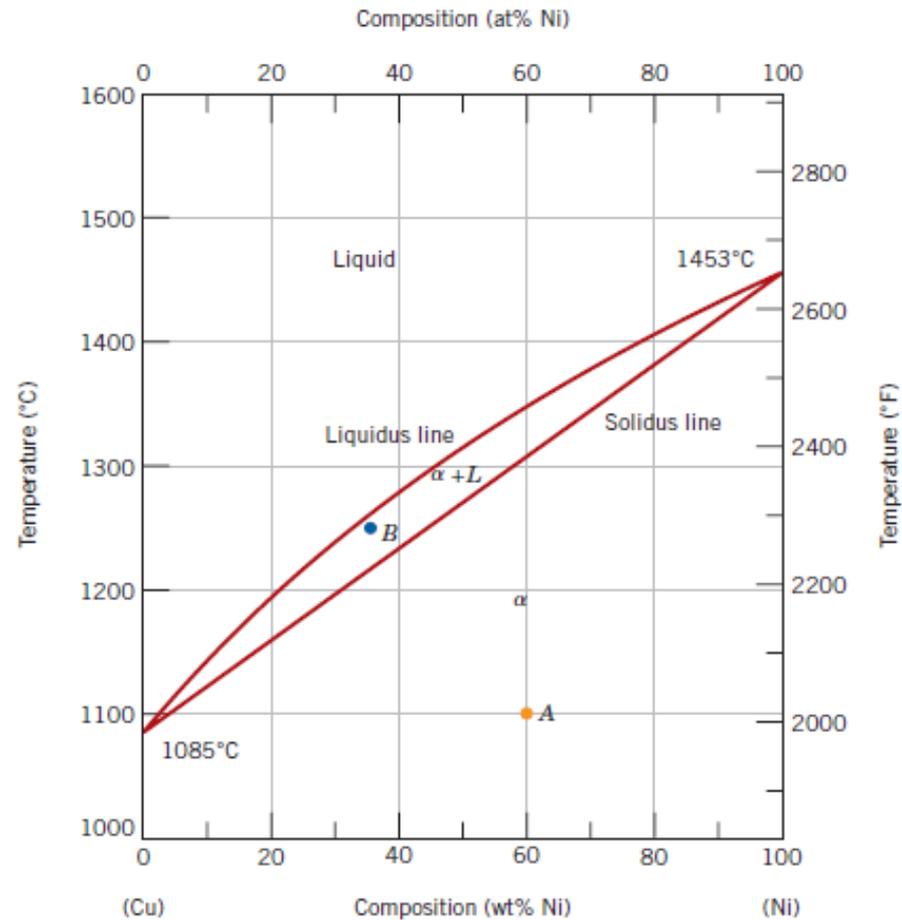


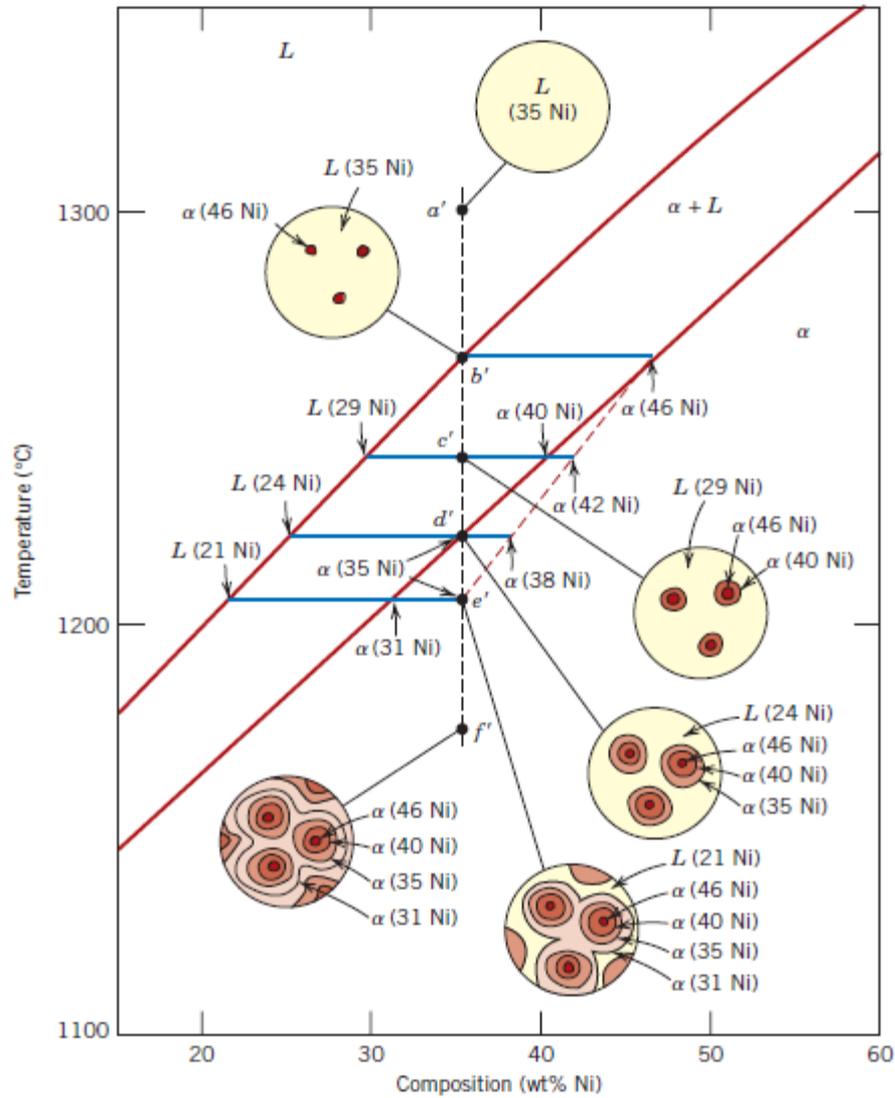
02

FUNDIÇÃO

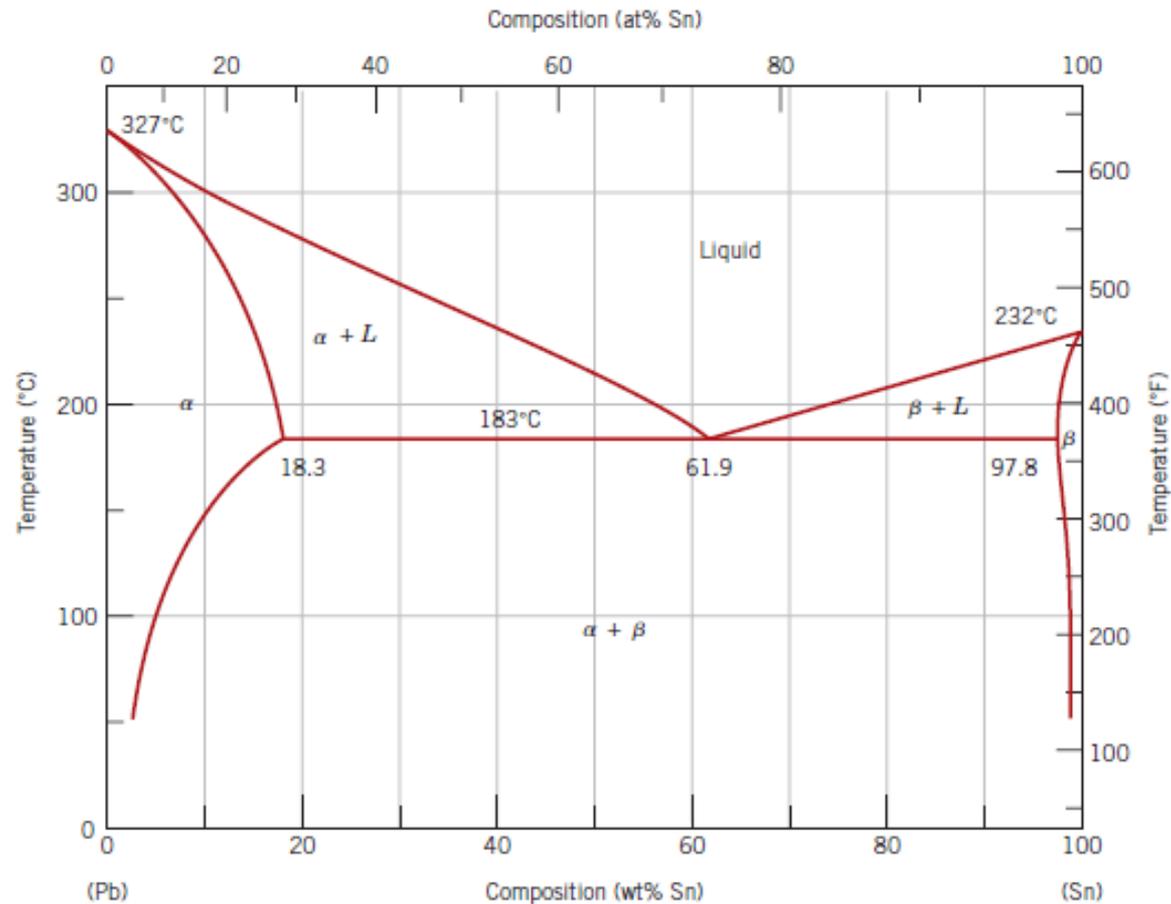
Engenharia Mecânica
Prof. Luis Fernando Maffei Martins

Diagramas de fase - isomorfo

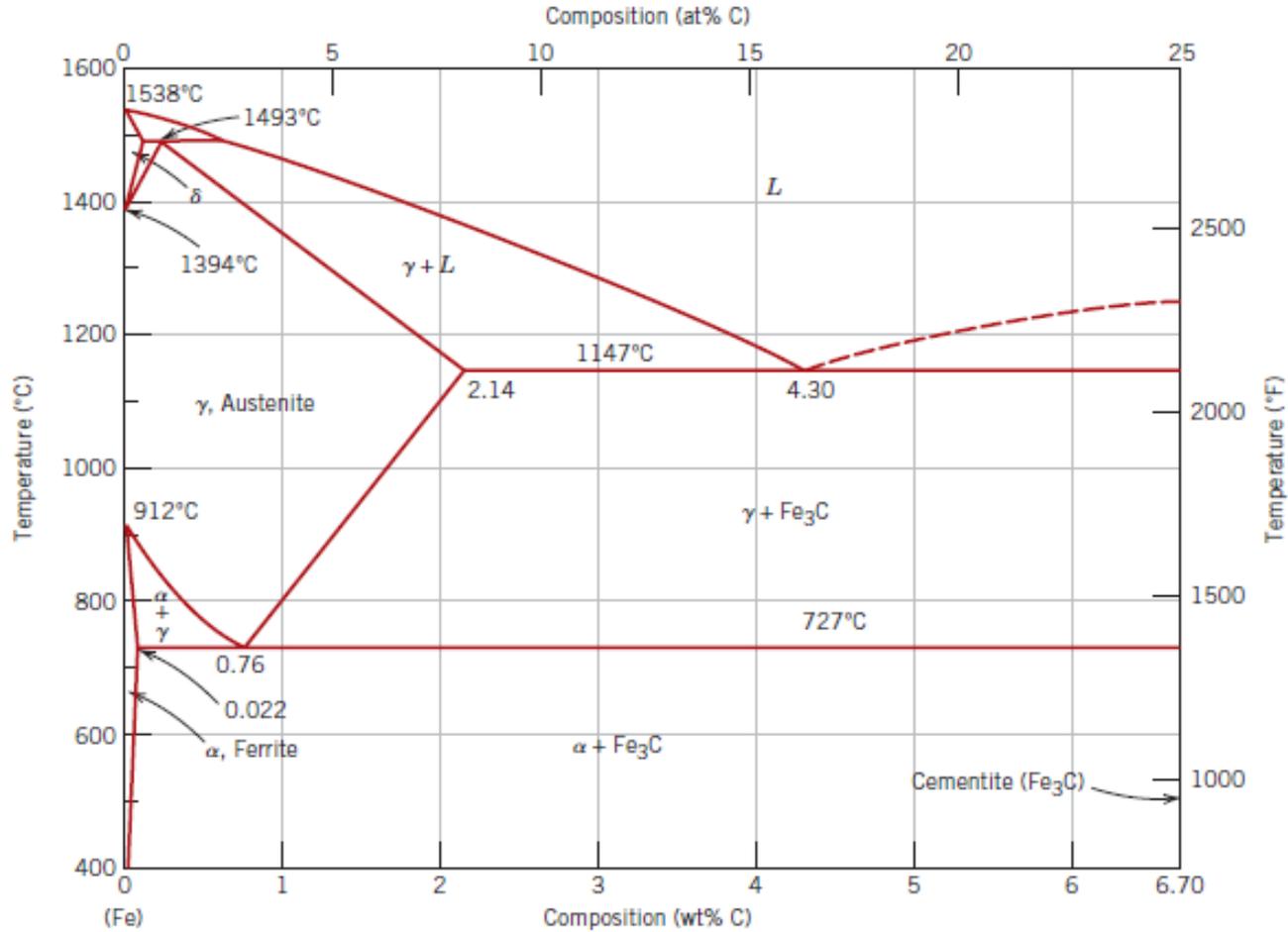




Diagramas de fase - eutético



Diagramas de fase - eutétoide

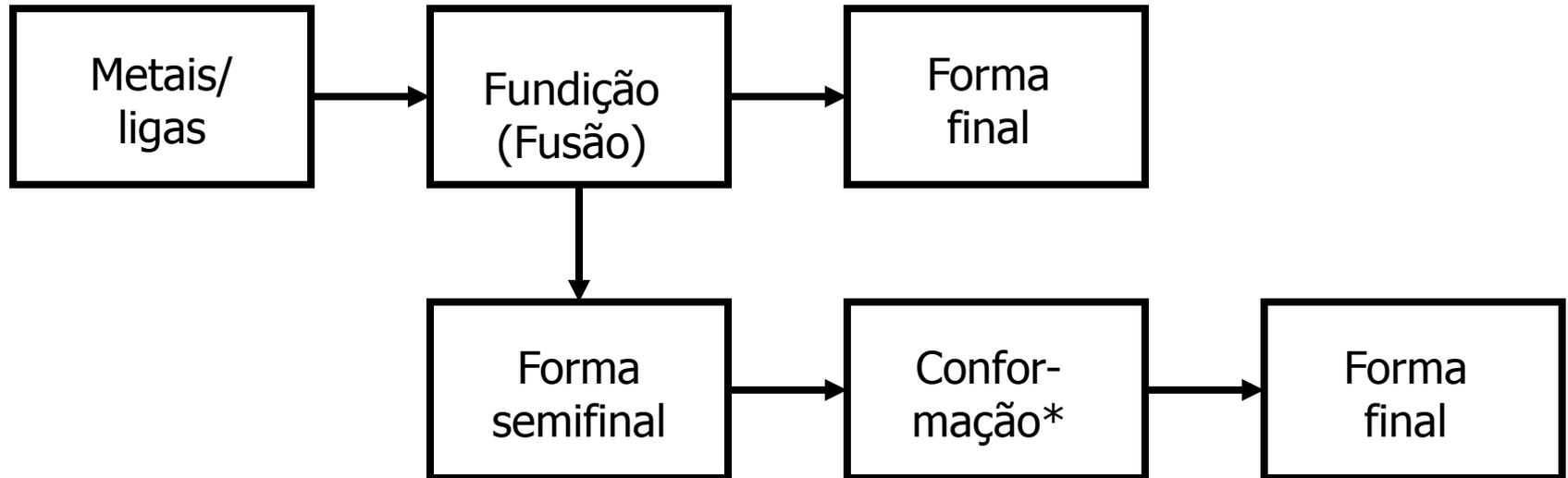


Segregação em peças fundidas

Fundição é o processo de fabricação onde um metal puro ou uma liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes à peça a ser produzida.

A peça produzida pode ter formas e dimensões definitivas ou não, podendo sofrer ainda outros processamentos como forjamento, laminação, extrusão, usinagem.

Fundição



*Forjamento, laminação, extrusão, usinagem

Fundição

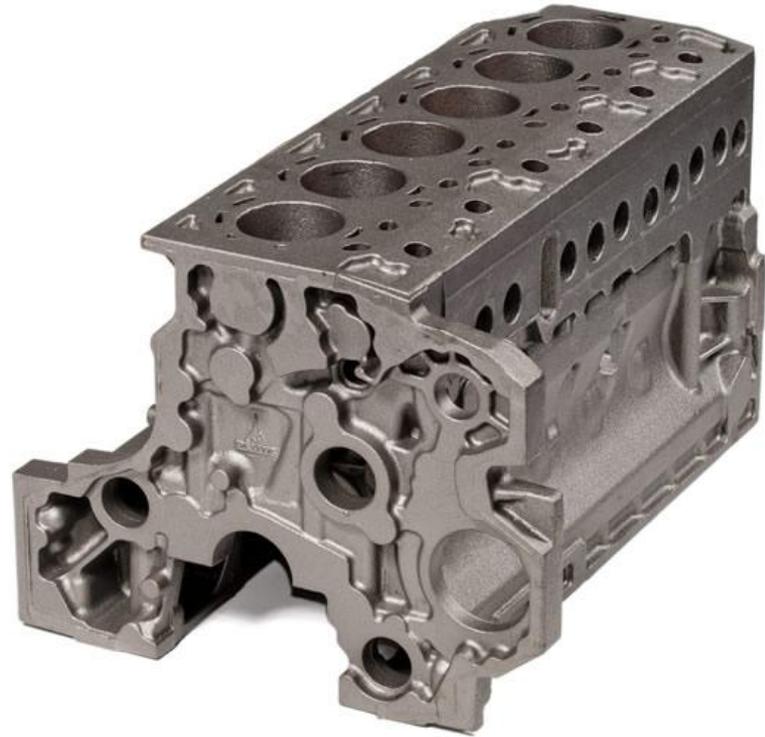
O processo de fundição apresenta vantagens com relação a outros processos de fabricação em casos como na produção de peças complexas, peças com cavidades internas ou peças de elevadas dimensões.

Porém, as propriedades mecânicas de peças produzidas por fundição geralmente são inferiores às propriedades de peças produzidas mecanicamente.

Peças fundidas



Peças fundidas



Peças fundidas



Fundição

O processo de fundição envolve as seguintes etapas:

1. Fusão do metal ou liga
2. Vazamento em um molde
3. Solidificação da peça
4. Remoção do molde
5. Corte de canais, massalotes, etc.
6. Operações de acabamento como eliminação de rebarba, usinagem, pintura, etc.

Solidificação

Transformação do estado líquido para o estado sólido.



Solidificação

É a mais importante transformação no campo da metalurgia:

- praticamente todo metal são produzidos no estado líquido e devem ser solidificados antes do uso posterior;
- ligas são obtidas no estado líquido por ser um processo mais eficiente que no estado sólido (convecção e difusão);
- processo mais barato de conformação do que usinagem e conformação plástica;

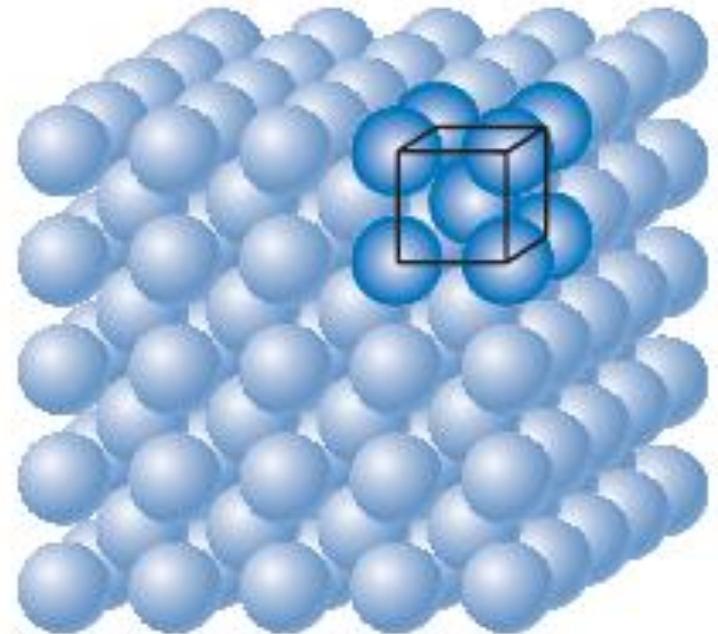
Solidificação

Nucleação

Crescimento

Solidificação - nucleação

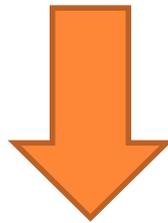
Ordenação de um grupo de átomos no estado líquido para formação de um cristal.



Solidificação - nucleação

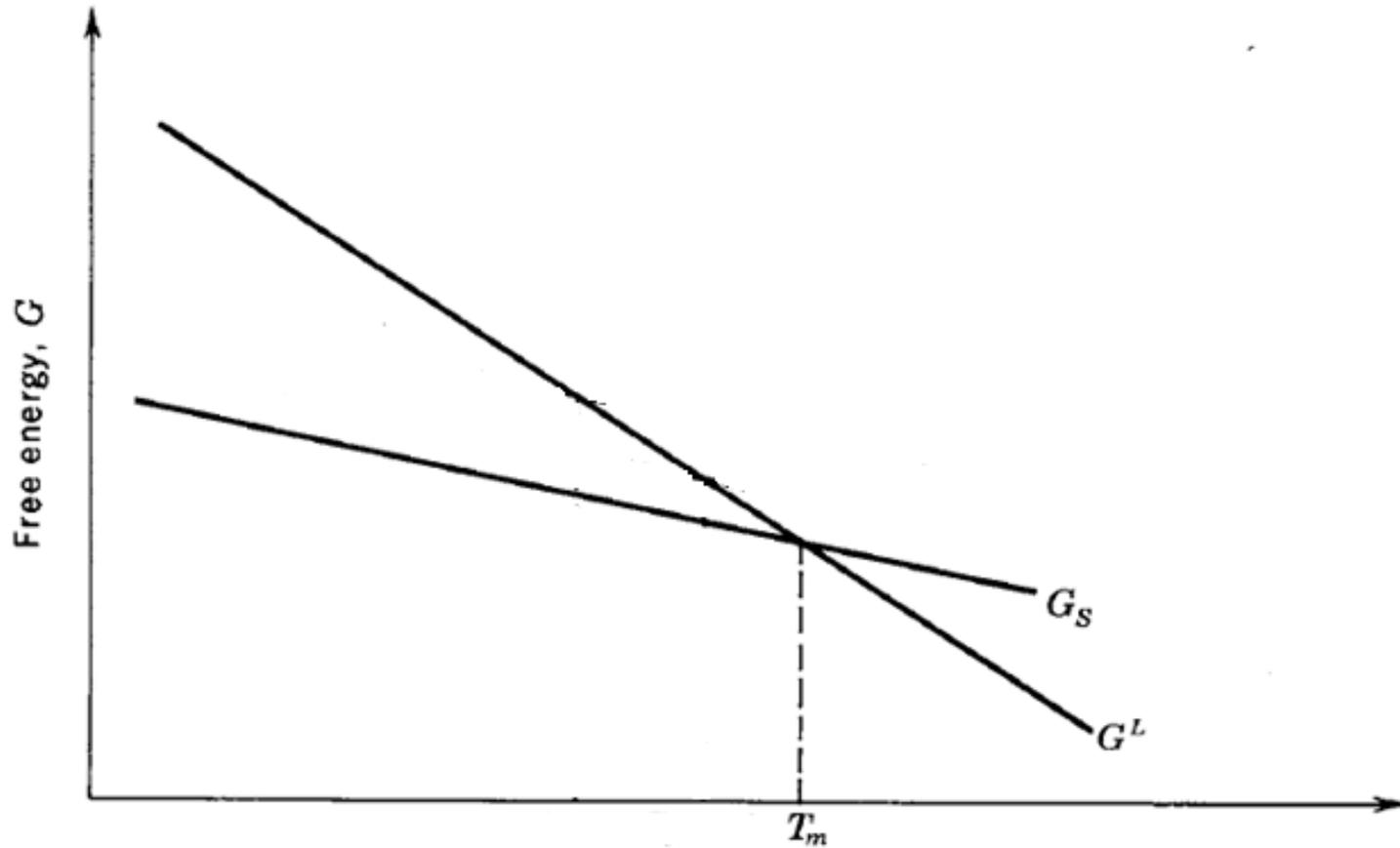
Ordenação de um grupo de átomos no estado líquido para formação de um cristal.

Caso esta ordenação ocorra em uma temperatura acima do ponto de fusão do material, o sólido se decompõe pois o estado líquido é mais estável (tem menor energia livre).



Núcleos subcríticos

Solidificação - nucleação



Solidificação - nucleação

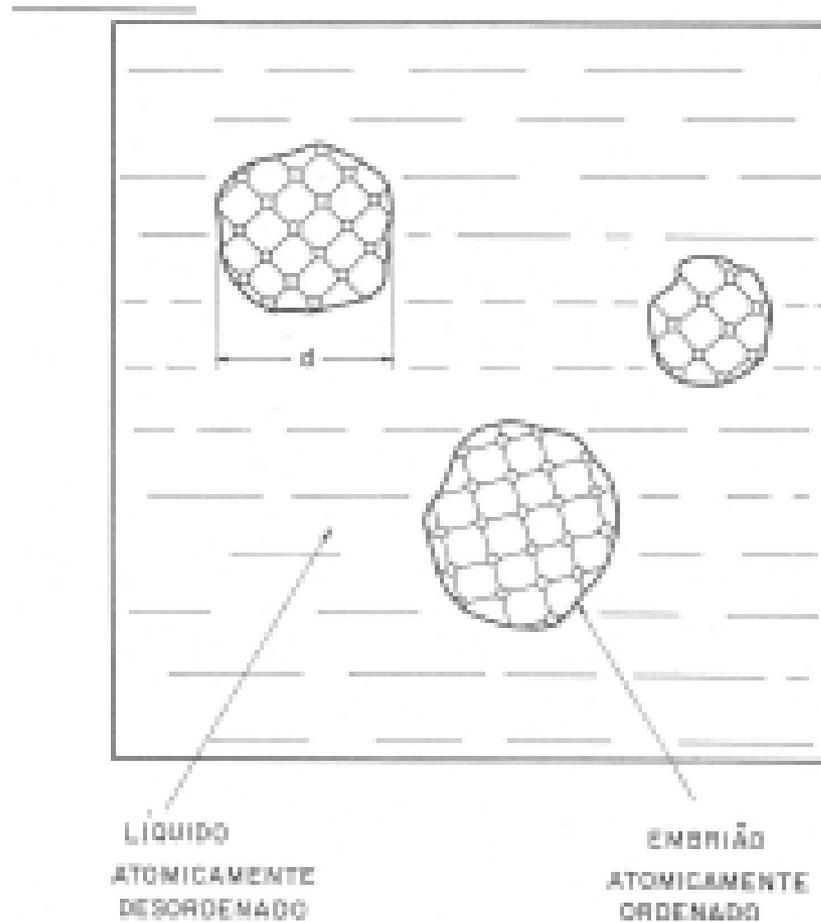
A transformação do estado líquido para o sólido (e vice versa) ocorre devido a transformação da matéria para uma condição mais estável com menor energia livre.

Para que o processo de solidificação aconteça deve haver uma redução de energia livre. Desta forma no ponto de equilíbrio, ou seja, no ponto de fusão, nada acontece pois a energia livre dos estados sólido e líquido são iguais.

Solidificação - nucleação

Caso esta ordenação ocorra em uma temperatura levemente abaixo do ponto de fusão do material, o sólido continua se decompondo, apesar da energia do sólido, nesta temperatura, ser mais baixa do que a do líquido.

Solidificação - nucleação

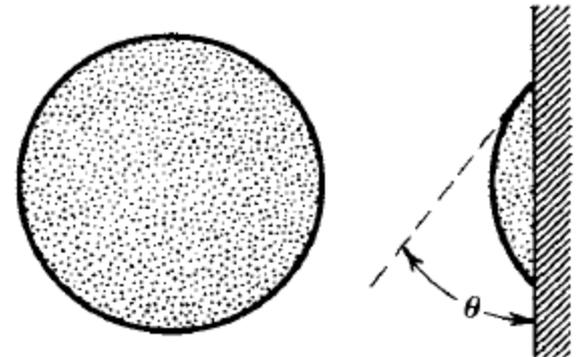


Solidificação - nucleação

Caso esta ordenação ocorra em uma temperatura levemente abaixo do ponto de fusão do material, o sólido continua se decompondo, apesar da energia do sólido, nesta temperatura, ser mais baixa do que a do líquido.



Energia da interface líquido/sólido



Solidificação - nucleação

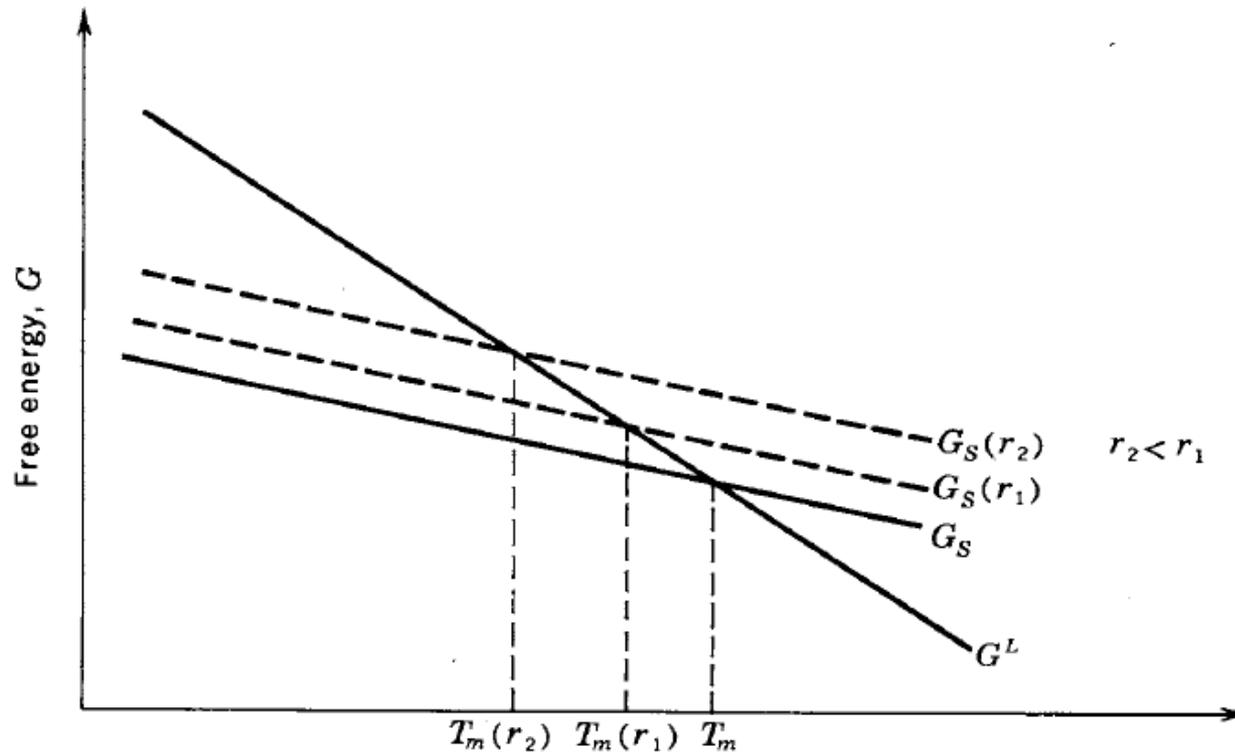


figure 5-1. The solid lines are the free energy of the bulk solid and bulk liquid phases as a function of temperature. If the solid is present in the liquid as particles of radius r , the free energy is raised to $G_S(r)$ and the temperature at which the solid and liquid are in equilibrium is lowered to $T_m(r)$. $T_m(r)$ decreases as r decreases.

Solidificação - nucleação

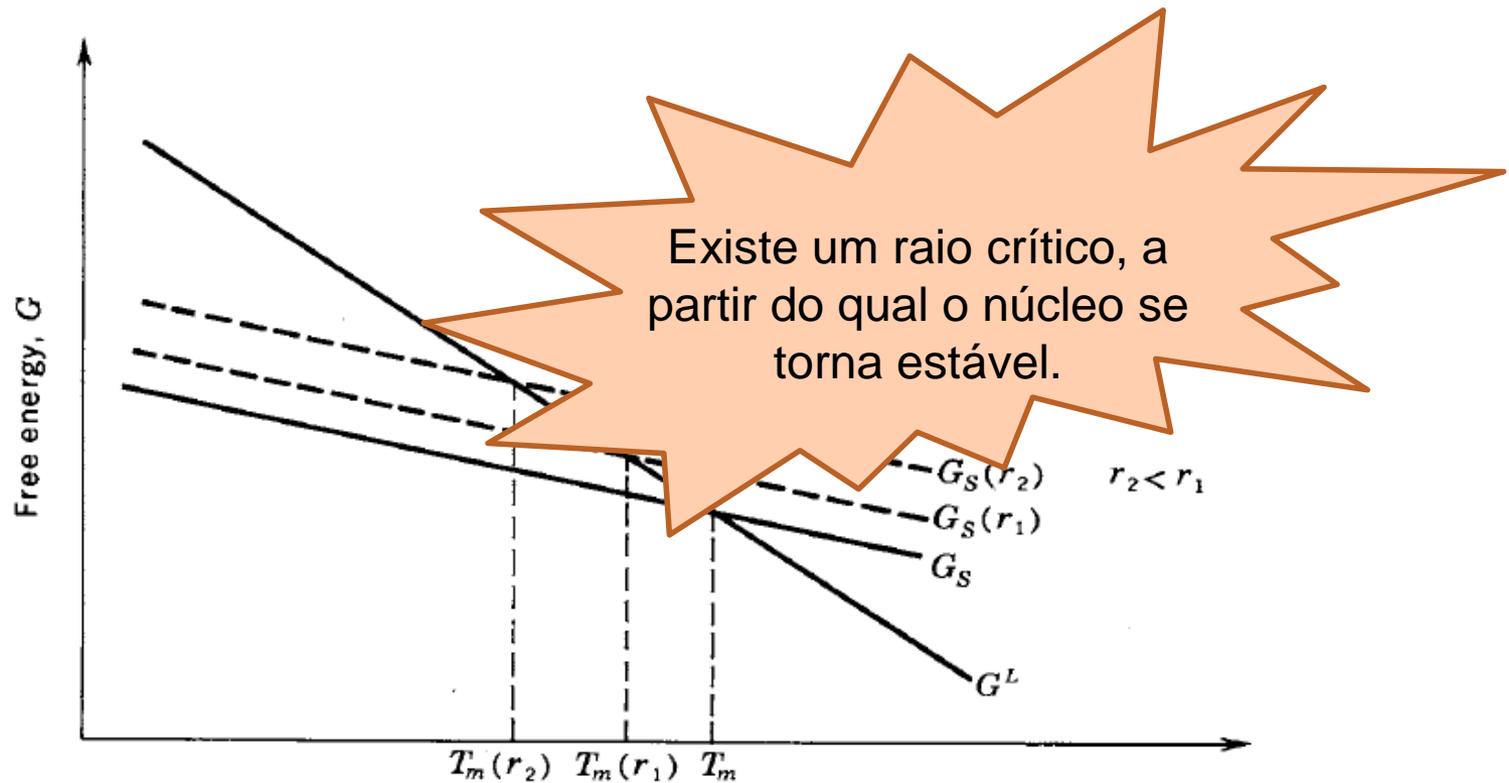
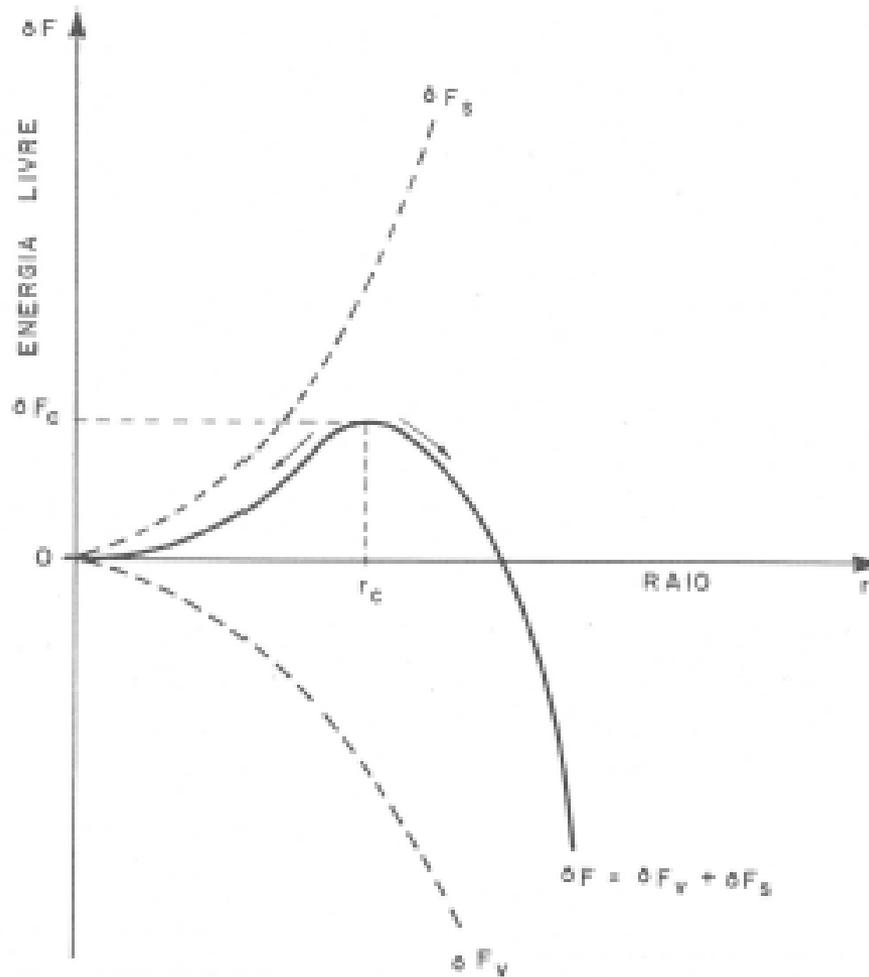
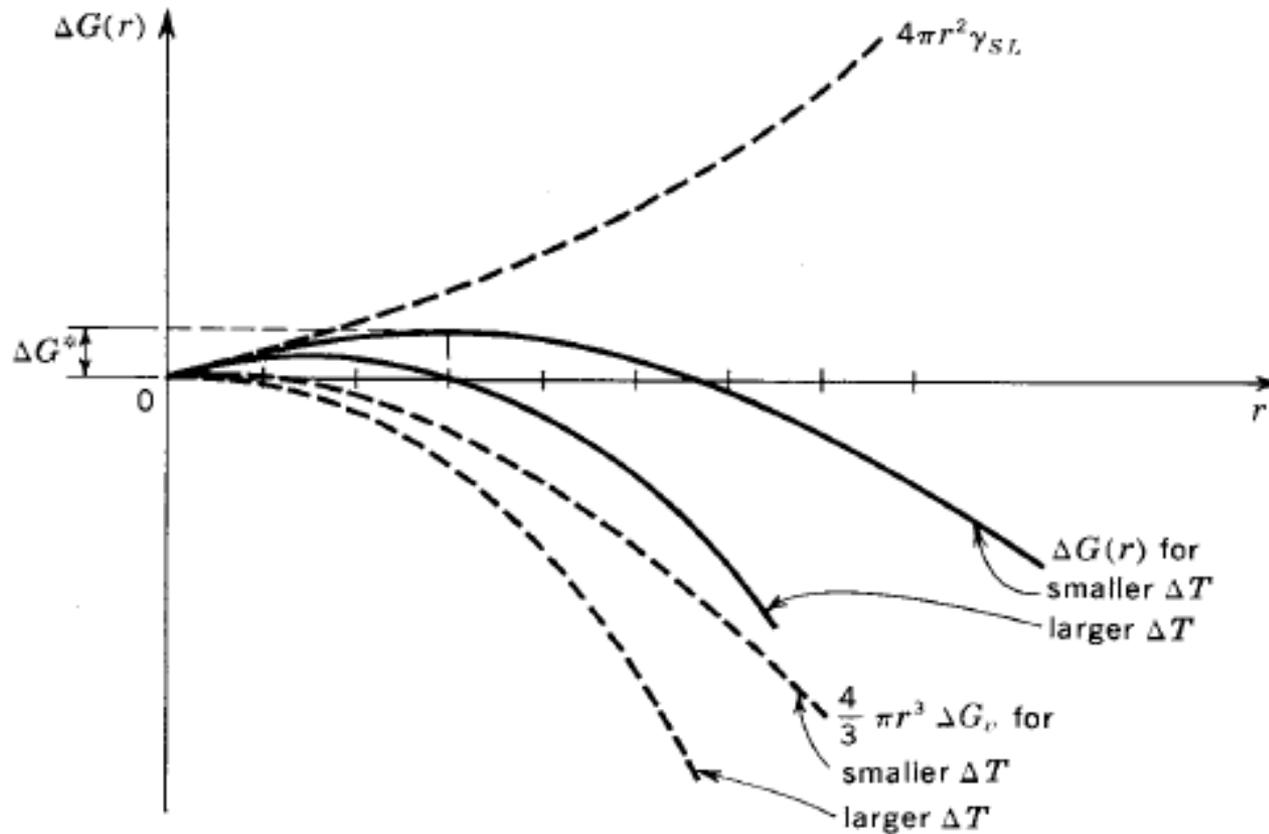


figure 5-1. The solid lines are the free energy of the bulk solid and bulk liquid phases as a function of temperature. If the solid is present in the liquid as particles of radius r , the free energy is raised to $G_S(r)$ and the temperature at which the solid and liquid are in equilibrium is lowered to $T_m(r)$. $T_m(r)$ decreases as r decreases.

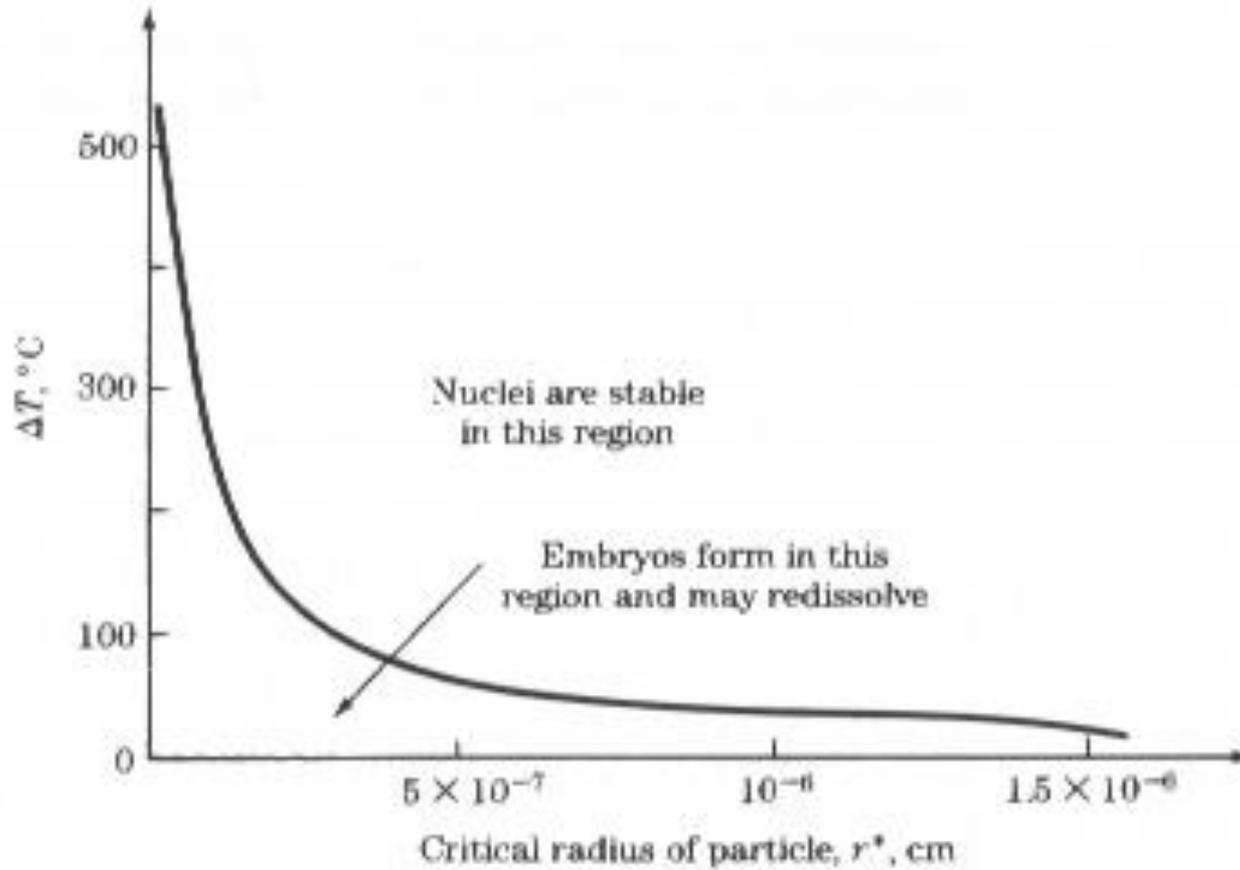
Solidificação - nucleação



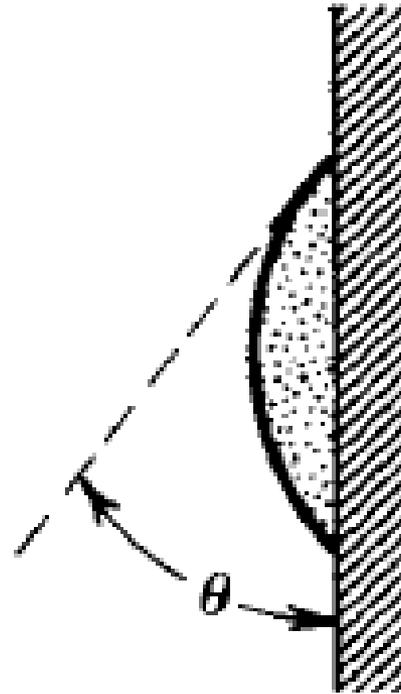
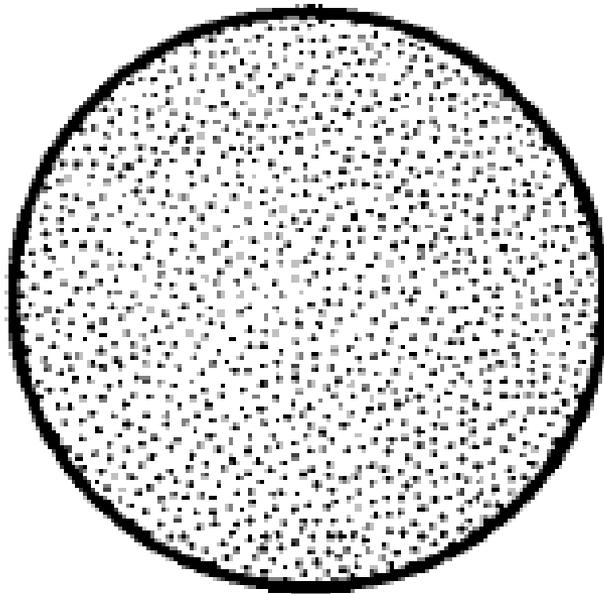
Solidificação - nucleação



Solidificação - nucleação



Solidificação - nucleação





Solidificação

A solidificação somente ocorrerá se o metal for resfriado abaixo da temperatura de equilíbrio.

Essa diferença entre a temperatura de equilíbrio e a temperatura onde a solidificação efetivamente acontece chama-se grau de super resfriamento.

Quanto maior a taxa de resfriamento maior o grau de super resfriamento.

Diagramas de fase

