caminhões, canoas, vagões de trem, mobílias, tubulações.
7075 (Série 7000)	A97075	5,6 Zn; 2,5 Mg; 1,6 Cu; 0,23 Cr	Tratada Termicamente (T6)	Peças estruturais de aeronaves e outras aplicações submetidas a tensões elevadas.

## Tabela 3 – Designação básica das ligas de alumínio.

“F”	<b>Como Fabricado:</b> aplicado a produtos para os quais não há um controle especial após o aquecimento nem condições de endurecimento a frio são aplicados.
“O”	<b>Recozida:</b> aplicado a produtos forjados que foram aquecidos para gerar o efeito de recristalização, produzindo uma condição de baixa resistência mecânica; os produtos fundidos são recozidos para melhorar a ductilidade e estabilidade dimensional.
“H”	<b>Encruada:</b> aplicado a produtos forjados nos quais a resistência mecânica é aumentada através do encruamento por trabalho a frio. Este processo pode ser seguido de um tratamento térmico, o qual produz certa redução na resistência.

## Tabela 3 – Designação básica das ligas de alumínio.

“W”	<b>Solubilizada:</b> uma têmpera instável aplicável somente às ligas que envelhecem espontaneamente na temperatura ambiente (envelhecimento natural) após solubilização. Esta designação é especificamente usada quando o período de envelhecimento natural é indicado.
“T”	<b>Tratada Termicamente:</b> aplicado a produtos que são tratados a quente, algumas vezes com encruamento posterior, para produzir têmperas mais estáveis e diferentes de F, O ou H.

# Ligas de Alumínio

Wilm (alemão)

começo século XX

Ligas leves para estruturas de Zepelins

Liga Al 4% Cu

60 HB

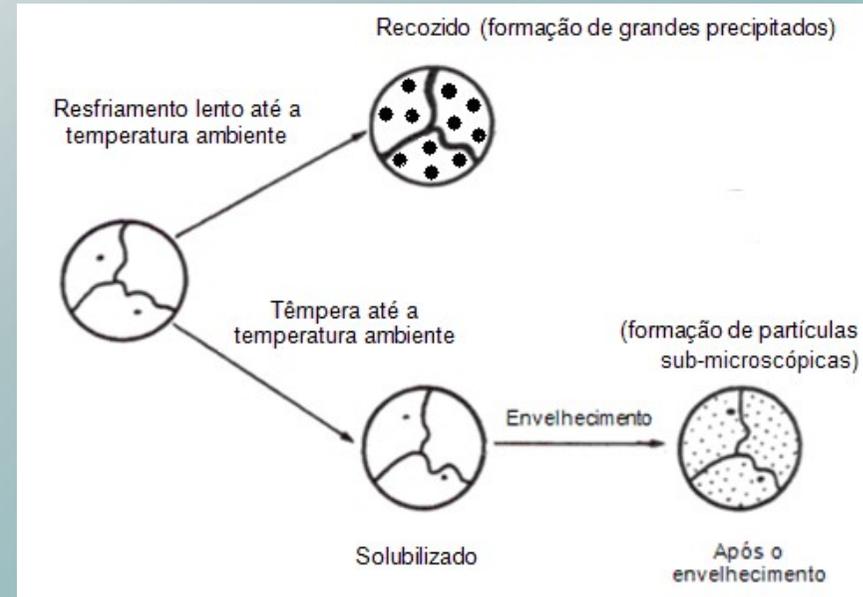
110HB

280MPa

380MPa

O endurecimento da liga se dá pela precipitação de partículas microscópicas da ordem de  $5 \cdot 10^{-5}$  mm que se formam na última fase do tratamento de envelhecimento e aparecem incrustadas na matriz.

Atuam como cunhas que fixam os cristais, e são necessárias cargas muito altas para produzir o escorregamento dos planos atômicos principais.



# Envelhecimento Artificial

- É um tratamento térmico de endurecimento por dispersão especial.
- Se dá pela solubilização, têmpera, e envelhecimento: há a formação de um precipitado coerente de forma a produzir um grande efeito de fortalecimento.  
ZONAS DE GUINIER-  
PRESTON (ZONAS GP)

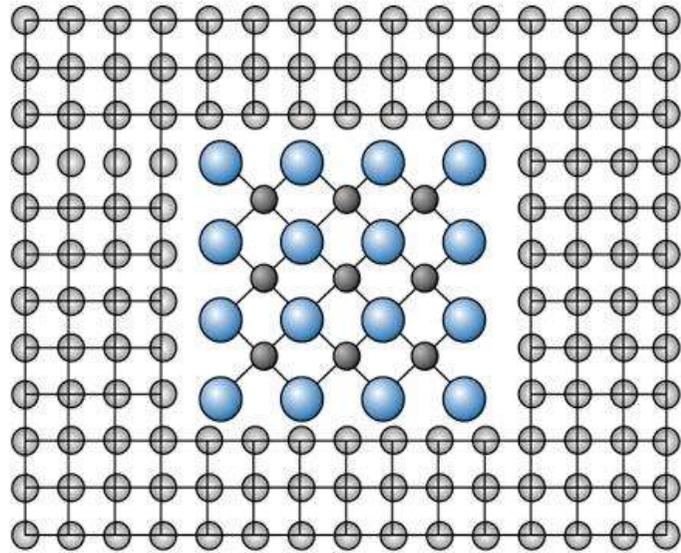
# Envelhecimento Artificial

- Também conhecido como endurecimento por precipitação, é uma forma de fortalecimento por dispersão.

## Zonas Guinier-Preston (GP):

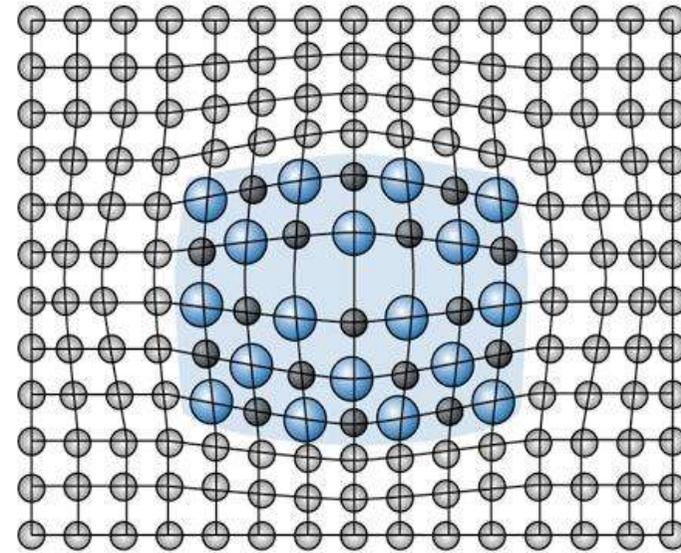
agrupamento de átomos muito pequeno que se precipita nos primeiros estágios do processo de endurecimento por envelhecimento.

### Incoerente ( $\theta$ )

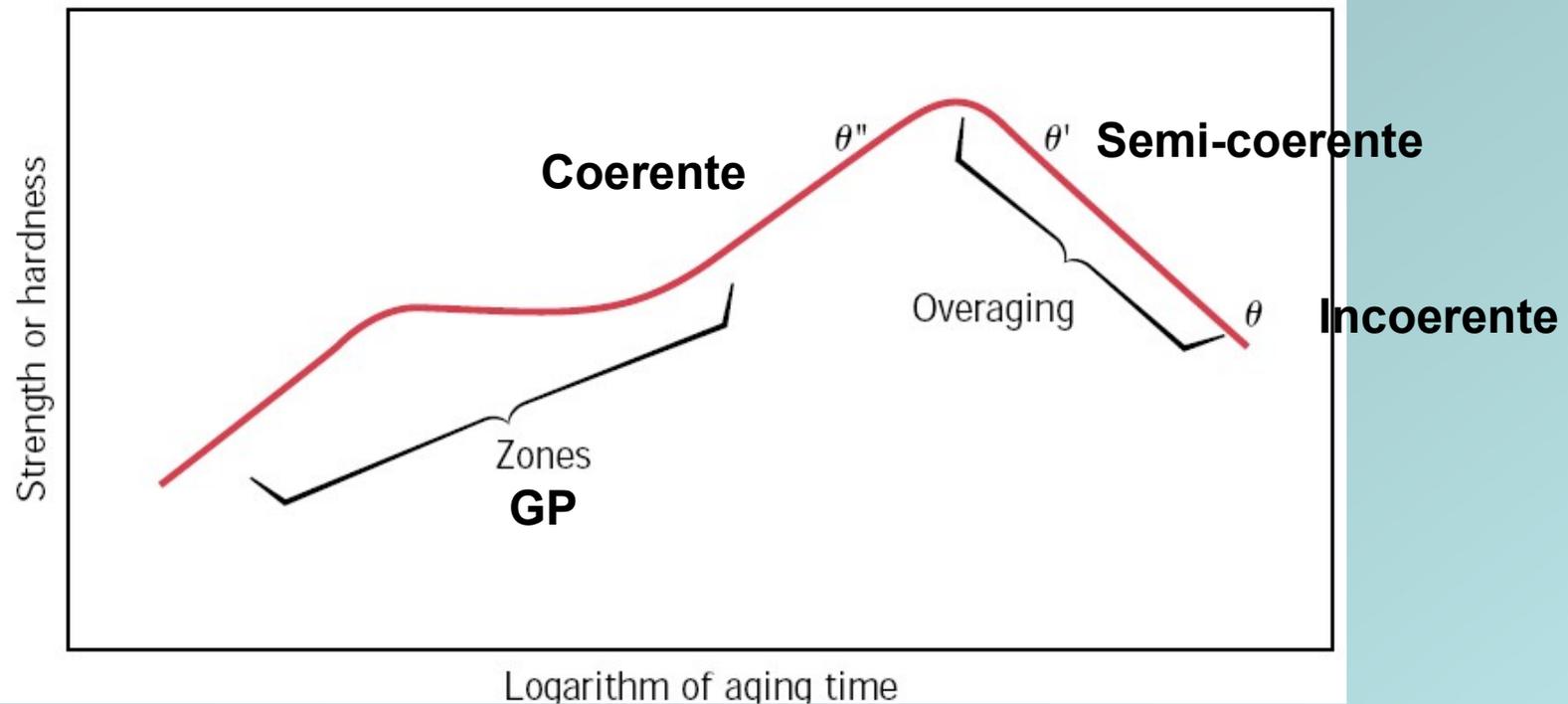


(a)

### Coerente



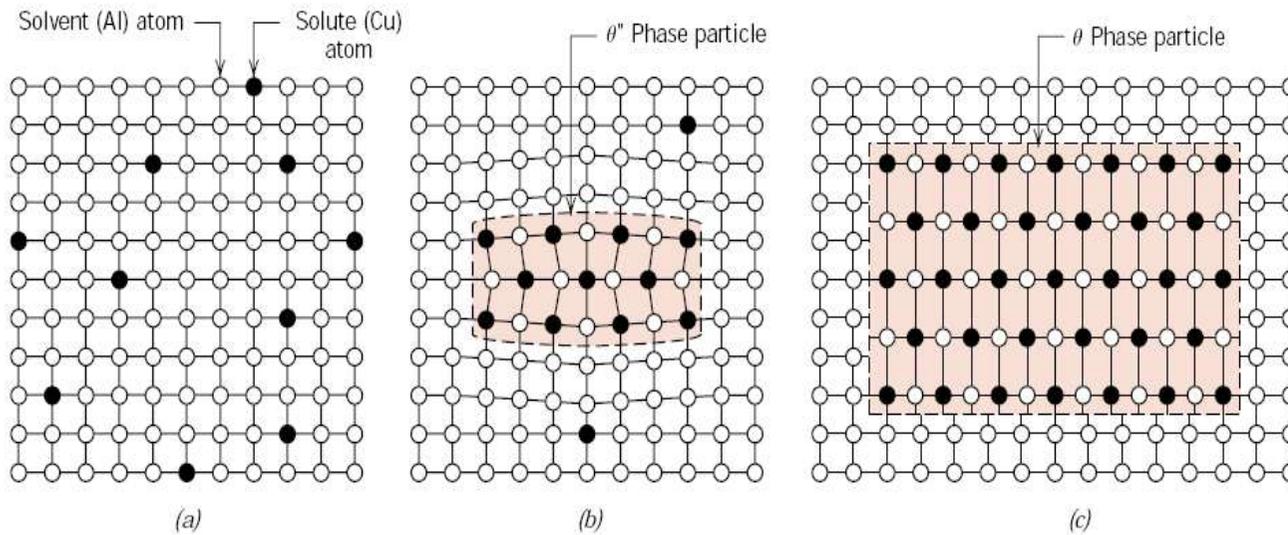
(b)



Envelhecido  
(dureza  
máxima)

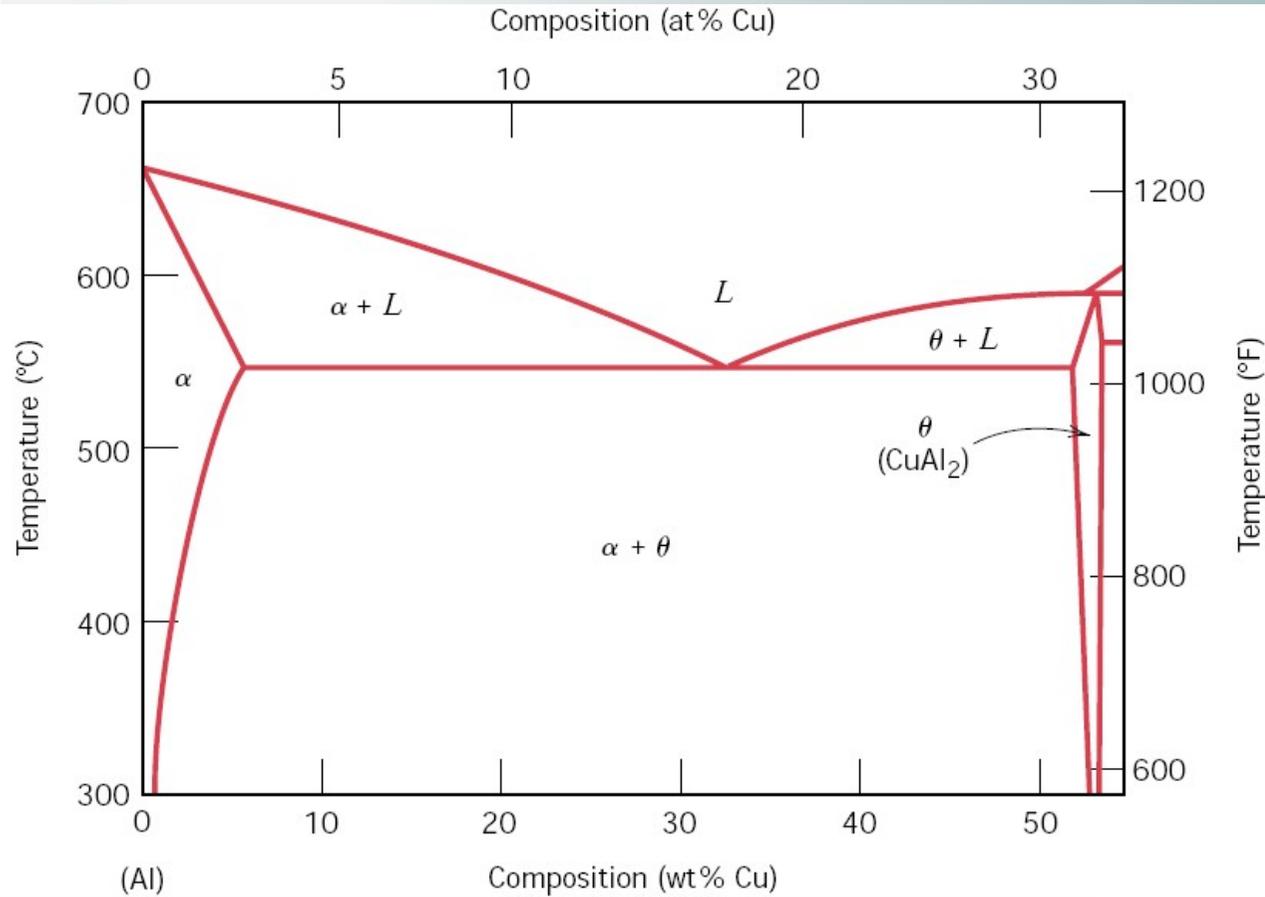


**Incoerente**



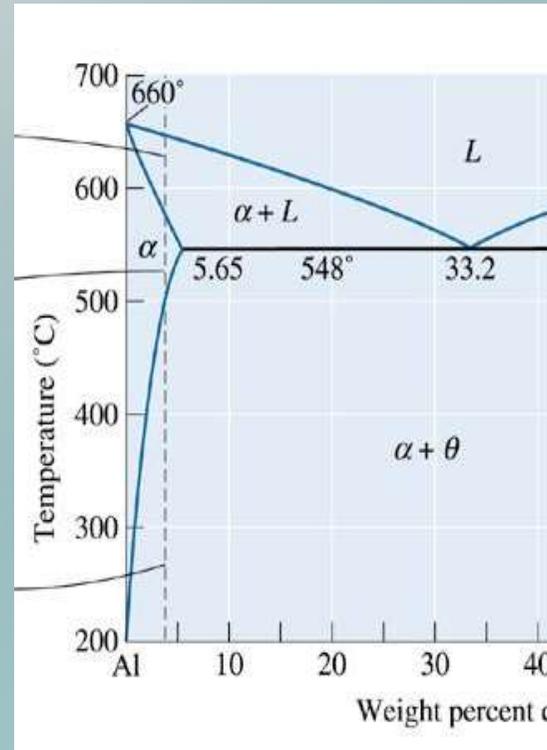
**Coerente**

# Diagrama de Fase do Alumínio-Cobre

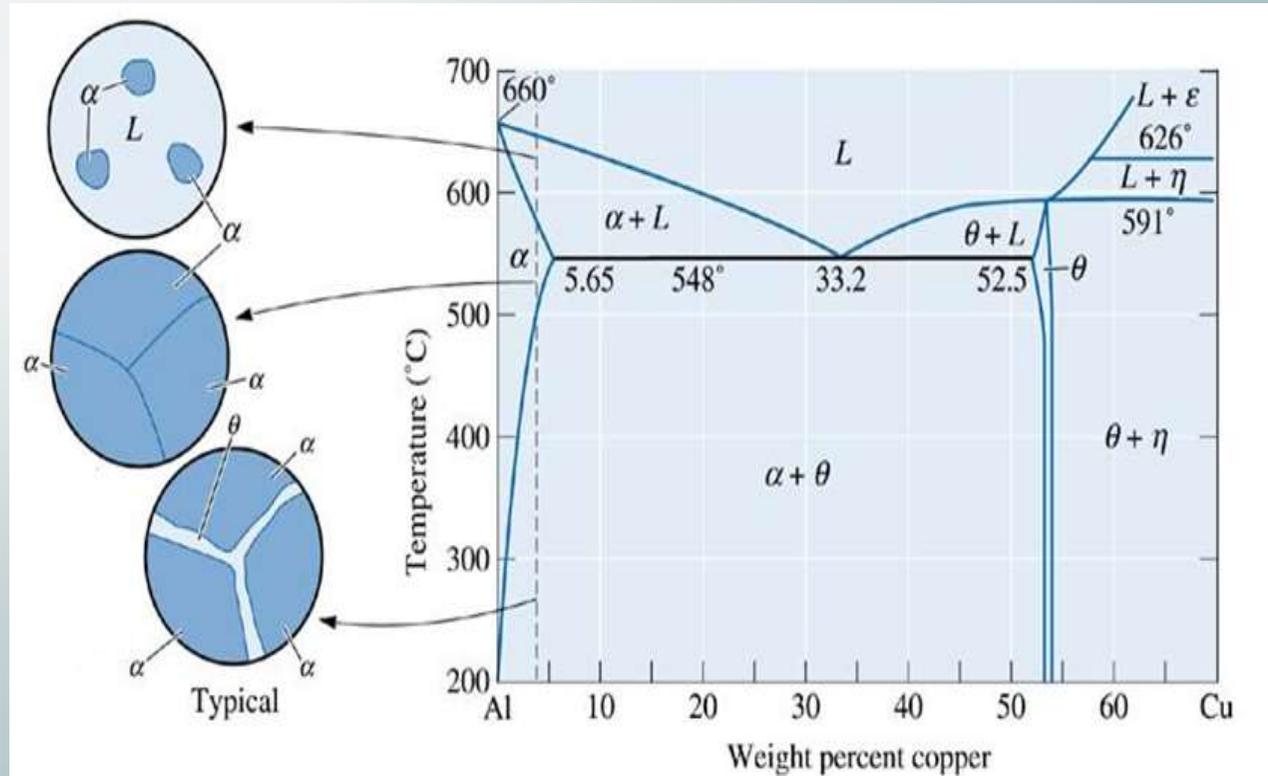


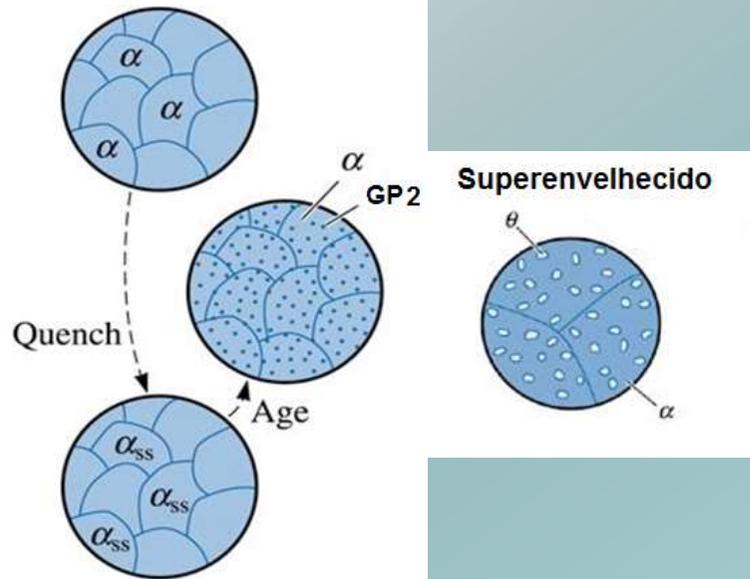
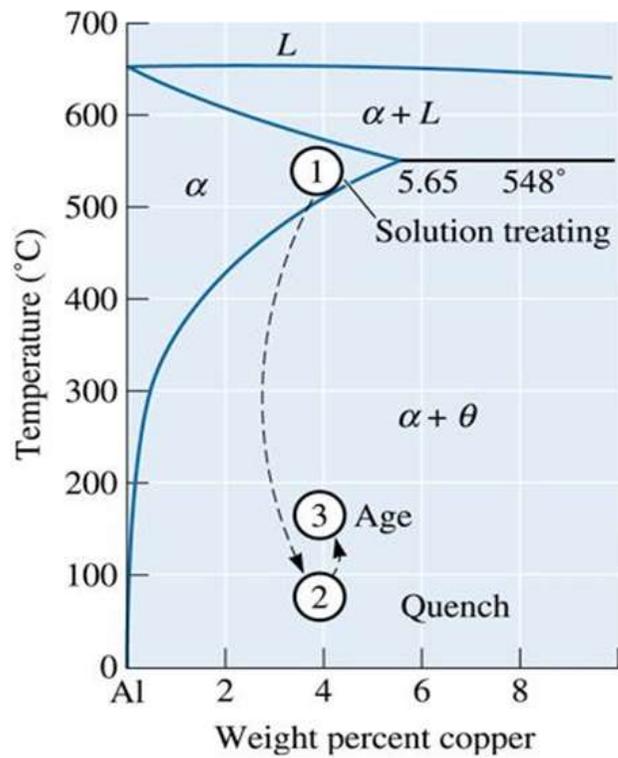
# Condições necessárias para realizar o endurecimento por envelhecimento

- O sistema da liga deve apresentar solubilidade sólida decrescente com a diminuição da temperatura.
- O sistema deverá formar uma única fase em uma ampla faixa de temperatura.

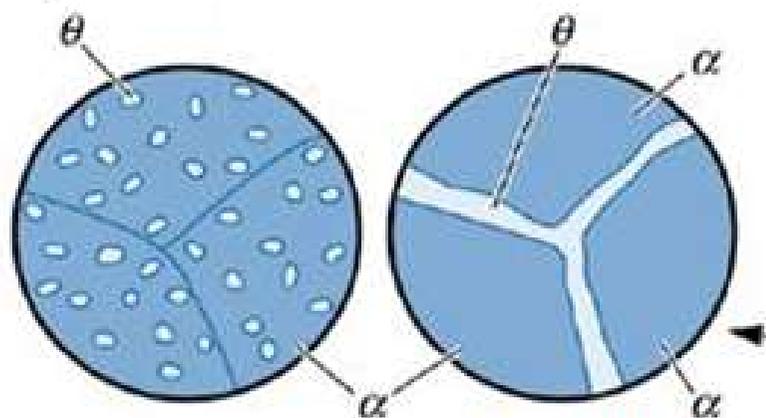


# Diagrama de Fase e Microestrutura do Al-4%-Cu





## Superenvelhecido



## Recozido

# Envelhecimento Natural

As ligas que apresentam um endurecimento por precipitação apreciável à temperatura ambiente e após intervalos de tempo relativamente curtos devem ser temperadas e armazenadas sob condições refrigeradas.

Exemplo: Várias ligas de alumínio utilizadas na confecção de rebites onde são aplicados enquanto dúcteis e são deixados envelhecer naturalmente na temperatura ambiente.