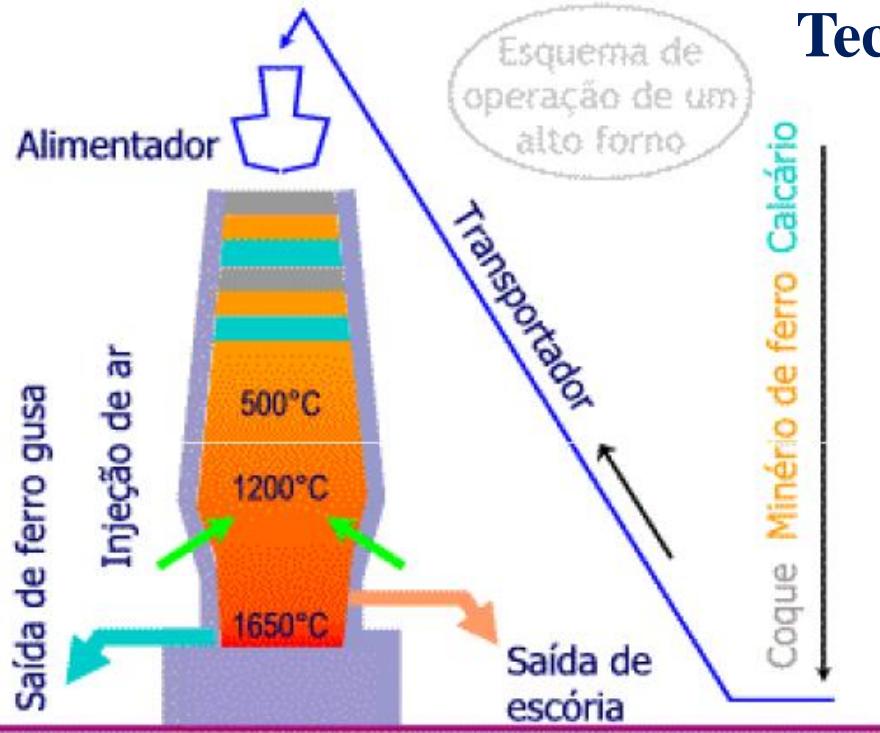


Tecnologia e Processos de Fundição



Prof. Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Eng.
LABATS/DEMEC/UFPR



■ *O Que é um Metal/Liga Fundido?*

Material metálico aquecido e fundido e que é vazado na forma de metal líquido num molde de areia, metálico ou misto.

■ *Quais os metais que podem ser fundidos?*

Virtualmente qualquer metal que pode se tornar líquido.

- Processos de Fundição

5.1. Fundição em Areia – Shell Molding

5.2. Fundição de Precisão – Cera Perdida

5.3. Fundição sob Pressão

5.4. Fundição por Centrifugação

5.5. Fundição por Coquilhamento

Para que os fundidos são usados?

Fundidos de metais são usados para virtualmente qualquer aplicação que se possa imaginar.

Mais de 90% dos bens manufaturados e equipamentos usam fundidos como componentes de engenharia ou dependem de fundidos para sua fabricação.

Os processos de fabricação de peças usando a solidificação de metais em moldes com forma requerida vem sendo aplicada há milênios pelo homem:

- 4000 anos AC sudaneses, egípcios e sírios obtinham ferramentas e peças ornamentais fundidas
- 3000 anos AC os chineses fundiam moedas
-
- 2500 anos AC, os gregos criavam esculturas de grandes dimensões fundidas.

•Processos de Fundição

5.1. Fundição em Areia – Shell Molding

5.2. Fundição de Precisão – Cera Perdida

5.3. Fundição de precisão sob Pressão

5.4. Fundição por Centrifugação

5.5. Fundição por Coquilhamento

Principais processos

- Processos de fundição em areia
- Processos que usam moldes permanentes
- Processos de fundição em cerâmica, gesso e especiais

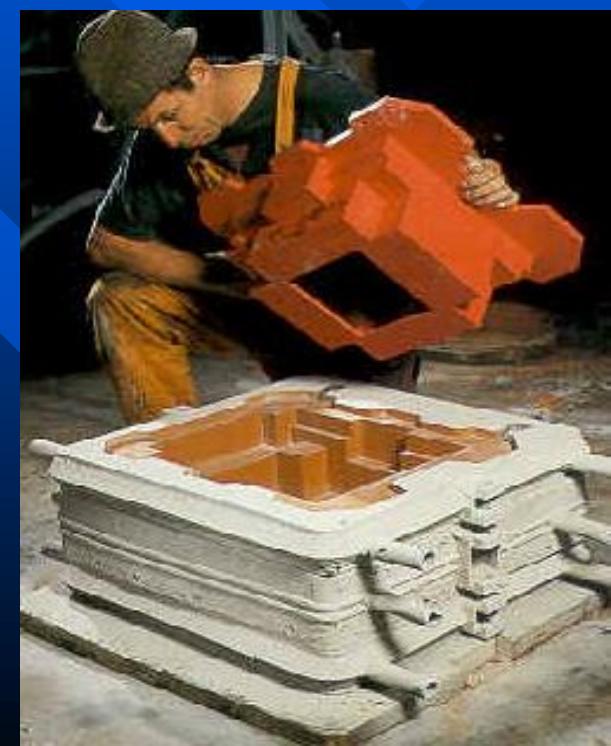
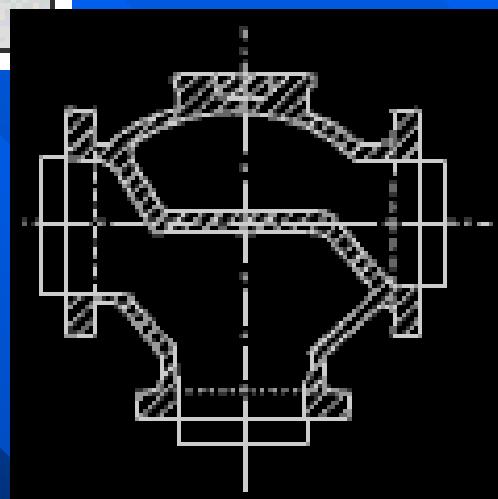
Processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde de AREIA com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida.





Etapas de projeto de uma peça a ser fundida:

Projeto
Desenho
molde



Fundição em areia verde

- Processo mais comum de fundição
- .
- Mineral refratário granular é preparado com uma mistura de *argila bentonita*, *água* e, em alguns casos, outros *aditivos*.
- Quando os grãos de refratário são compactados em volta do modelo, eles são mantidos juntos pela “cola/liga” argila e água.
- Quando o modelo é removido, a cavidade do molde retém o formato das superfícies do modelo

Constituintes na fundição em areia

AREIA VERDE:

agente aglomerante principal => argila (bentonita) umedecida (água) + aditivos + incorporação de machos desagregados à areia recirculante.

AREIA LIGADA QUIMICAMENTE:

aplica-se a uma grande variedade de materiais de moldagem e macharia que utilizam sistemas ligantes:

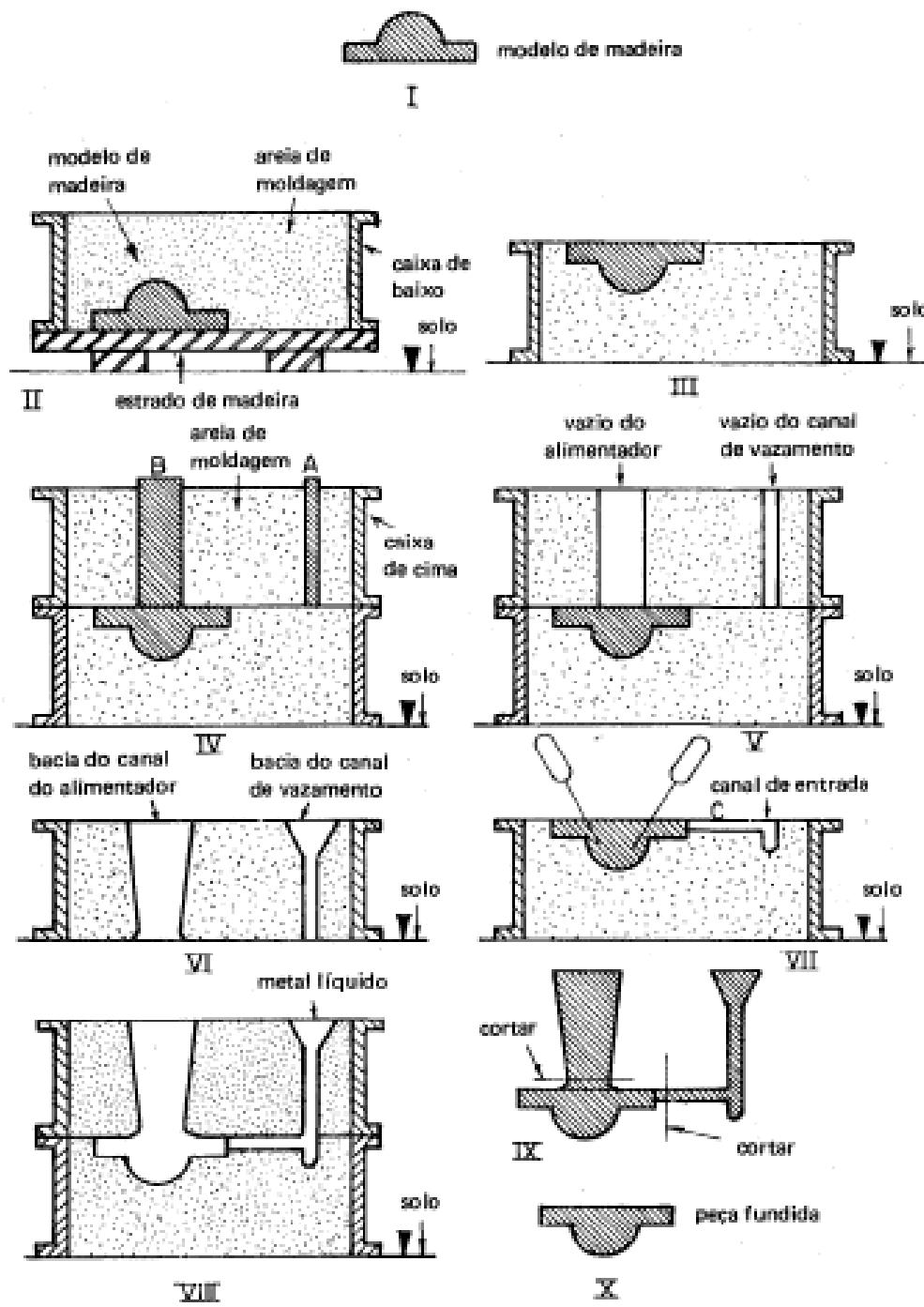
- *orgânicos* => *resinas furânicas, fenólicas, uretânicas, etc.*
- *inorgânicos* => *silicato de sódio, cimento portland.*
- *mistas* => *resinas fenólicas alcalinas.*
- *aditivos* => *em geral inorgânicos = óxido de ferro.*

Composição

- Areia natural (contém muitas impurezas) não utilizada.
- Areias Sintéticas :
 - SiO₂ (80% a 90%) , Zirconia, argila (bentonita) umedecida (água) + aditivos .
 - São mais uniformes e refratárias
 - Atinge até 2400 °C.
 - argila: silicato de alumínio hidratado (10%) (1250 a 1400 °C).
 - Impurezas: Óxido de ferro (4%) e óxido de cálcio (0,4%).



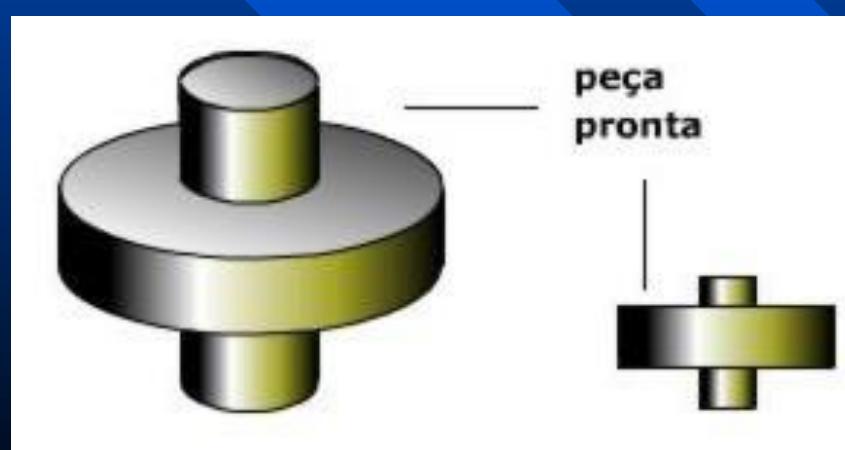
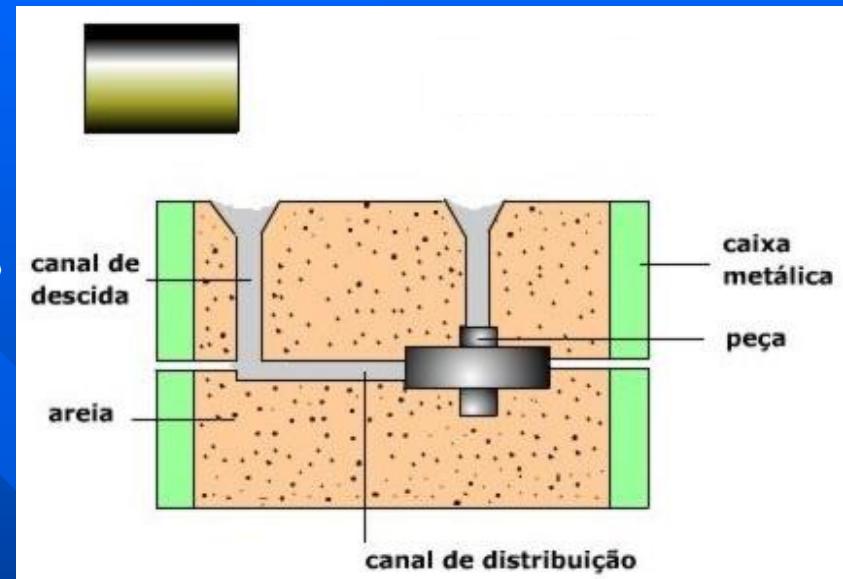
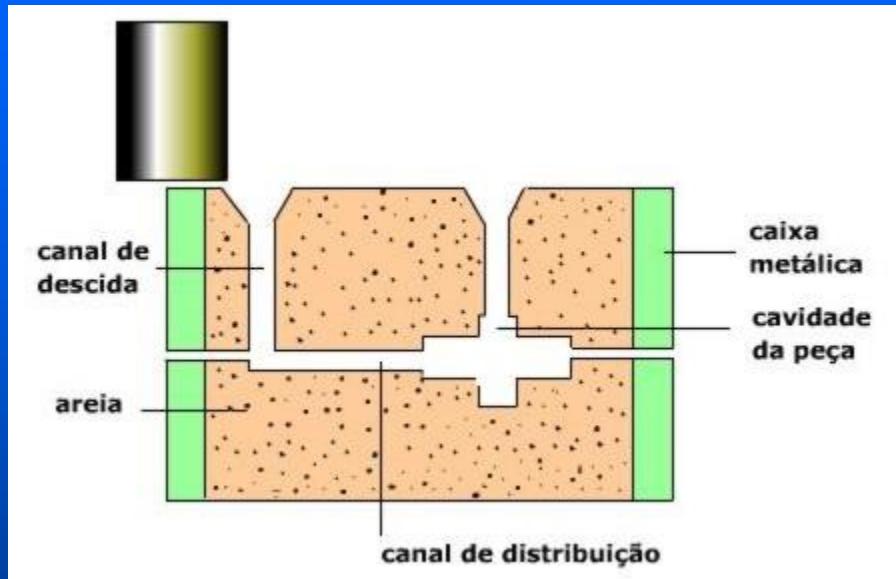




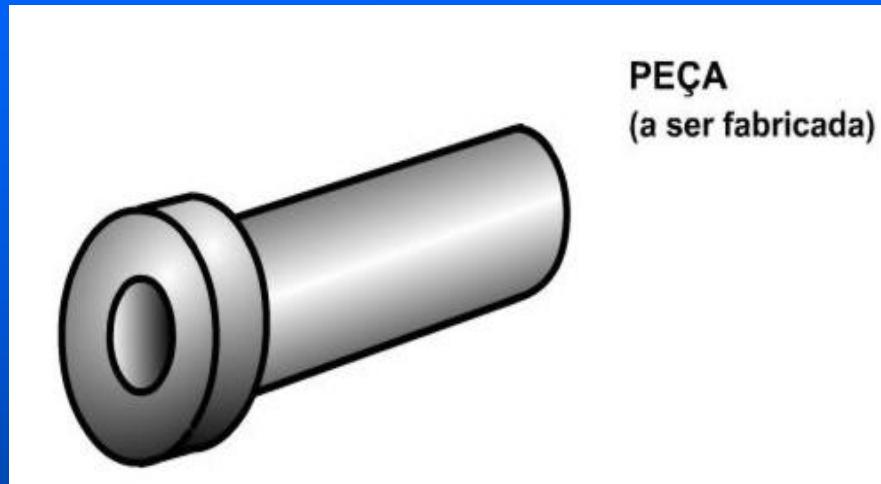
Materiais para fabricação dos Modelos

- Madeira
- Fundição cinza
- Latão
- Alumínio
- Gesso
- Resinas Plásticas , epóxis e poliuretano expandido.

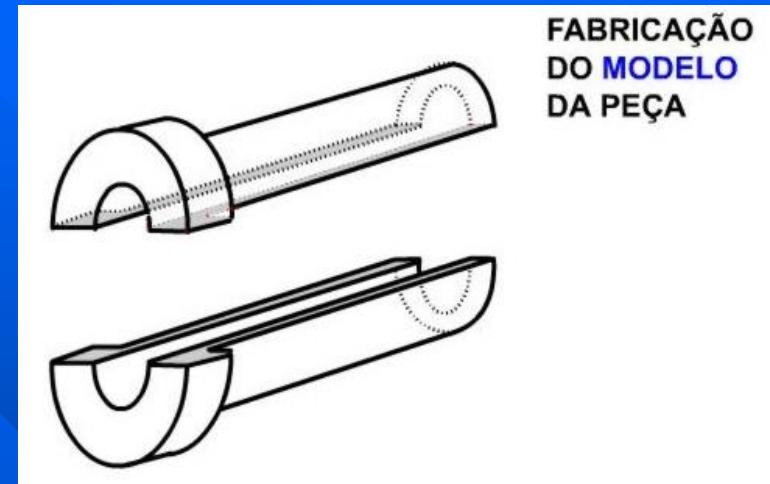
Processo de Fundição em areia



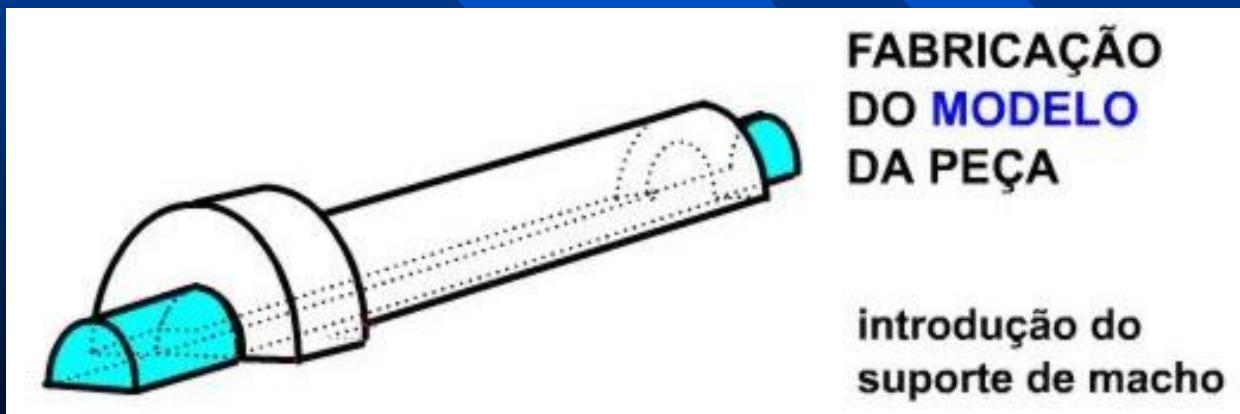
Etapas do processo



PEÇA
(a ser fabricada)



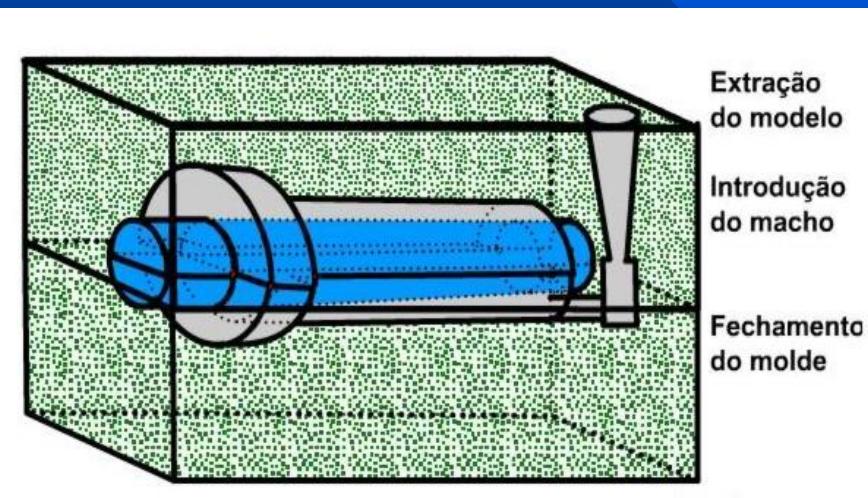
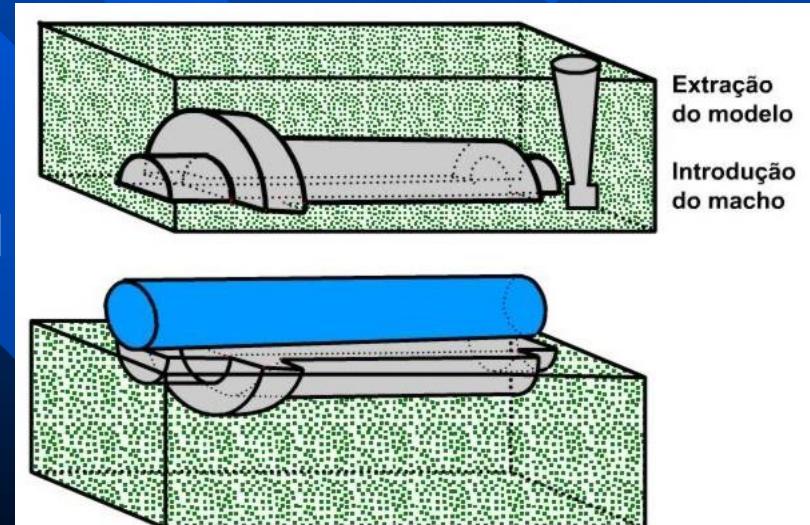
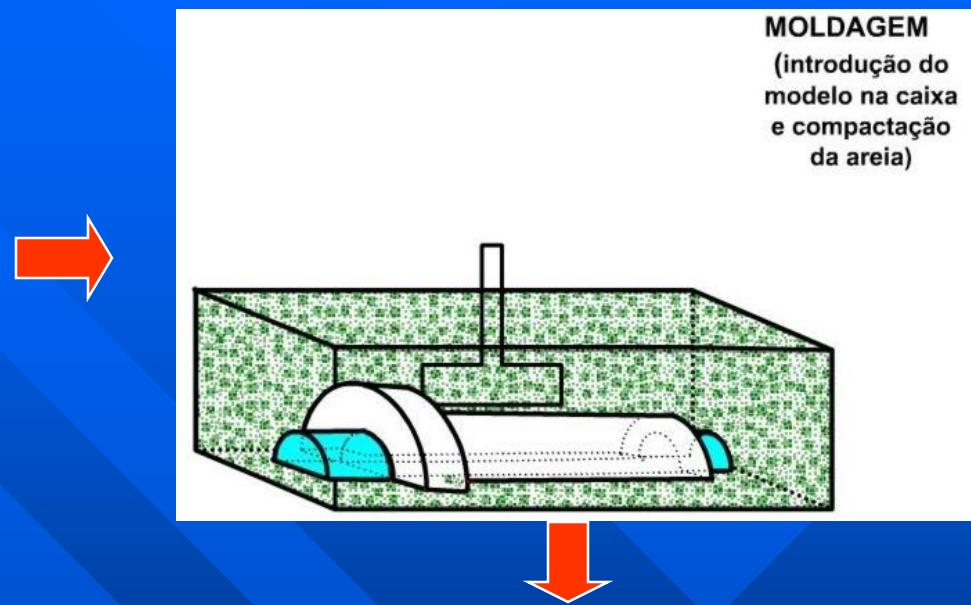
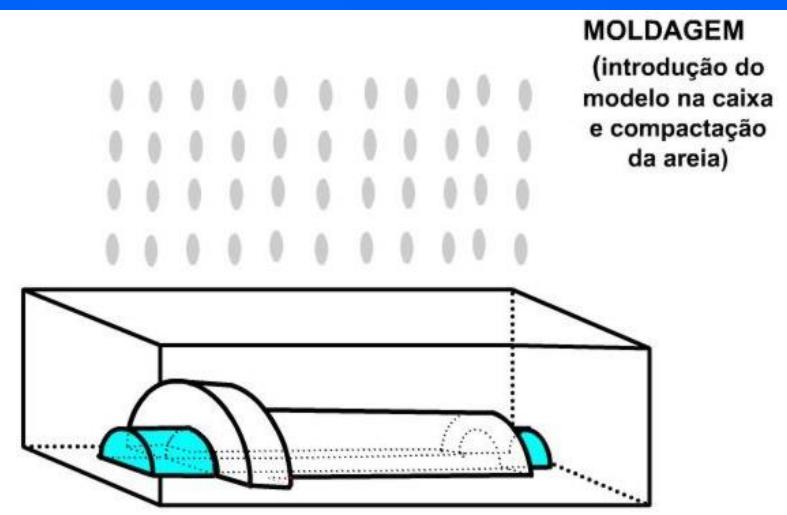
FABRICAÇÃO
DO MODELO
DA PEÇA



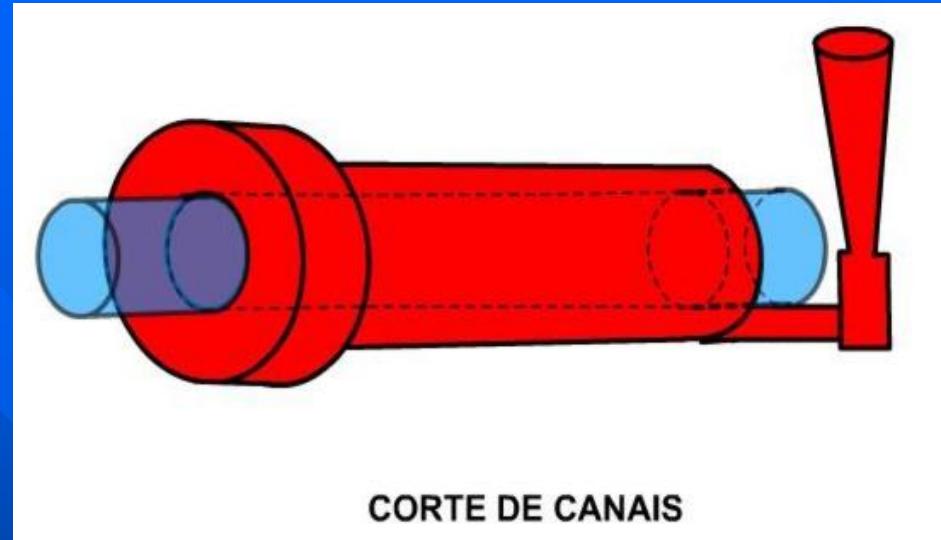
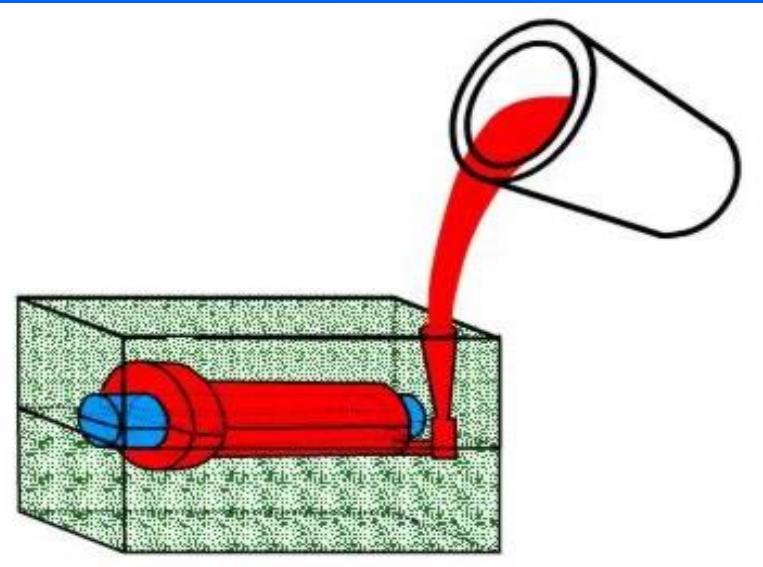
FABRICAÇÃO
DO MODELO
DA PEÇA

introdução do
suporte de macho

Etapas do processo



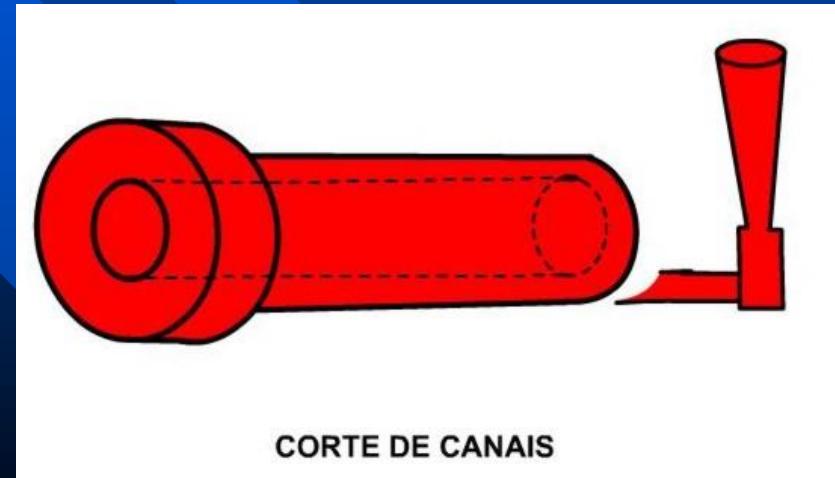
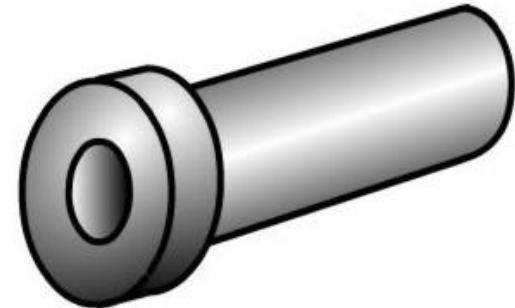
Etapas do processo



CORTE DE CANAIS

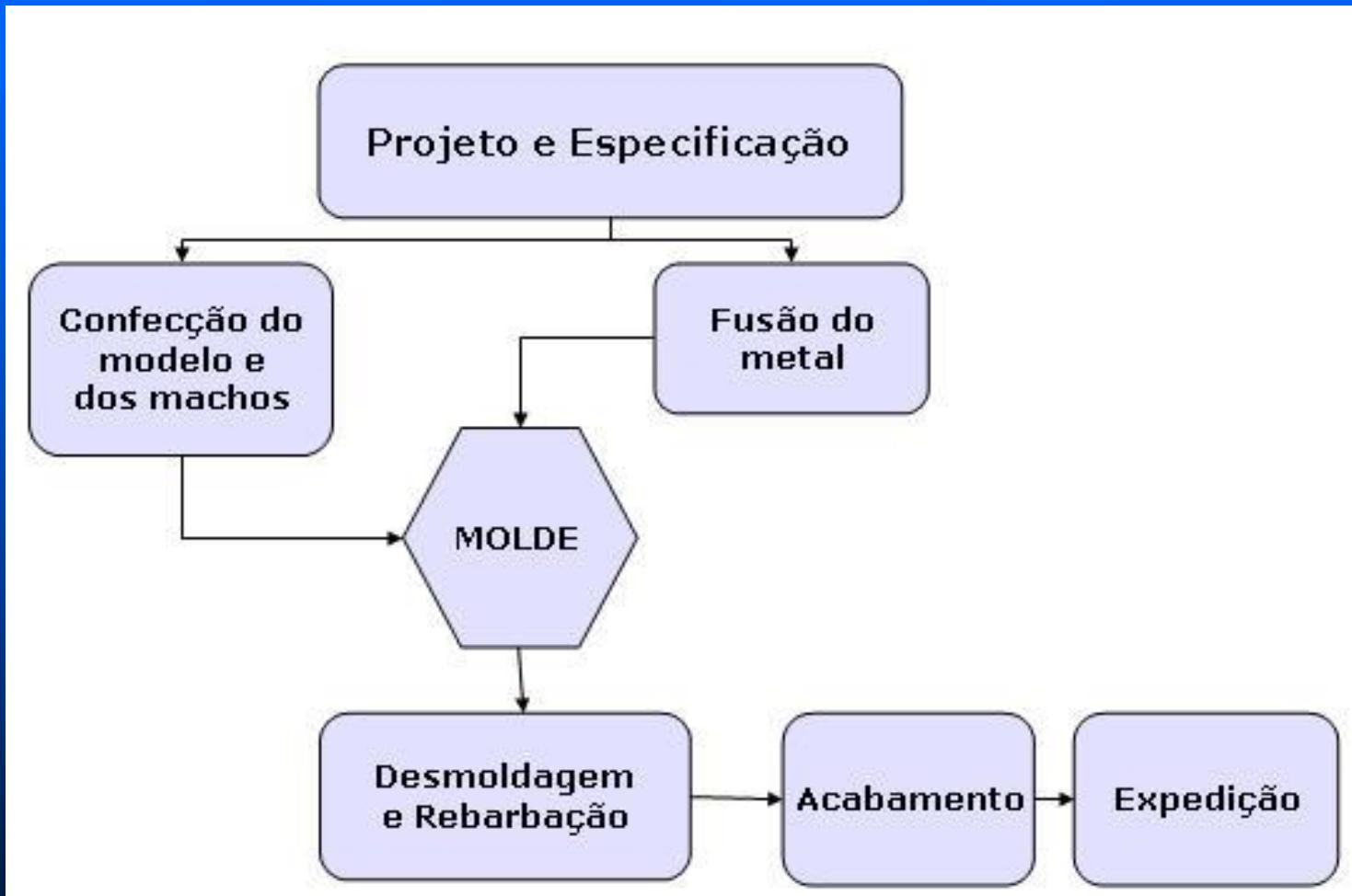


PEÇA



CORTE DE CANAIS

Fluxograma da produção de peças fundidas



Esque de procedimento
da montagem de um
molde

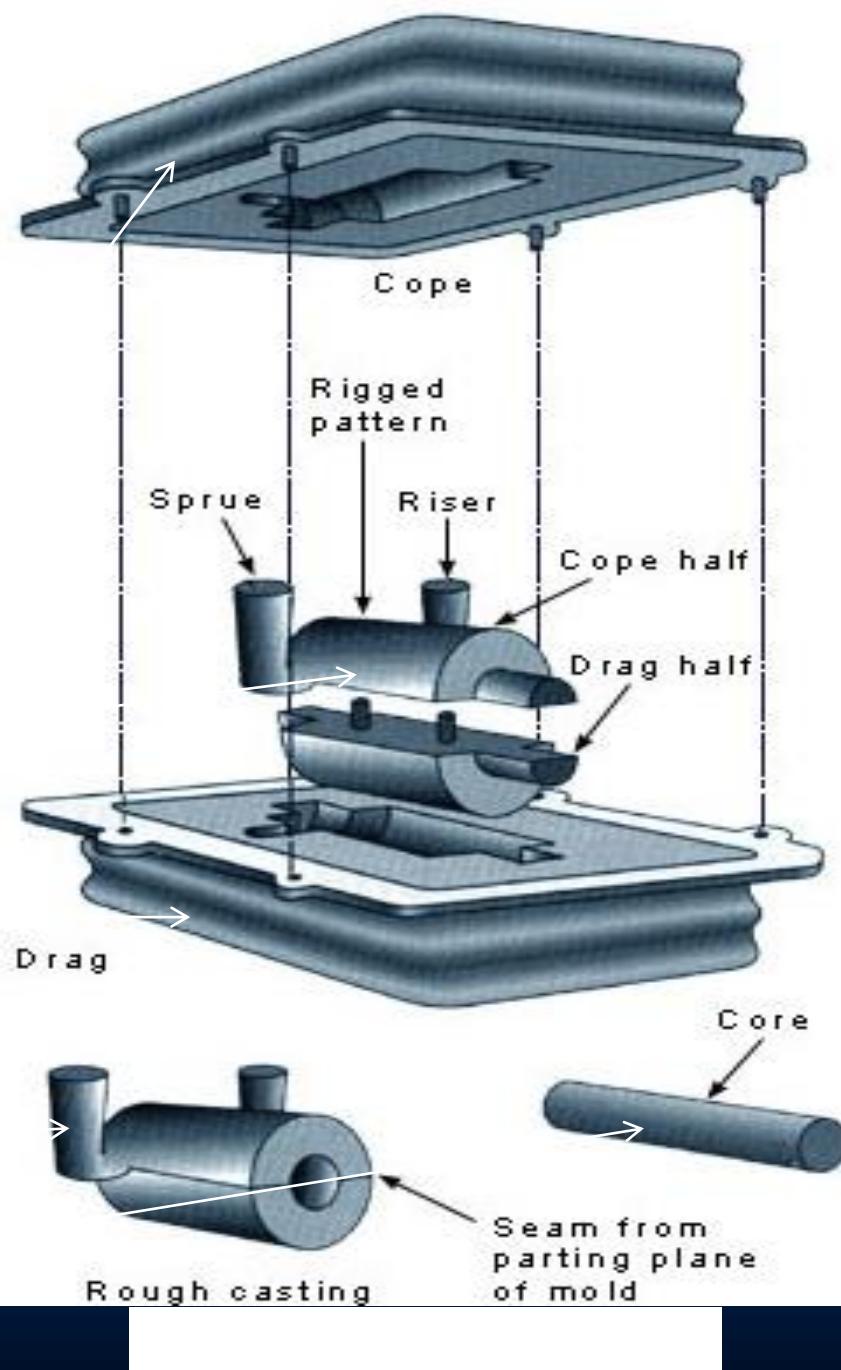
Caixa superior

Modelo

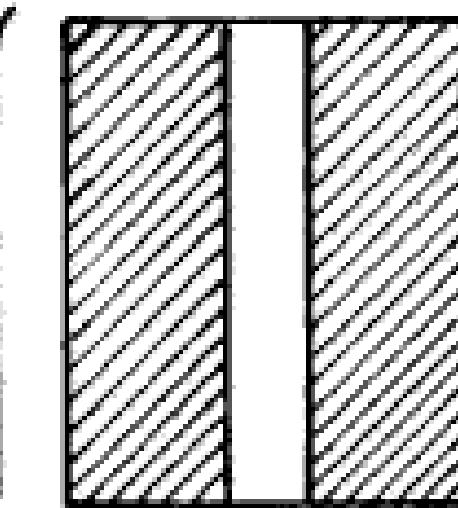
Caixa inferior

Canais de enchimento e
saída

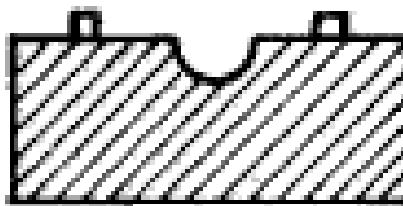
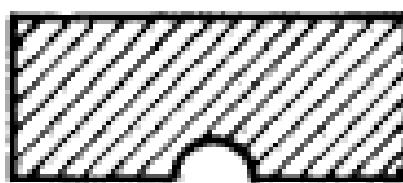
macho



III



caixa para
confeção
do macho



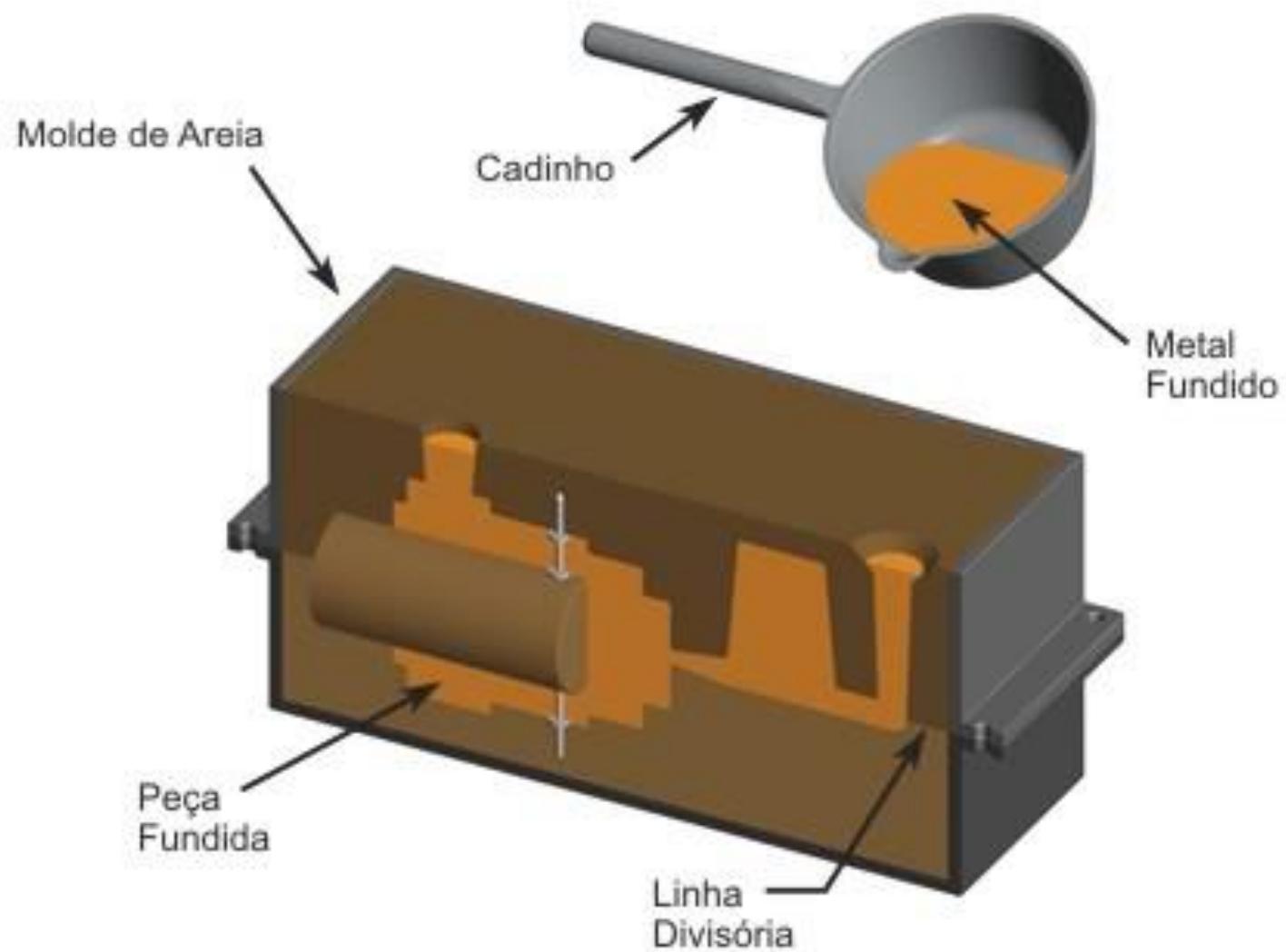
IV

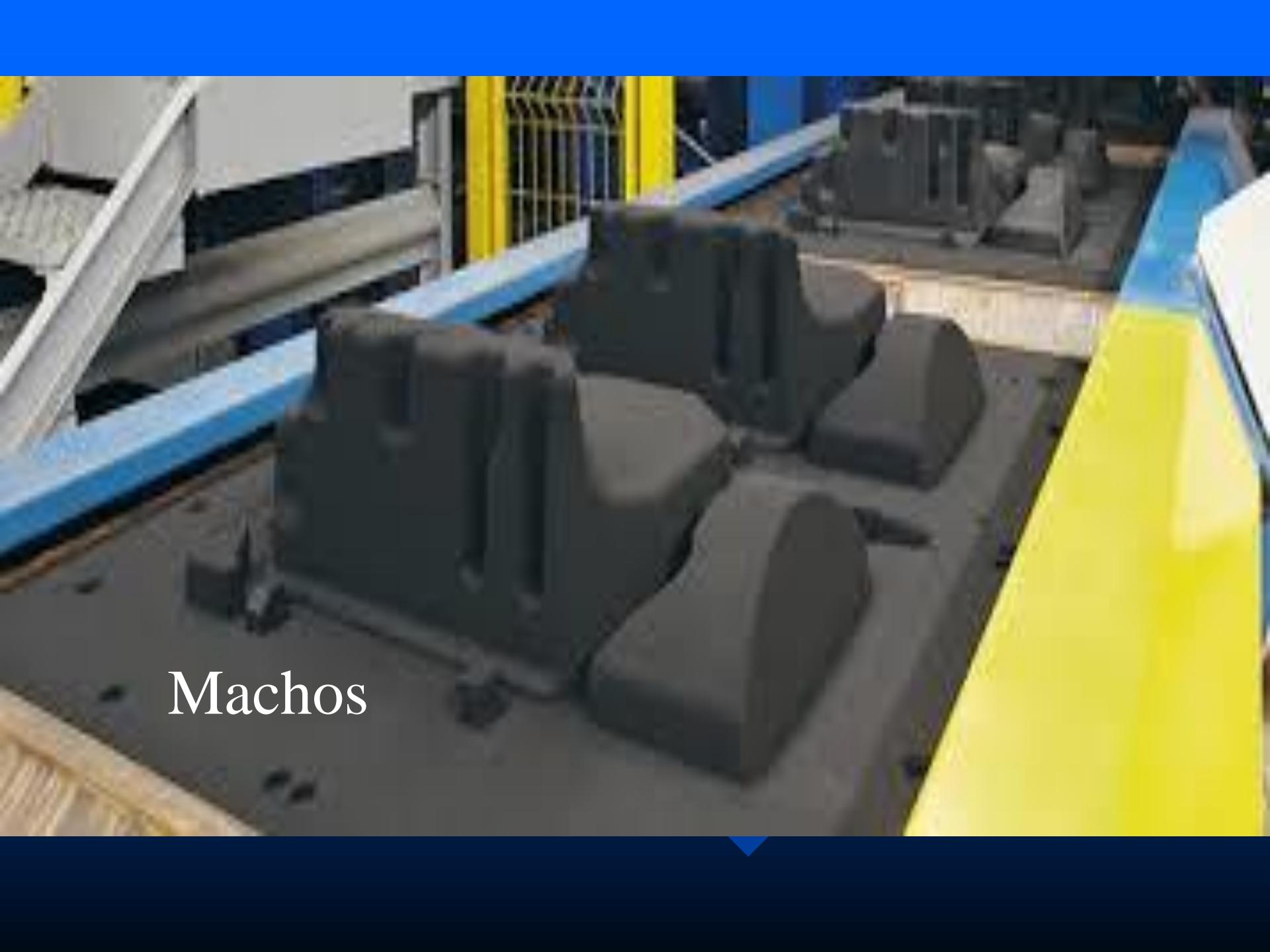


macho



Passagem do metal fundido
do forno para o cadiño.





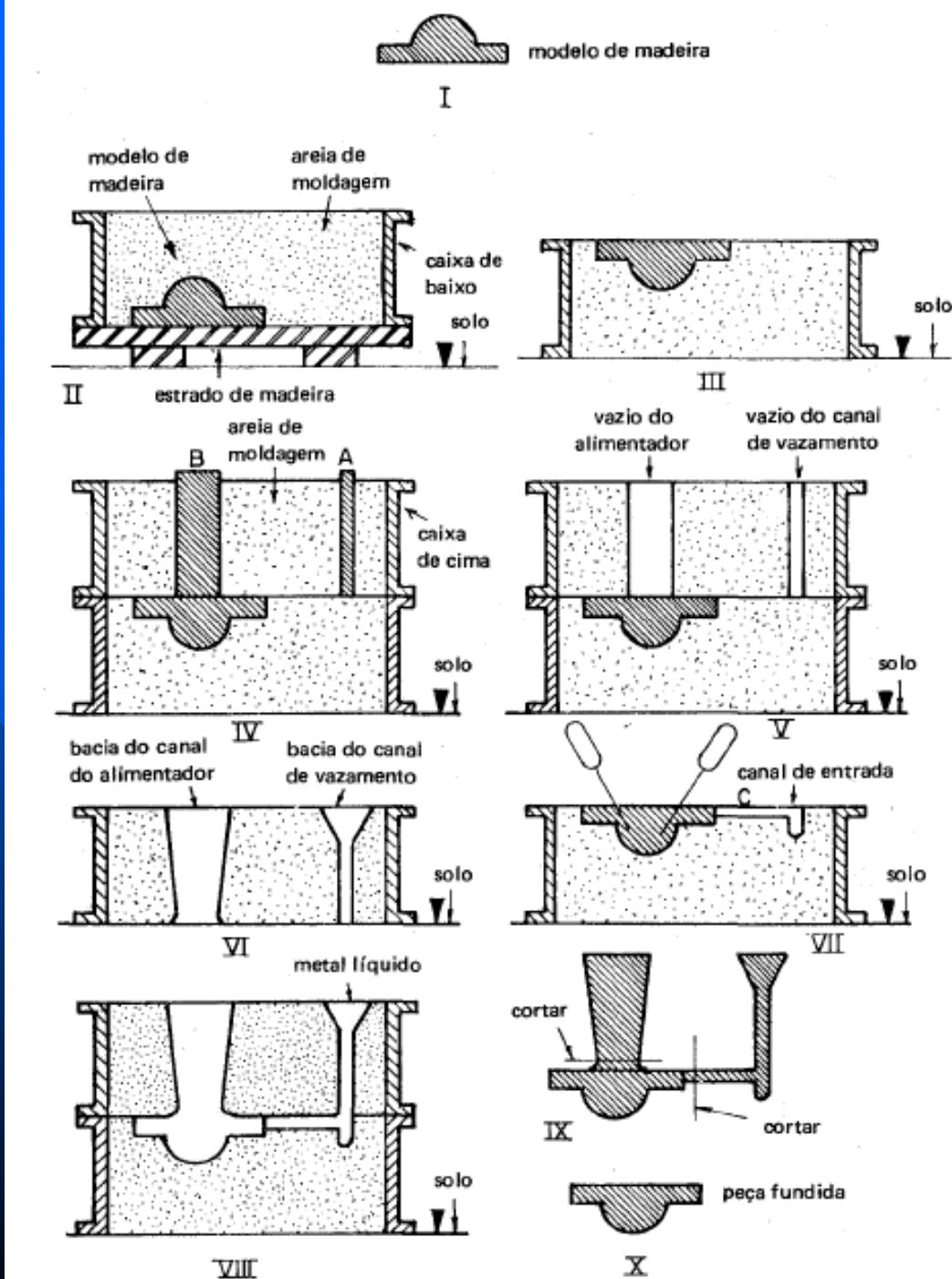
Machos





17/04/2009

Sequência de etapas na preparação de um molde para fundição por areia verde.

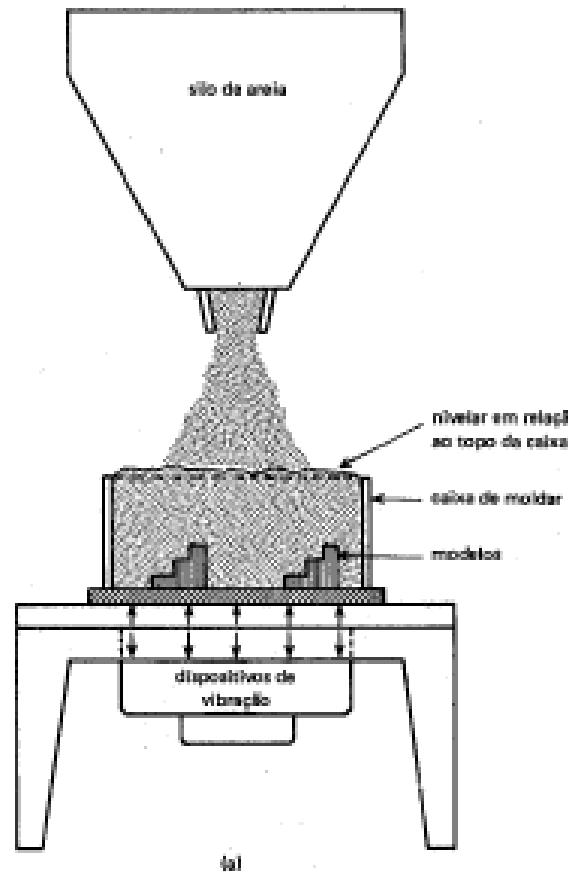


Métodos de compactação da areia numa caixa de moldar

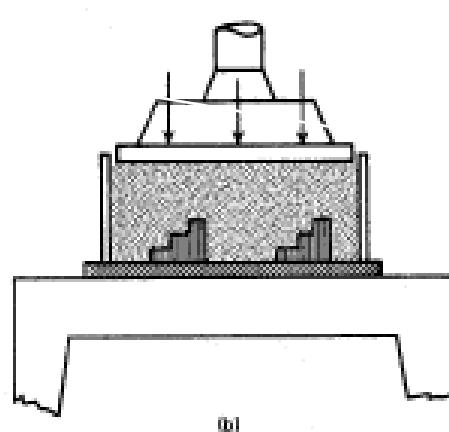
A: vibração

B: compactação

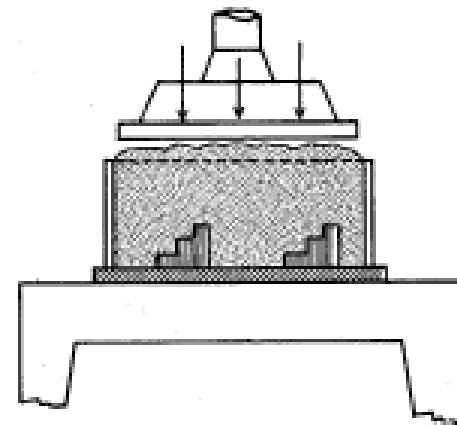
C: deixar excesso e comprimir/nivelar



(a)

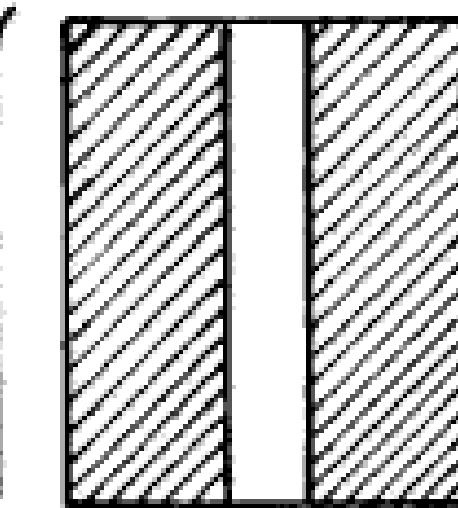


(b)

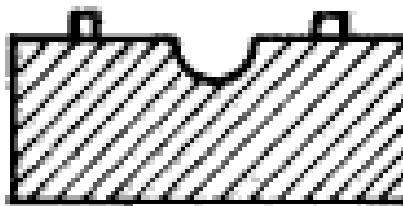
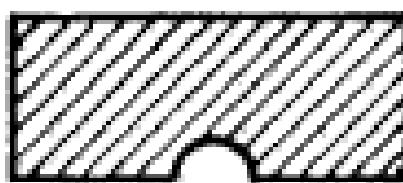


(c)

III



caixa para
confeção
do macho

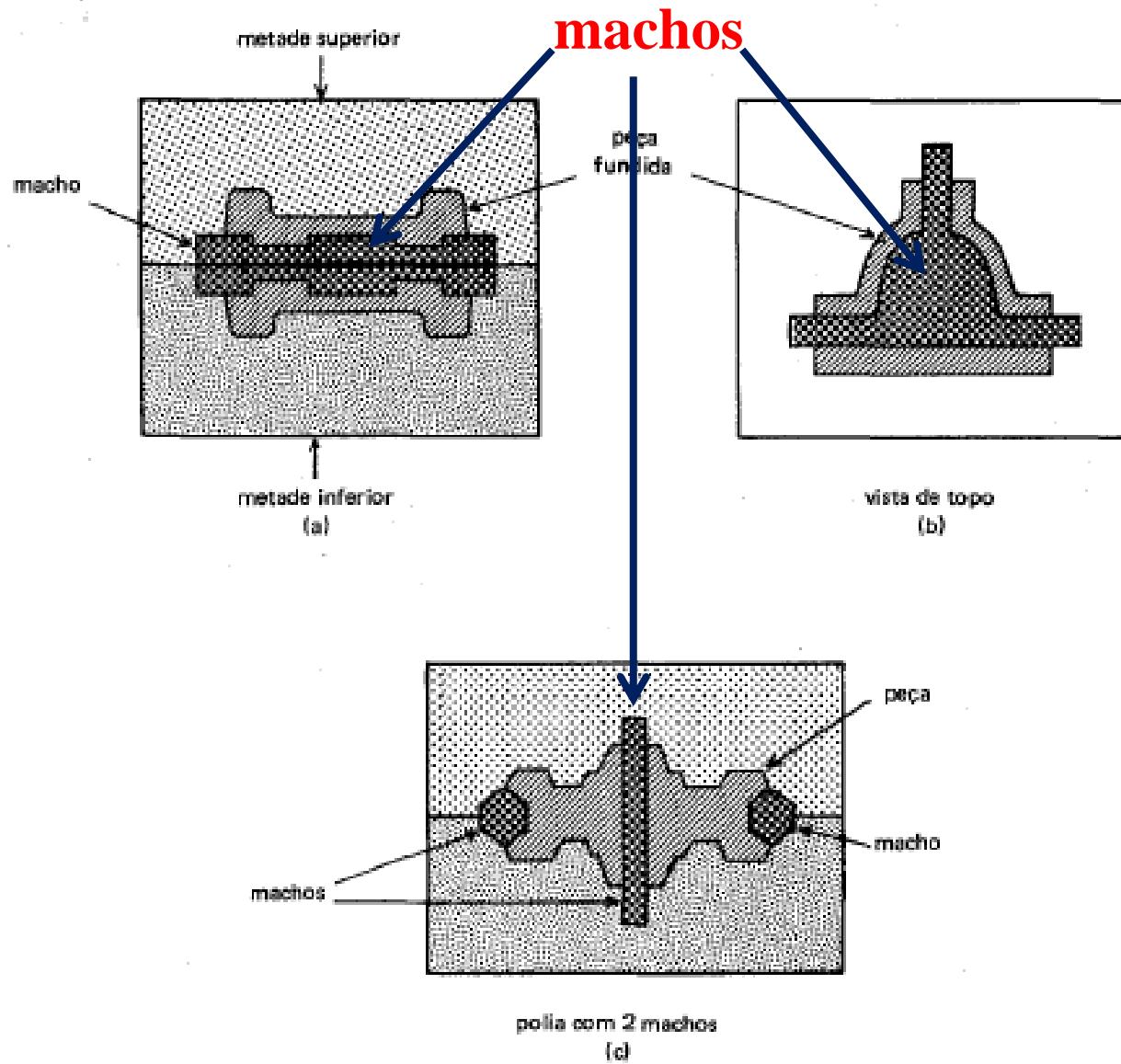


IV



macho

Moldagem em areia seca ou em molde estufado



Areia
+
aditivos
orgânicos
+
calor

3.3.4 Processo CO₂ É de aplicação relativamente recente. Utiliza-se para moldes e machos relativos a peças de quaisquer dimensões. No processo, os moldes são do tipo convencional, de areia aglomerada com silicato de sódio (2,5 a 6,0% em peso). Depois de compactados, são eles submetidos a um tratamento com CO₂, que consiste na passagem de uma corrente desse gás através de sua seção. Ocorre uma reação entre o CO₂ e o silicato de sódio; forma-se sílica-gel, carbonato de sódio e água, resultando um endurecimento do molde, em tempo relativamente curto. Não há necessidade de estufagem, alcançando-se elevadas propriedades de dureza e resistência.

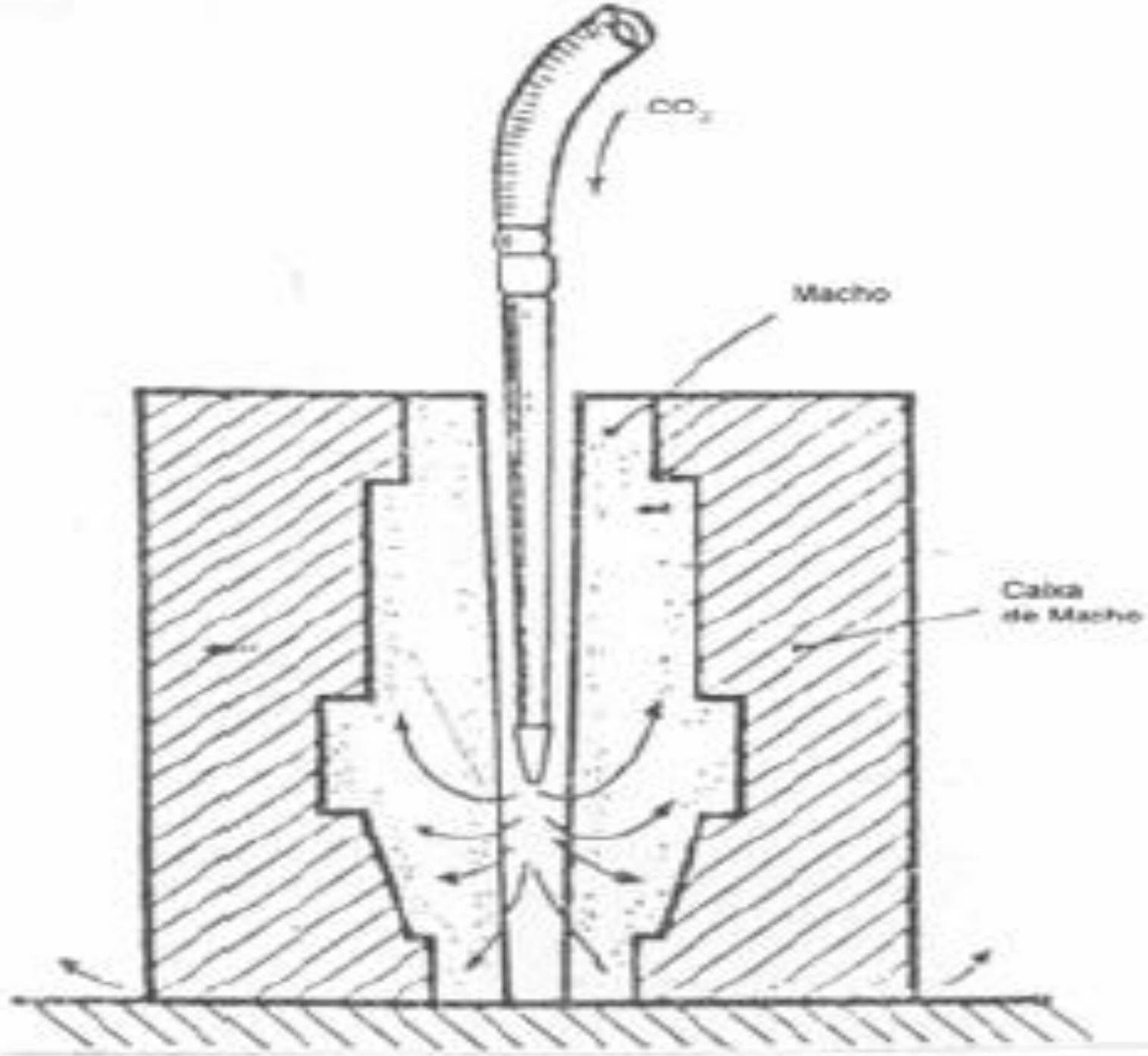
O processo é empregado igualmente para a confecção de moldes de areia completos.



Sopradora de Macho3.mp4



Precision Airset Sand Casting for Aluminum.flv







processos de fundição Altona Blumenau.ASF.mp4

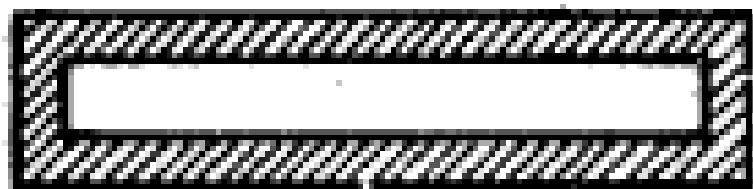
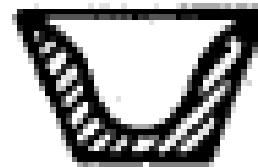
Otimização modelagem areia verde china



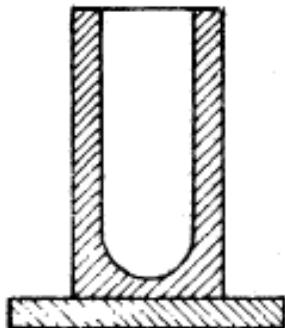
url11 Fundação Motor Ferrari.htm

SOLIDIFICAÇÃO

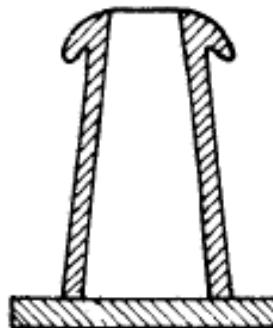
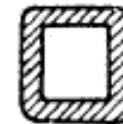
Moldes permanentes



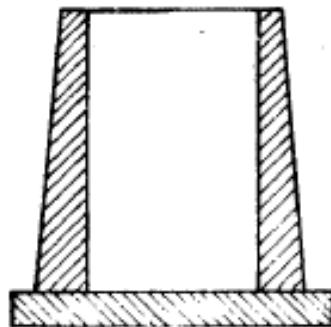
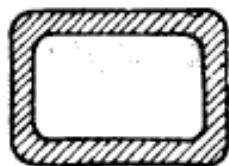
(a) – lingoteira horizontal



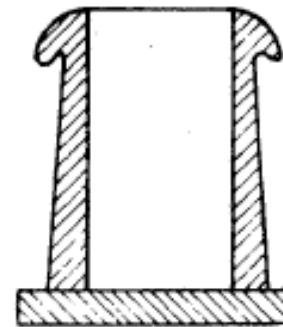
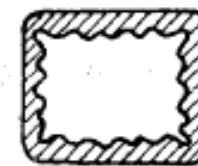
(b)



(c)



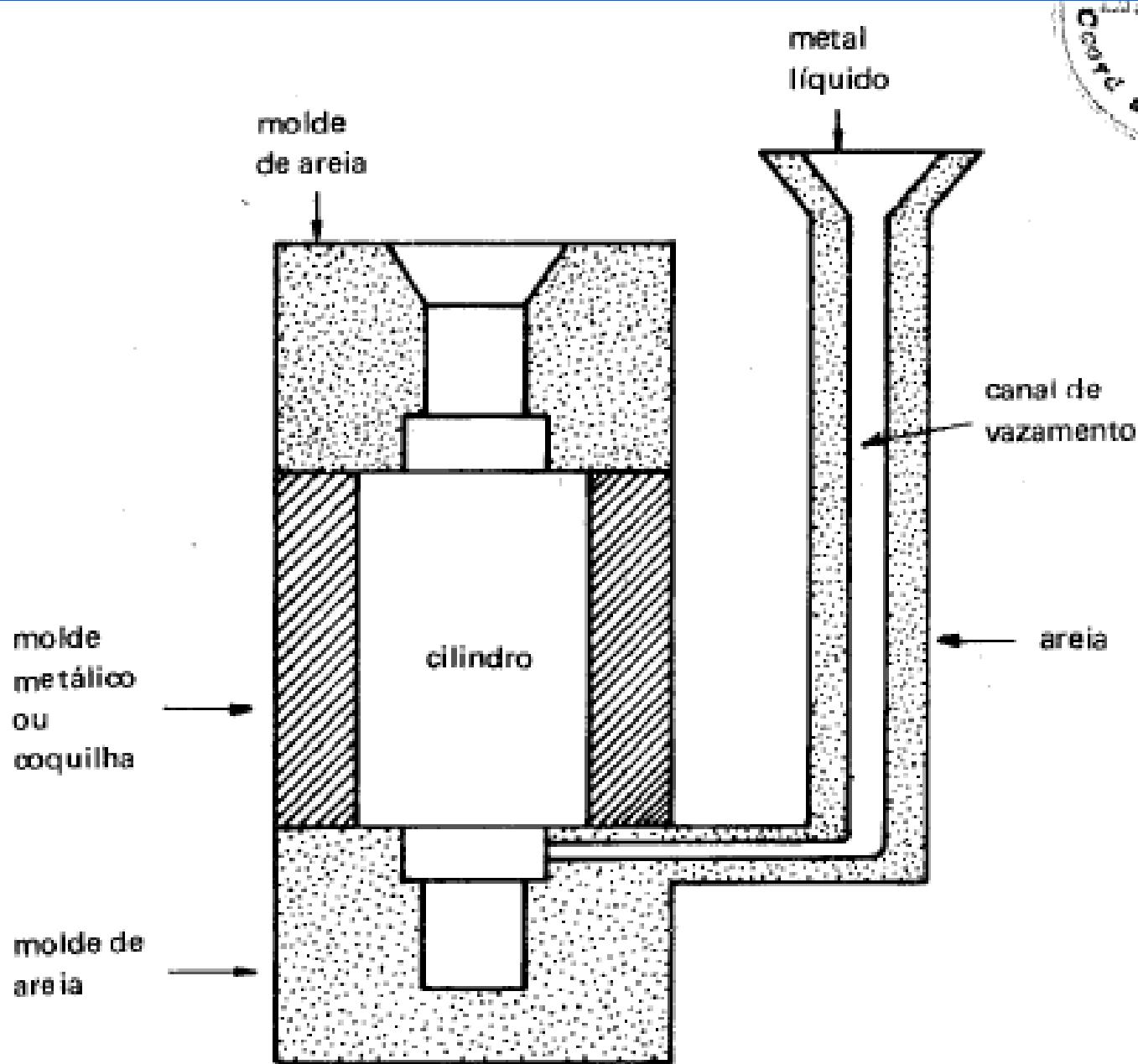
(d)



(e)

b - c - d - e - lingoteiras verticais

Molde permanente misto



Solidificação dos metais após a fusão

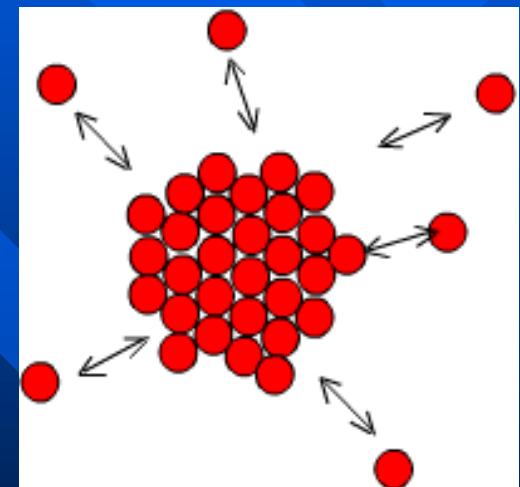
- Durante o resfriamento podem surgir diferentes descontinuidades no seio da massa metálica.
- Alguns tipos são removíveis com tratamento térmicos e/ou termo-mecânicos.
- Outros podem persistir e até evidenciarem-se no produto final.



Solidificação dos metais e ligas metálicas

- A temperatura de equilíbrio termodinâmico entre um sólido e seu respectivo líquido é a **temperatura de fusão** (= à $T_{\text{sólido}}$ apenas em substâncias puras e sistemas eutéticos)
- Não significa que a solidificação se inicia nesta Temperatura
- O estudo da solidificação envolve 2 abordagens distintas:

1. **Termodinâmica** → análise das energias envolvidas na solidificação.
2. **Cinética** → análise da velocidade com que os processos (de nucleação e crescimento) acontecem.



Fenômenos que ocorrem durante a solidificação do metal no interior dos moldes:

- Cristalização
- Contração de volume
- Segregação de impurezas
- Desprendimento de gases

1. Cristalização

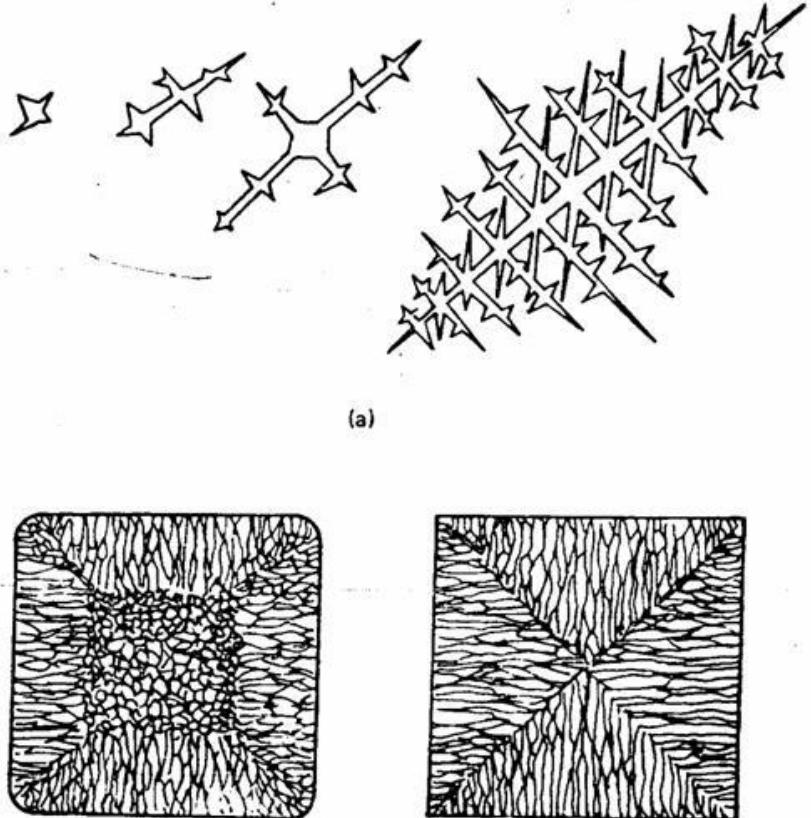
- surgimento das primeiras células cristalinas, que servem como núcleos para a formação e crescimento de cristais
- estrutura granular típica dos metais.



Cada eixo principal + eixos secundários =
dendrita → ramificação de árvores (dendron)

Dendrita → crescimento limitado → vizinha

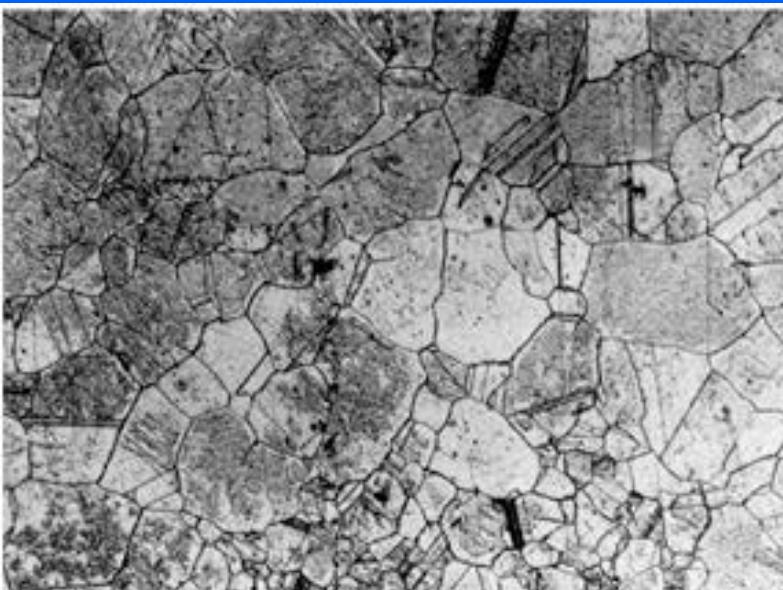
Solidificação completa → cada dendrita =
cristal de contornos irregulares = **grão**.



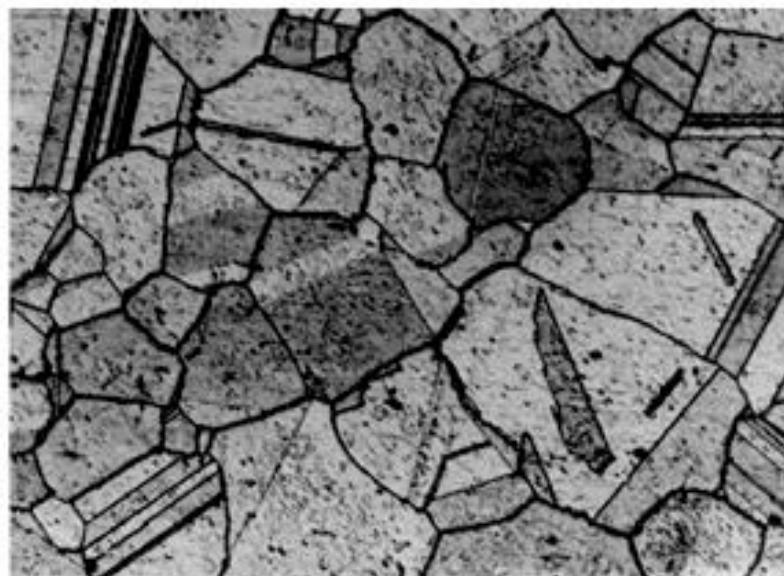
■ Dendritas formadas próximo às paredes do lingote → grãos alongados e perpendiculares → grãos colunares.

■ Dendritas formadas no centro do lingote → grãos ± equiaxiais.

- Metais → após solidificação → muitos grãos fortemente unidos → com orientação cristalográfica independente dos demais.



(a)

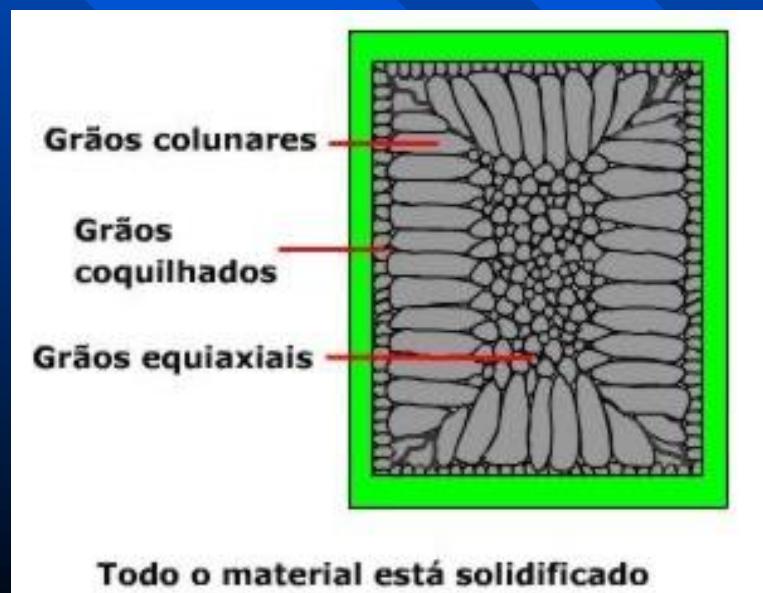
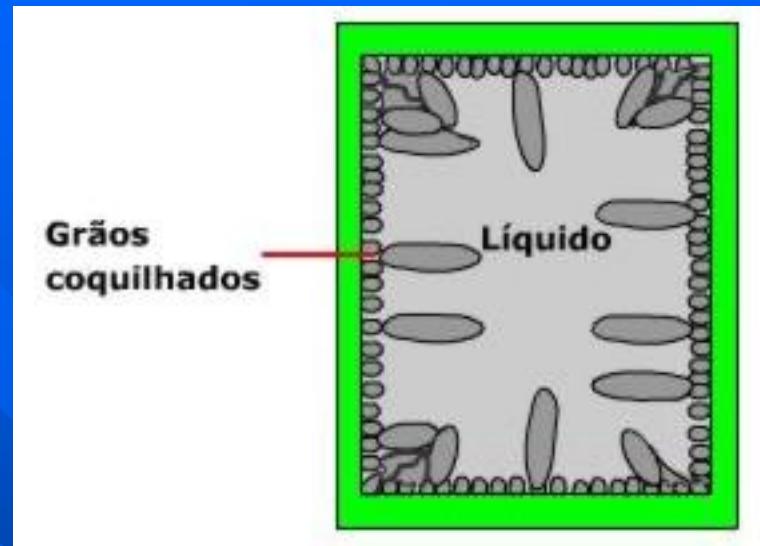
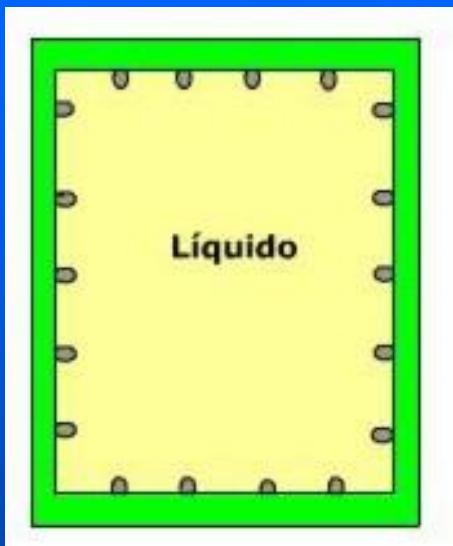


(b)

Liga de
Cu-Al-Ag
com diferentes
tamanhos de
grão

- Dendritas grandes → grãos grosseiros → maior quantidade de impurezas nos contornos de grão → propriedades mecânicas inferiores.

Resfriamento do lingote

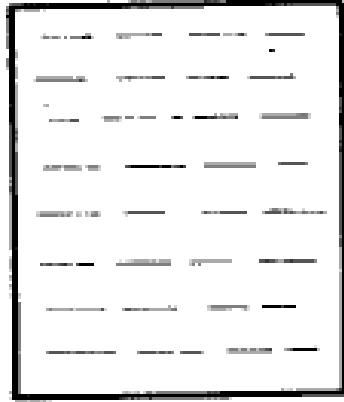


2. Contração de Volume*

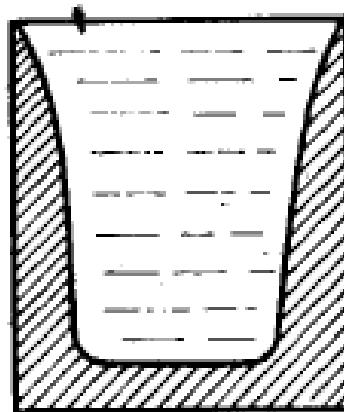
2. do estado líquido ao sólido ocorrem 3 contrações:
 - **Contração líquida:** ↓ da T até o início da solidificação.
 - **Contração de solidificação:** variação de volume durante a mudança de estado L→S.
 - **Contração sólida:** variação de volume que ocorre no estado sólido, entre a **T** fim de solidificação e a **T** ambiente.

*Expressa em % de volume. A contração sólida é expressa linearmente, para facilitar o projeto dos modelos.

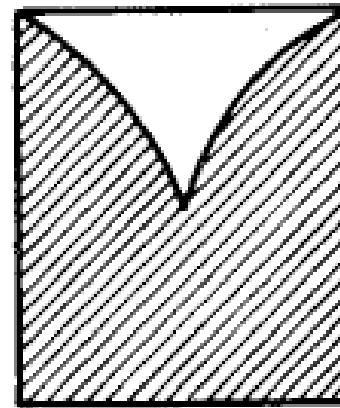
Contração durante a solidificação



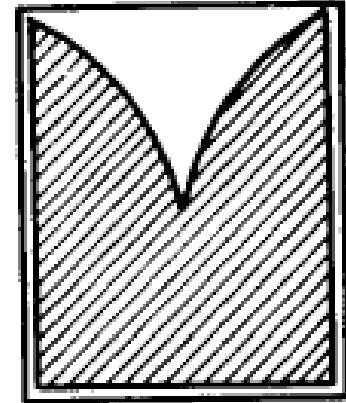
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2 Representação esquemática do fenômeno de contração, com o vazio ou “chupagem” resultante.

A contração depende da liga considerada (aços fundidos: 2,18-2,47%; Fo-Fos: 1-15%; Ni e ligas de Cu-Ni: 8-9%).

A contração dá origem a uma heterogeneidade conhecida como **vazio** ou **rechupe**.

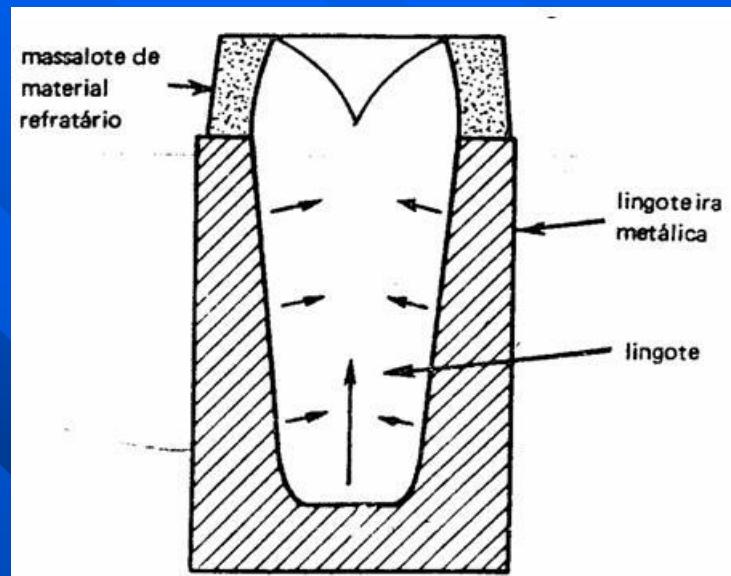
- Os vazios podem também estar localizados no interior das peças (próximos à superfície, porém invisível externamente)
- Os vazios ou rechupes podem ser controlados ou eliminados usando recursos adequados

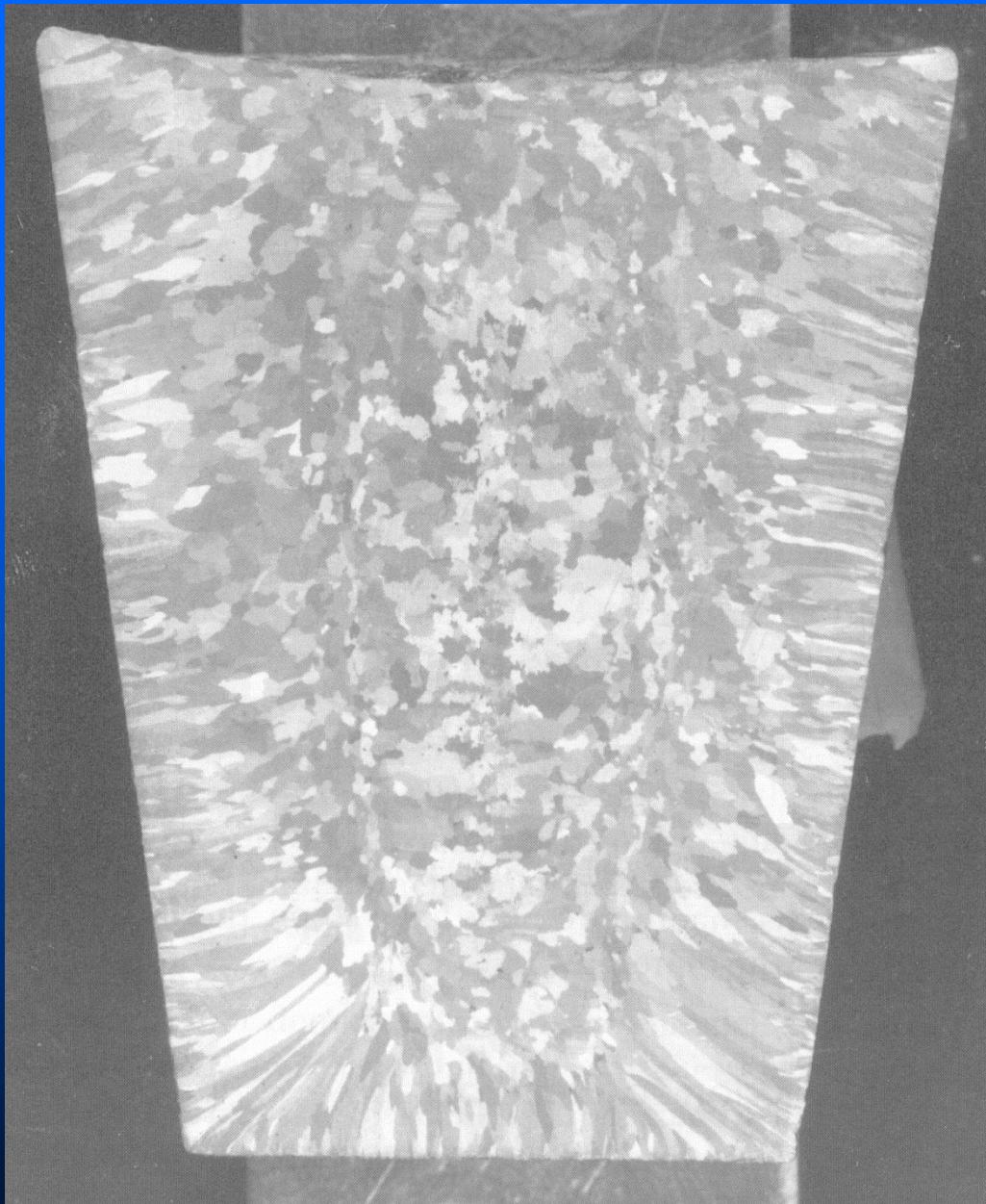
- exemplo de controle do **rechupe** na fundição de um lingote

É colocado sobre o topo da lingoteira uma peça postica de material refratário,
→ **cabeça quente ou massalote.**

Essa peça, de material refratário, retém o calor por mais tempo, e assim corresponderá a seção que solidificará por último.

→ **Nela ficará o rechupe!**





Fenômenos que ocorrem durante a solidificação do metal no interior dos moldes:

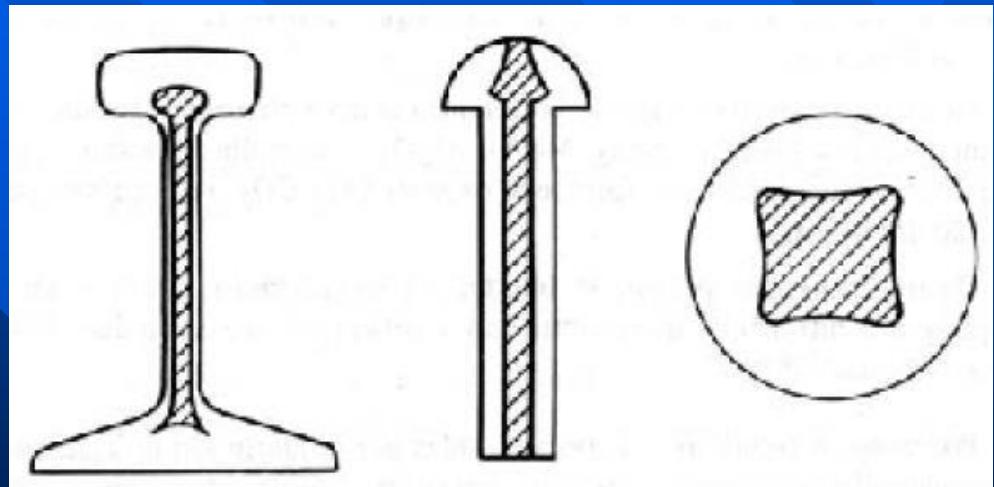
- Cristalização
- Contração de volume
- Segregação de impurezas
- Desprendimento de gases

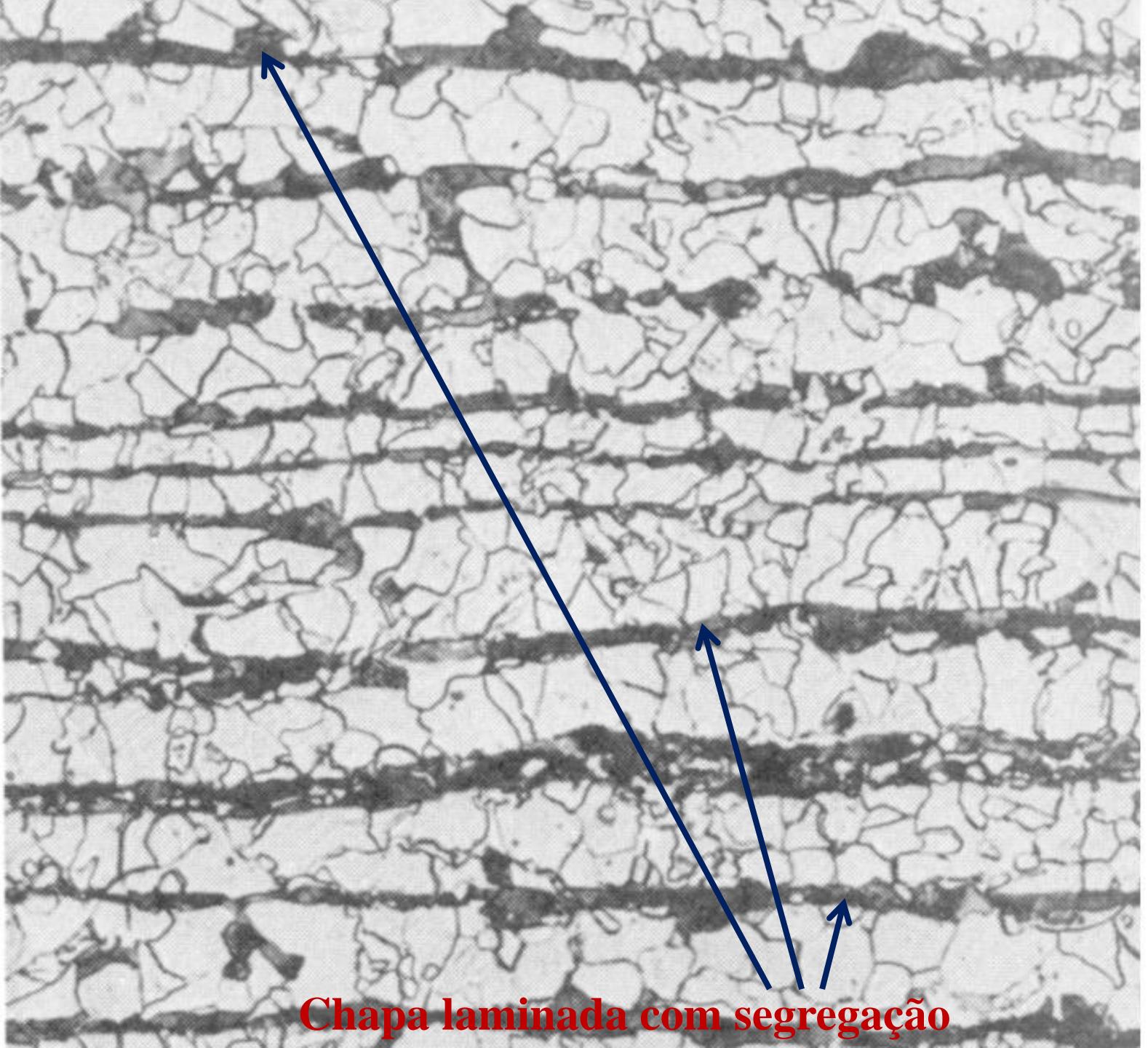
3. Concentração de impurezas

- Algumas impurezas comportam-se de maneira diferente, conforme o estado em que se encontra o metal (sólido ou líquido). Certas impurezas são menos solúveis no estado sólido ou no estado líquido.

- No caso das impurezas serem menos solúveis no estado sólido, elas vão acompanhando o metal líquido remanescente à medida que a solidificação se processa, acumulando-se na última seção solidificada.

A concentração de impurezas constitui o fenômeno conhecido como segregação





Chapa laminada com segregação

Problemas da presença da segregação

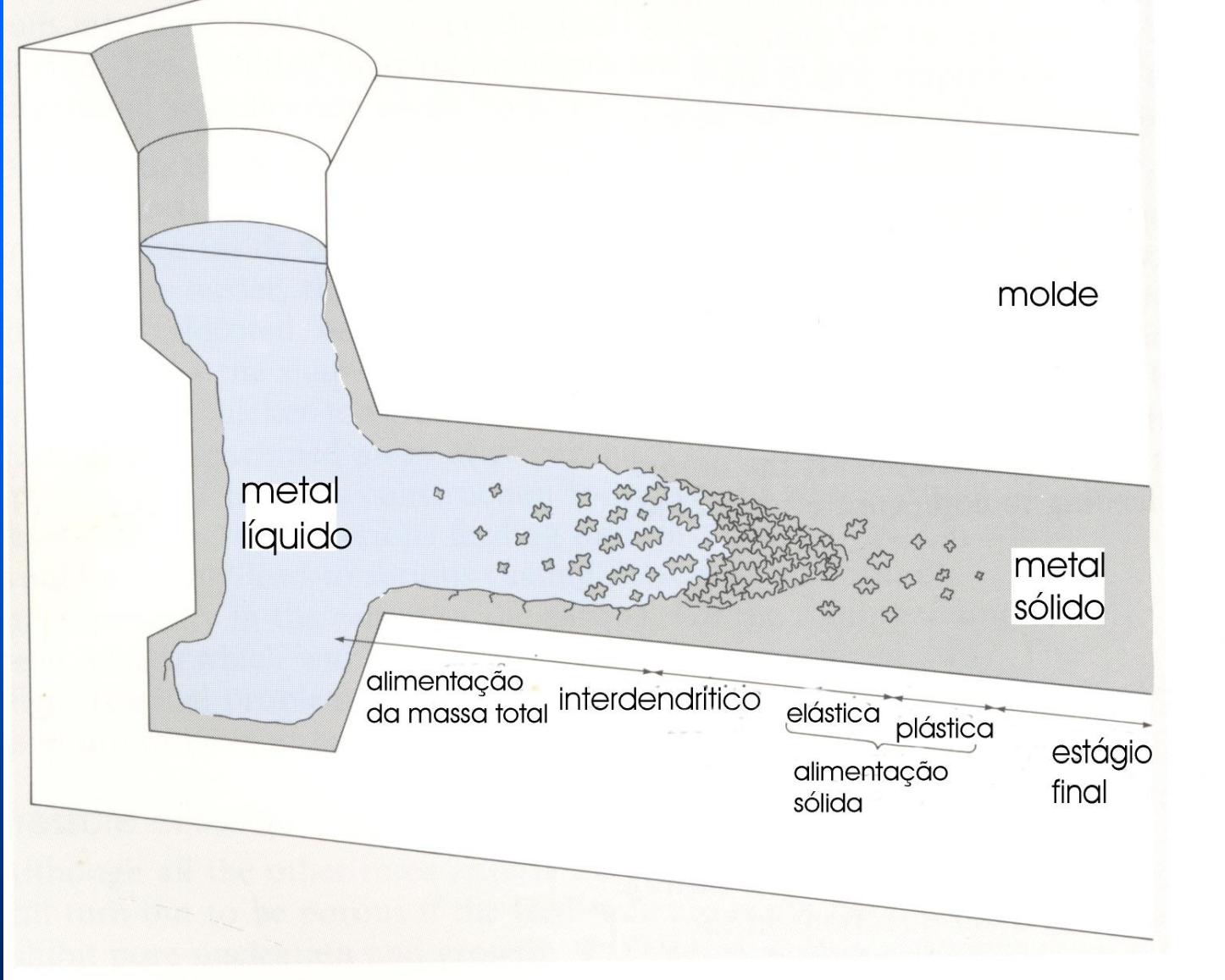
- O material apresenta composição química não uniforme e consequentemente propriedades mecânicas diferentes.
- As zonas segregadas geralmente localizam-se no interior da peça, onde as tensões são mais baixas, não constituindo um problema sério.
- A segregação pode ser minimizada pelo rigoroso controle da composição química e/ou da velocidade de resfriamento.

4. Desprendimento de Gases

- Ocorre principalmente nas ligas Fe-C
- O O₂ dissolvido no Fe tende a combinar-se com o C formando gases como CO e CO₂, que escapam facilmente para a atmosfera enquanto a liga estiver no estado líquido.

Quando a temperatura decresce para iniciar a solidificação, a viscosidade da massa líquida diminui, dificultando a fuga dos gases. Esses gases ficam retidos nas proximidades da superfície das peças, na forma de **bolhas**.

- ➔ Em aços baixo C as bolhas não são prejudiciais, já que nas temperaturas de conformação mecânica, as bolhas poderiam ser eliminadas por deformação.
- ➔ Em aços alto C, adicionam-se **desoxidantes** (Al, Si, Mn) que formam óxidos sólidos com o O₂, impedindo que este reaja com o C.



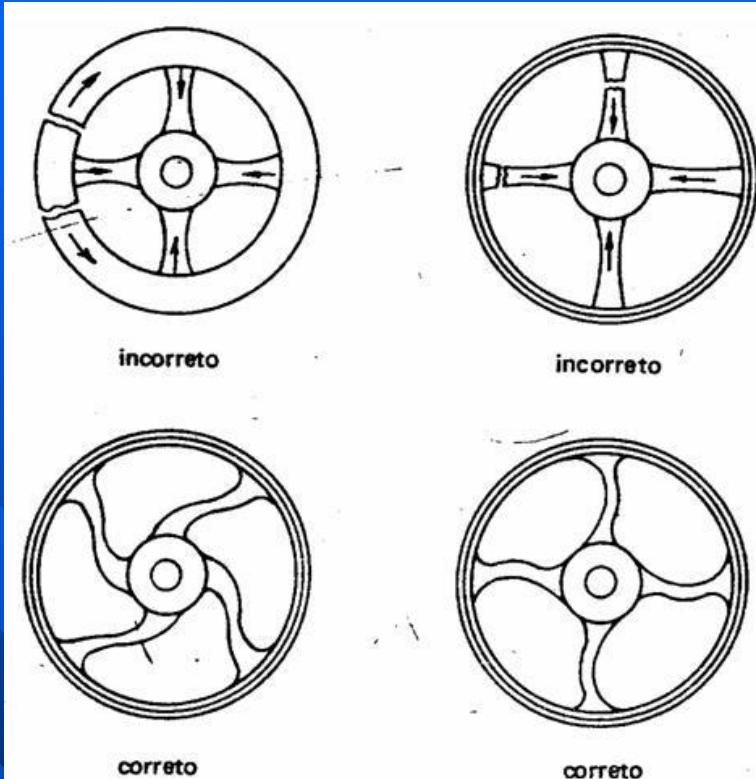
Vídeos solidificação

■ Outros inconvenientes da contração na solidificação:

1. trincas a quente
2. tensões residuais

→ Ambos podem ser controlados por um projeto adequado da peça.

→ As tensões podem ser eliminadas por tratamento térmico.



Resfriamento do lingote

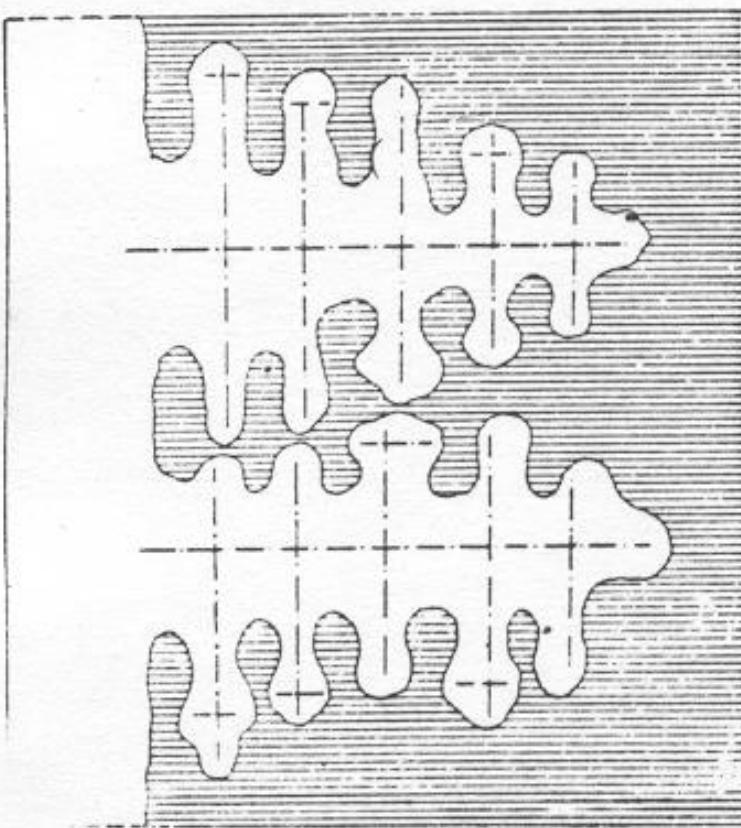


Fig. 26 — Desenvolvimento das dendritas junto às paredes dos moldes ou lingoteiras.

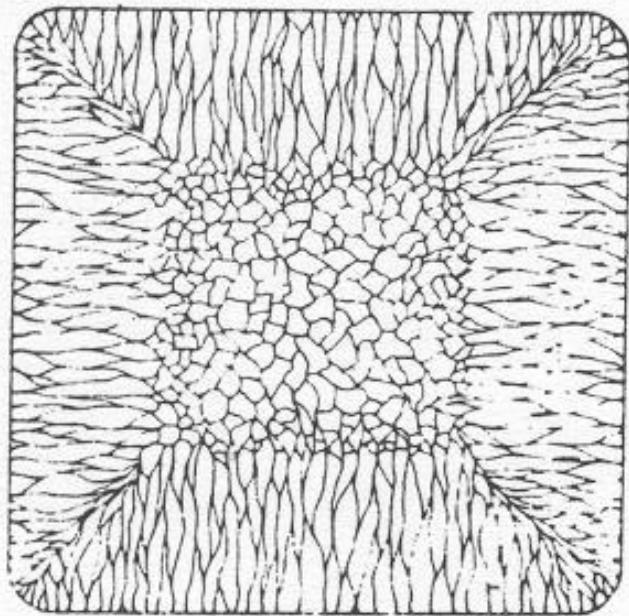
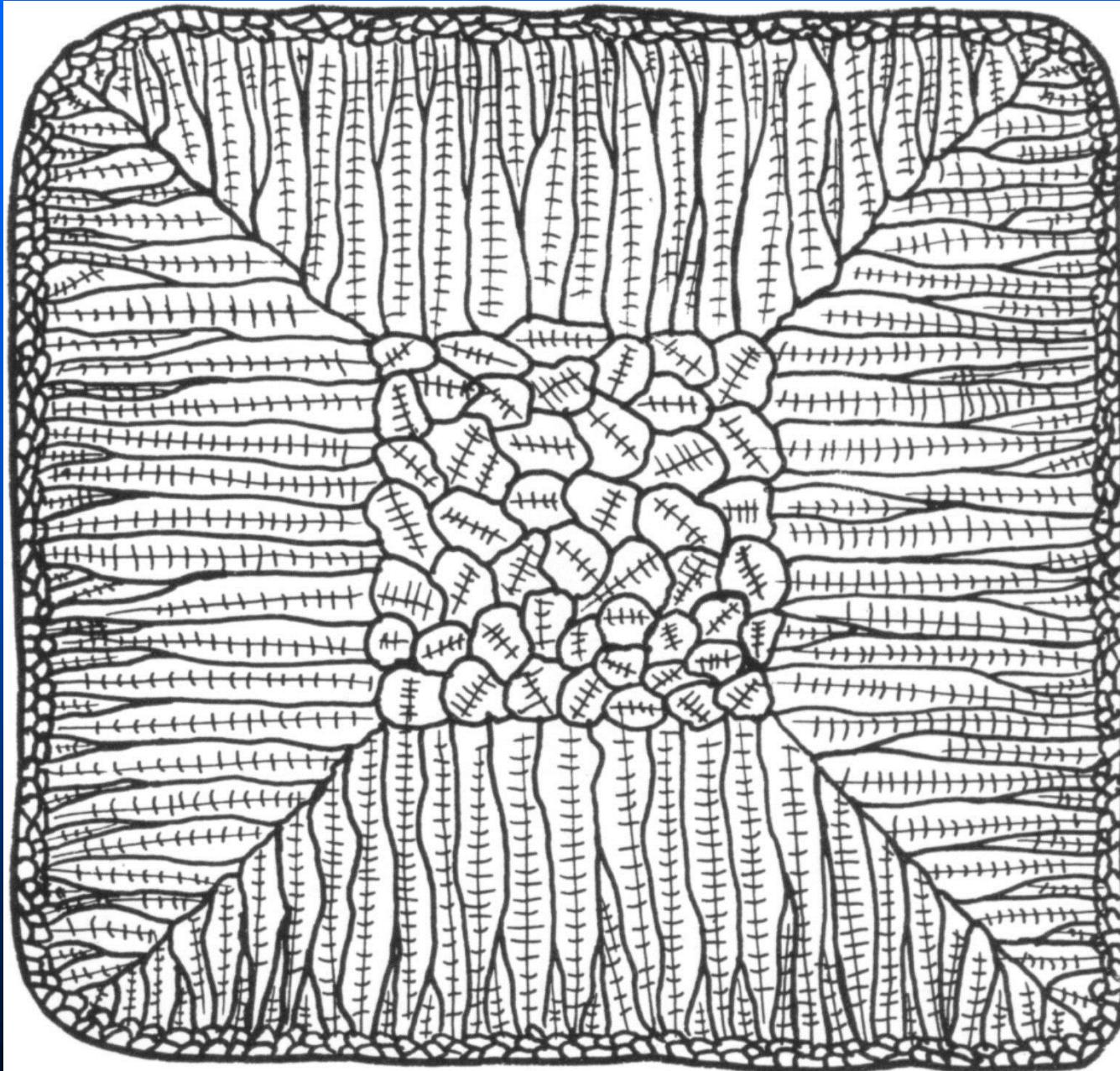
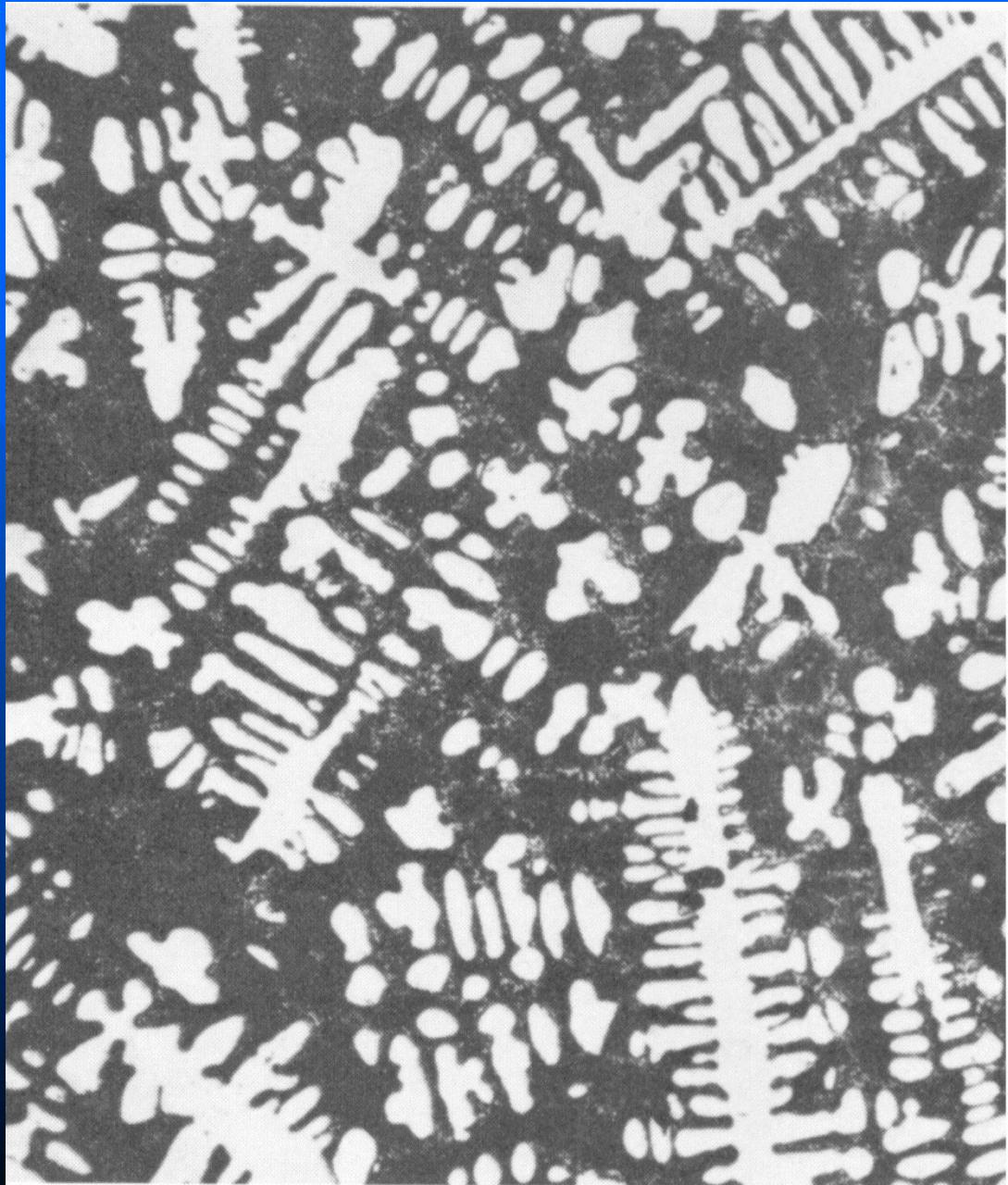


Fig. 27 — Grãos colunares convergindo para um núcleo central de grãos equiaxiais na secção transversal de um lingote prismático.

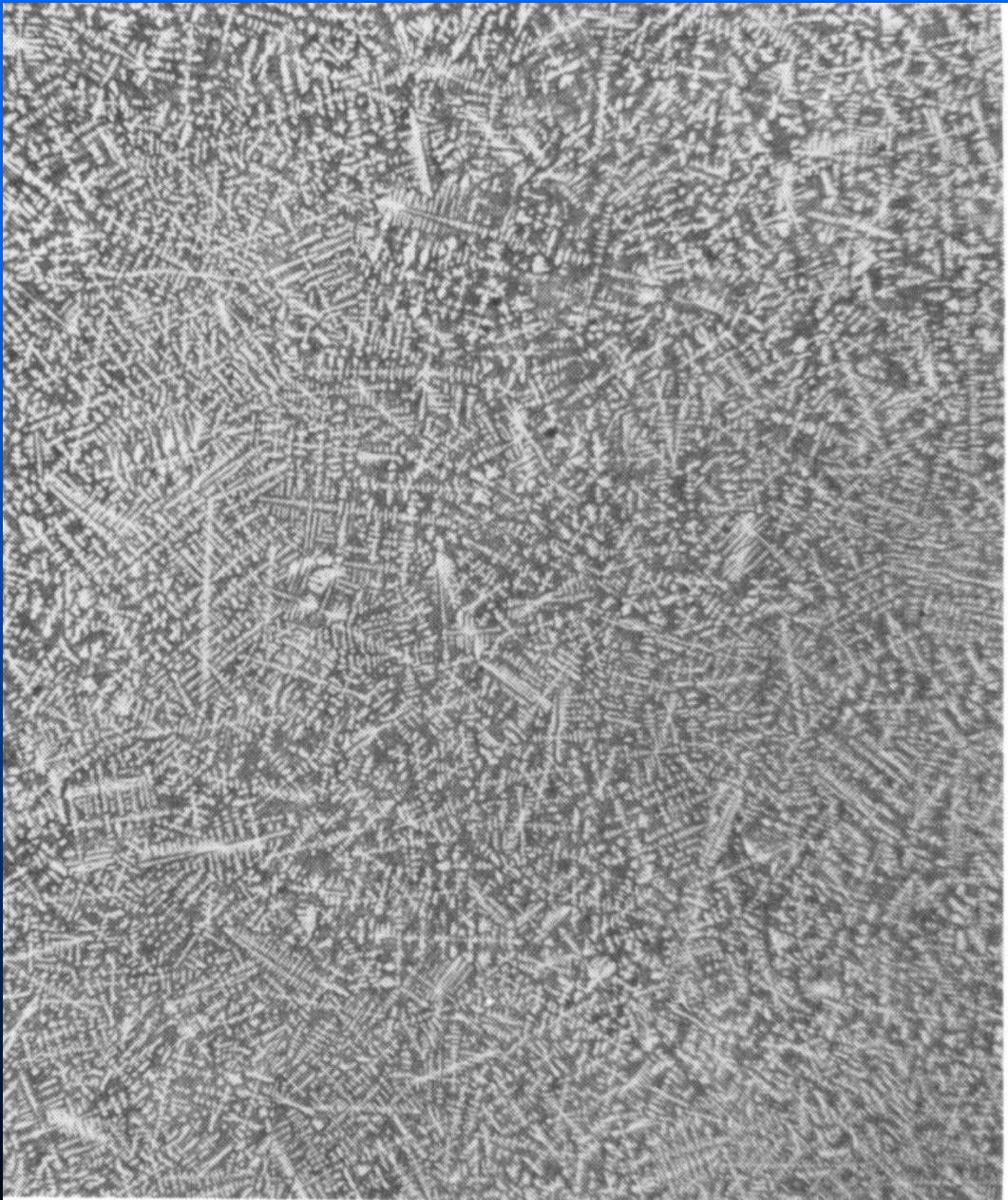
Solidificação de Fundido de Aço



Solidificação de Fundido de Nióbio



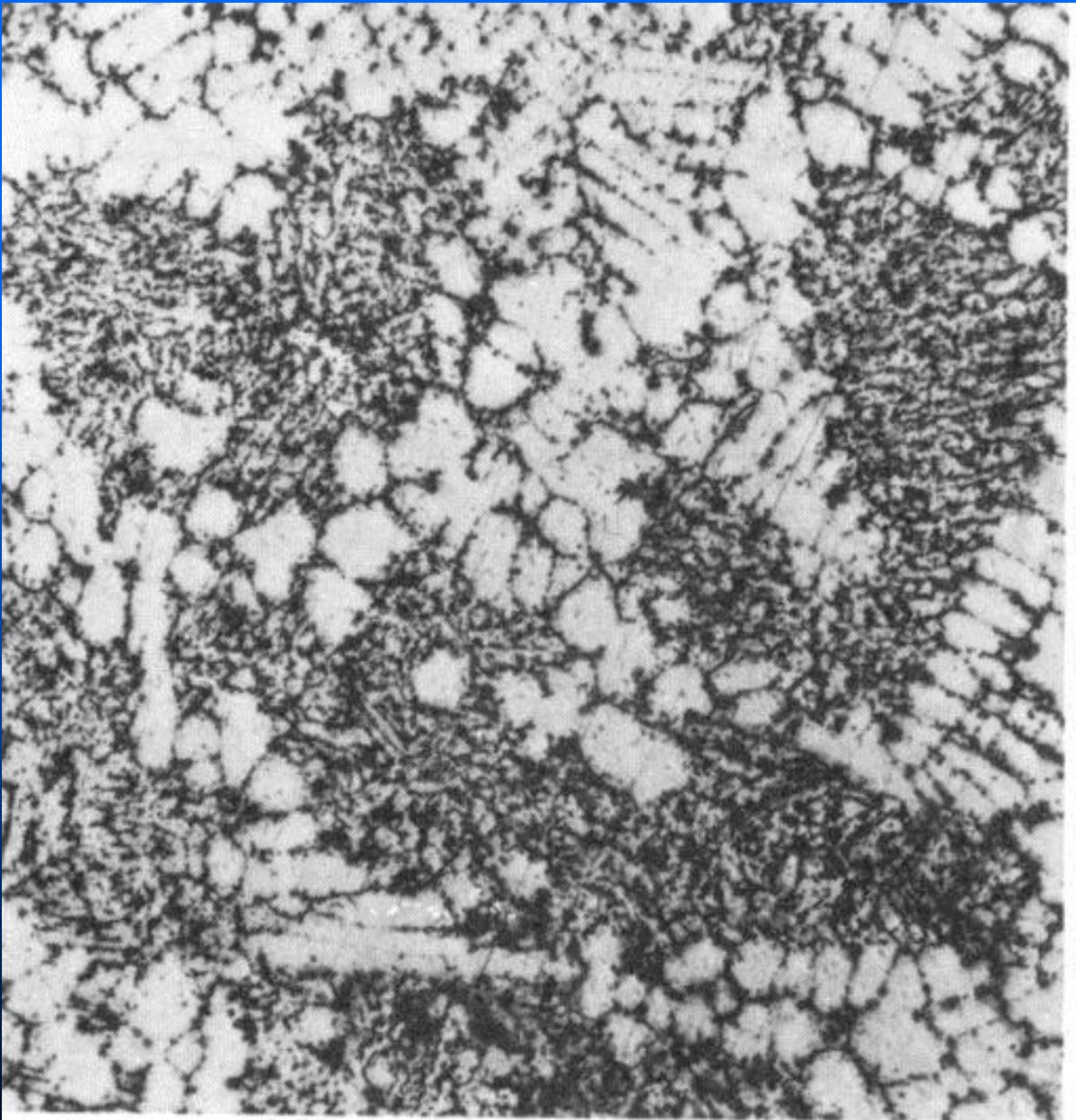
Solidificação de Fundido de Níquel



Solidificação de Fundido de Cobre



Solidificação de Fundido de Cobre



Segregação

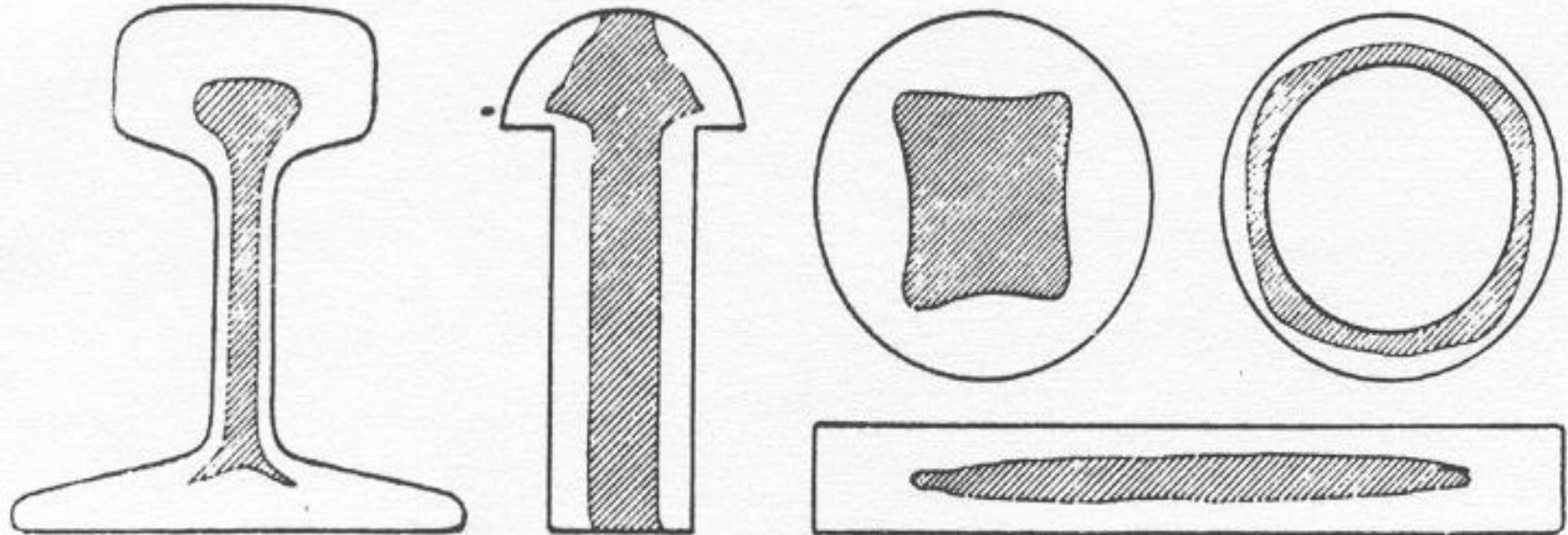


Fig. 23 — Disposição da segregação que freqüentemente se encontra nas secções de produtos laminados e forjados.

POROSIDADE

Causas:

Baixa temperatura de vazamento

Machos ou areia de moldagem úmidos

Turbulência excessiva durante o vazamento

Gases no molde ou no macho

Umidade em moldes e elementos de adição



Image provided by The Institute of British Foundrymen

BOLHA DE GÁS

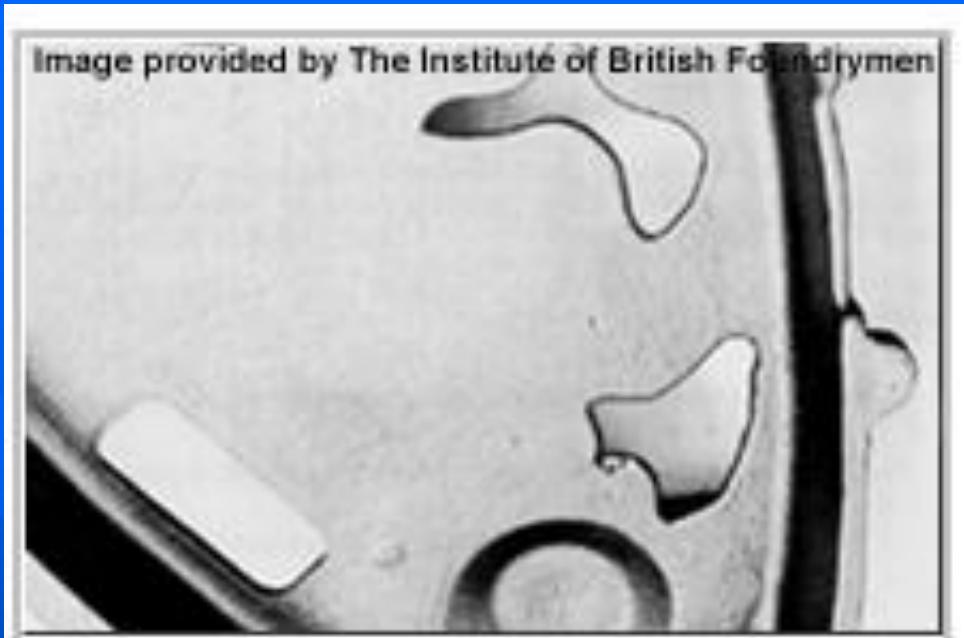


Problema

Orifícios redondos ocorrem no lado externo da peça fundida ou nas seções mais delgadas. Podem ser encontrados logo abaixo da superfície na usinagem.

Em casos severos, a seção da peça fundida pode ser perfurada. As cavidades podem apresentar superfície fosca ou brilhante dependendo de condições sob as quais elas foram formadas.

MAU ENCHIMENTO



Problema

Pode aparecer como:

Buracos nas seções finas de uma peça fundida. As bordas são suaves e bem arredondadas; a superfície do metal ao redor dos buracos suave e freqüentemente brilhante.

Como uma linha, quando duas correntes de metal se encontrar mas não se unem por fusão. Podem ocorrer fraturas ao longo dessa linha.

A superfície da peça fundida pode estar suave e brilhante. Reprodução ruim dos detalhes do molde.

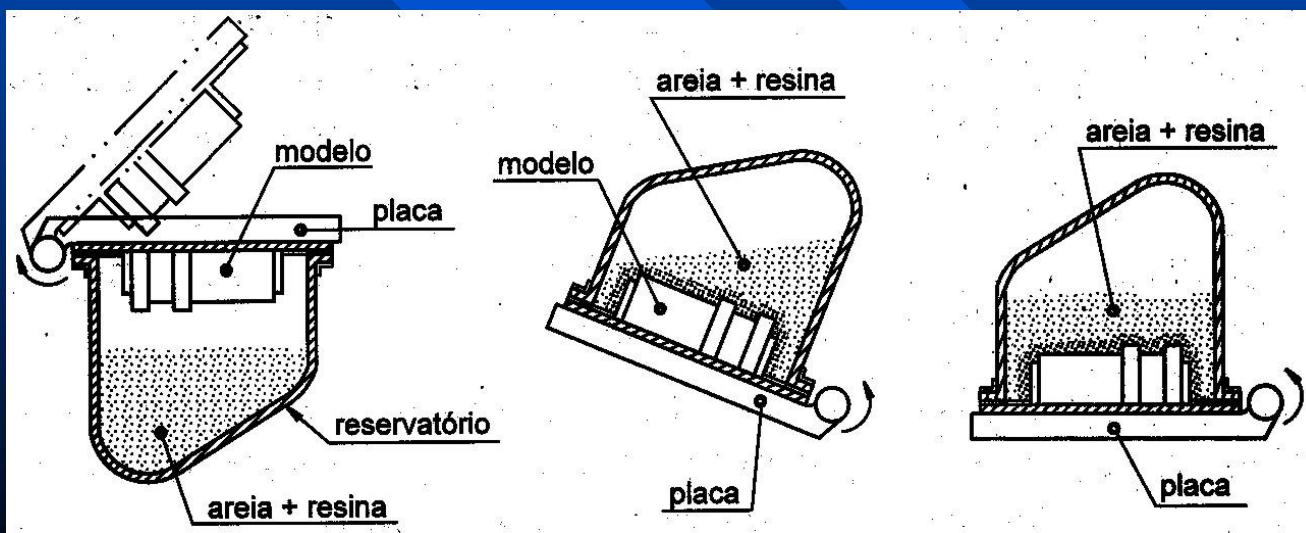
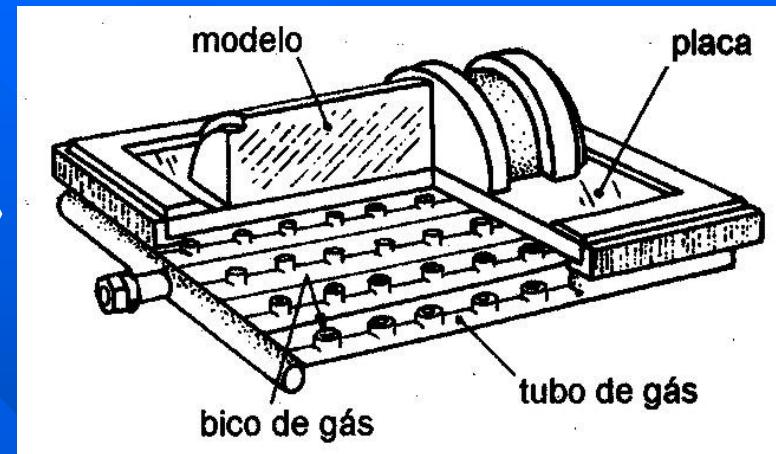
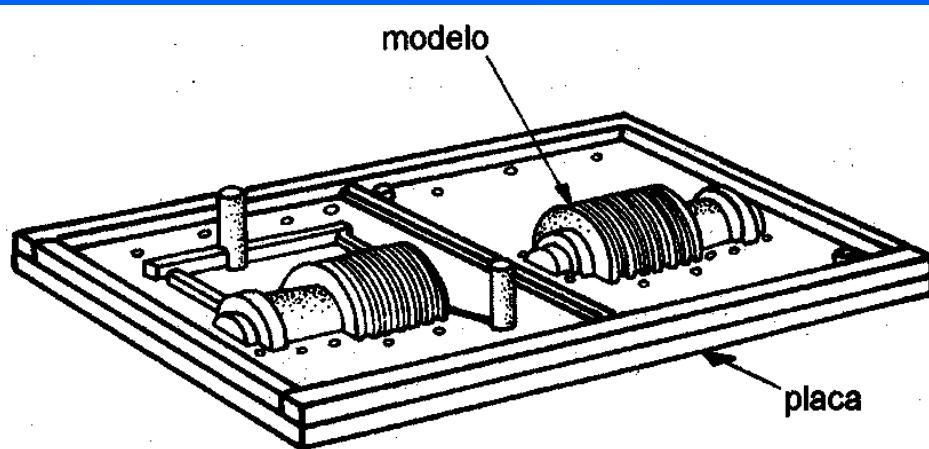
Fenômenos que ocorrem durante a solidificação do metal no interior dos moldes:

- Cristalização
- Contração de volume
- Segregação de impurezas
- Desprendimento de gases

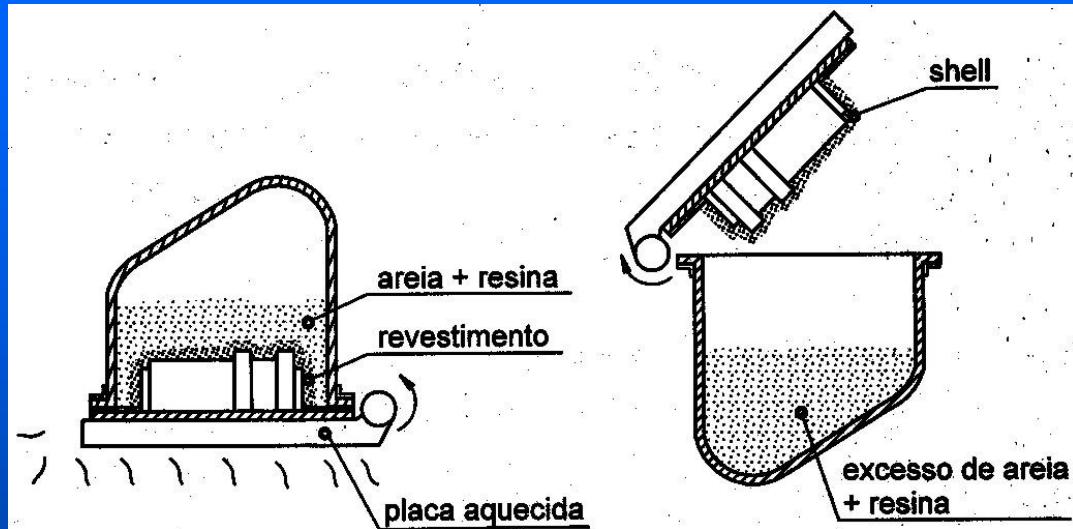
Shell Molding

- O uso das resinas foi um grande aperfeiçoamento na utilização de areia para a produção de moldes de fundição.
- A areia não precisa mais ser compactada porque o aglomerante tem a função de manter a liga entre os grão de areia.

Etapas do processo



Etapas do processo

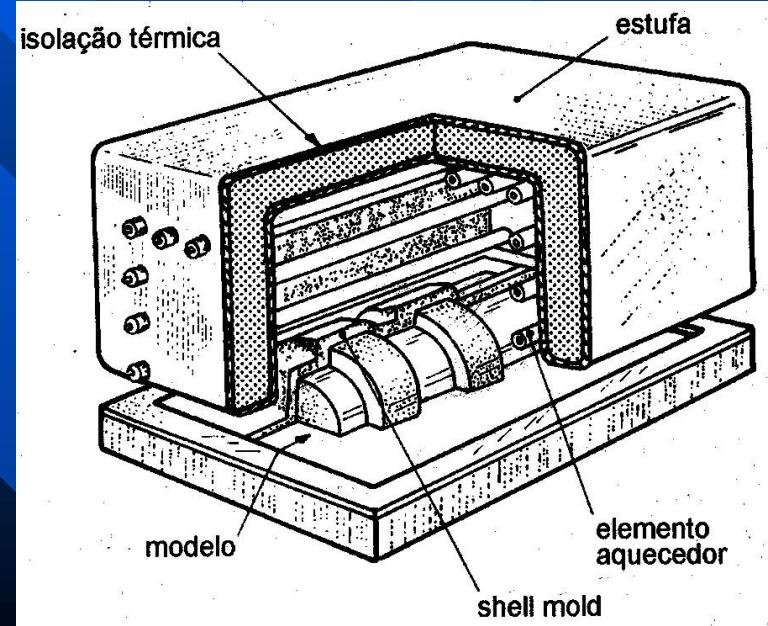


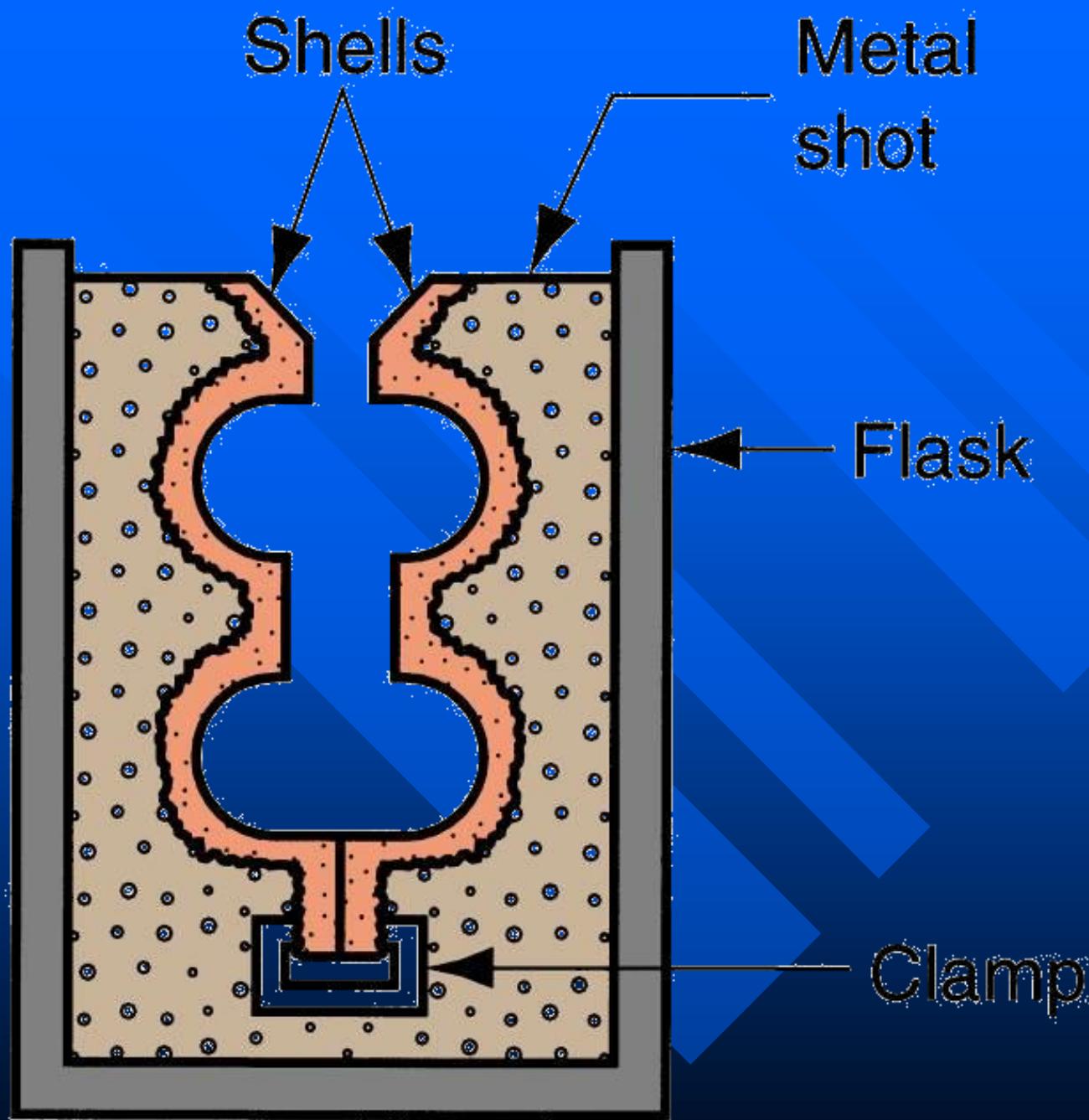
Reutilização dos moldes e machos

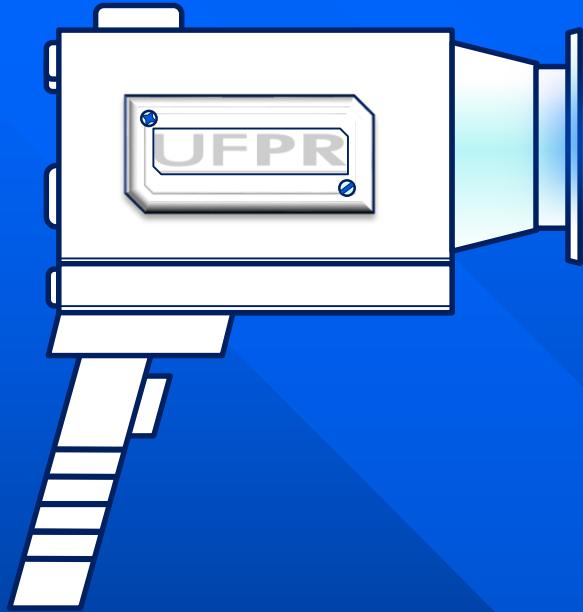
Bom acabamento superficial

Alta estabilidade dimensional para o molde

Adequado para peças pequenas e de formato complexo







LABATS
LABORATÓRIO DE ASPERSÃO TÉRMICA
E SOLDAGENS ESPECIAIS

**Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Engº.
Coordenador do Laboratório de Aspersão Térmica
e Soldagem Especiais - LABATS
Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC
Universidade Federal do Paraná - UFPR
Fone/Fax: 55 (41) 3361-3693
E-mail: ramon@ufpr.br**

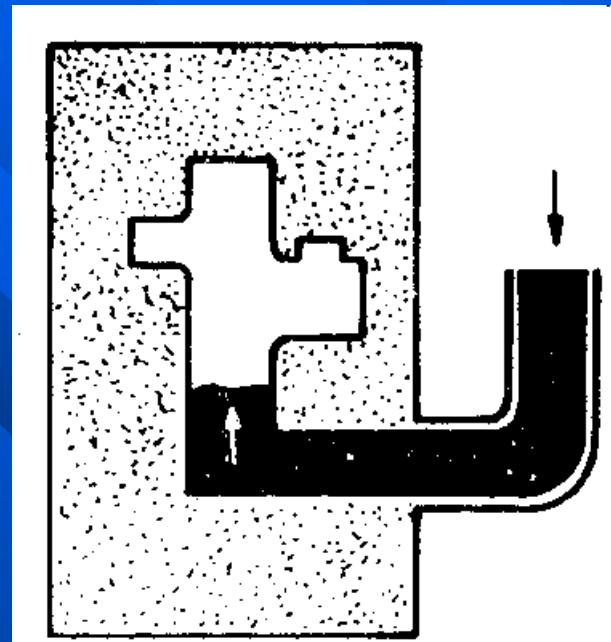
Fundição de precisão

Cera Perdida

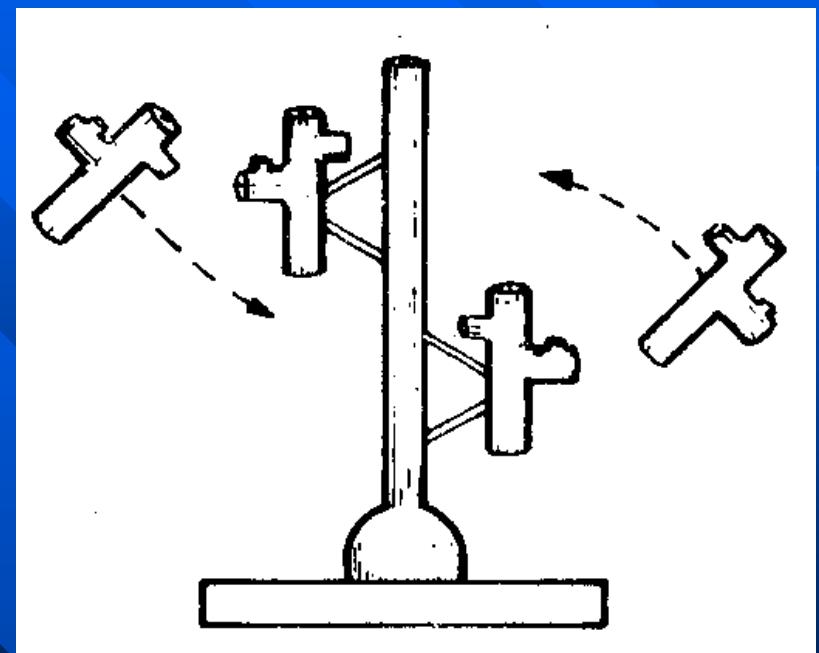
Fundição de precisão (cera perdida)

■ Etapas:

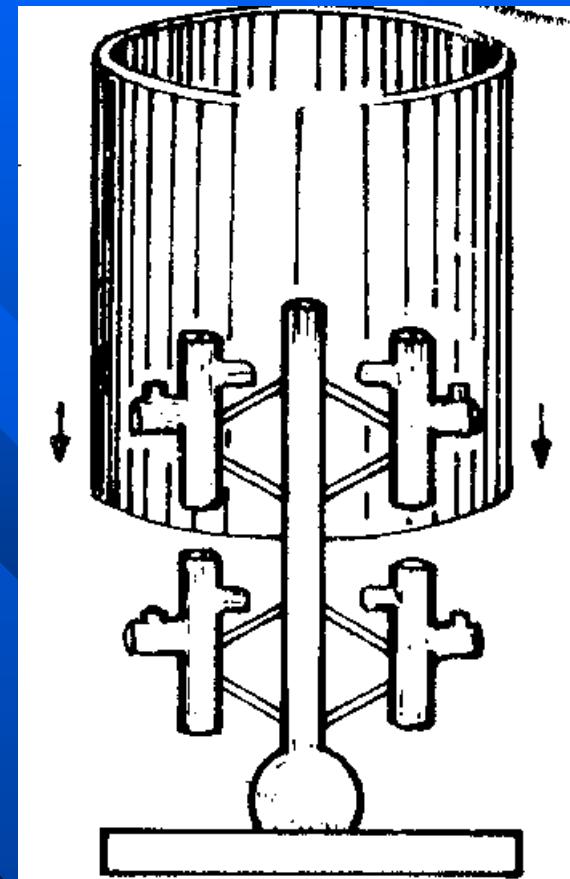
1. A cera é injetada no interior da matriz para fabricação dos modelos.



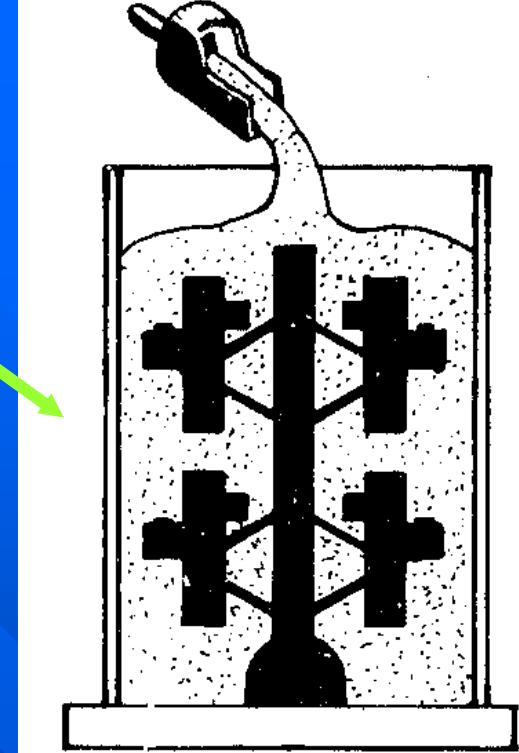
- 2. Os modelos de cera endurecida são ligados a uma canal central



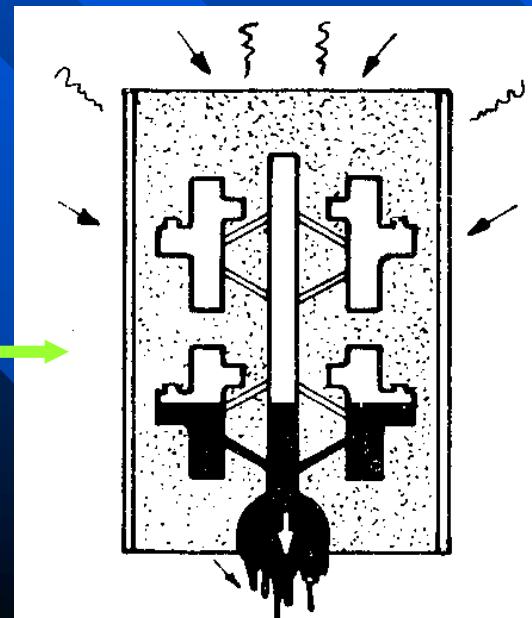
- 3. Um recipiente metálico é colocado ao redor do grupo de modelos



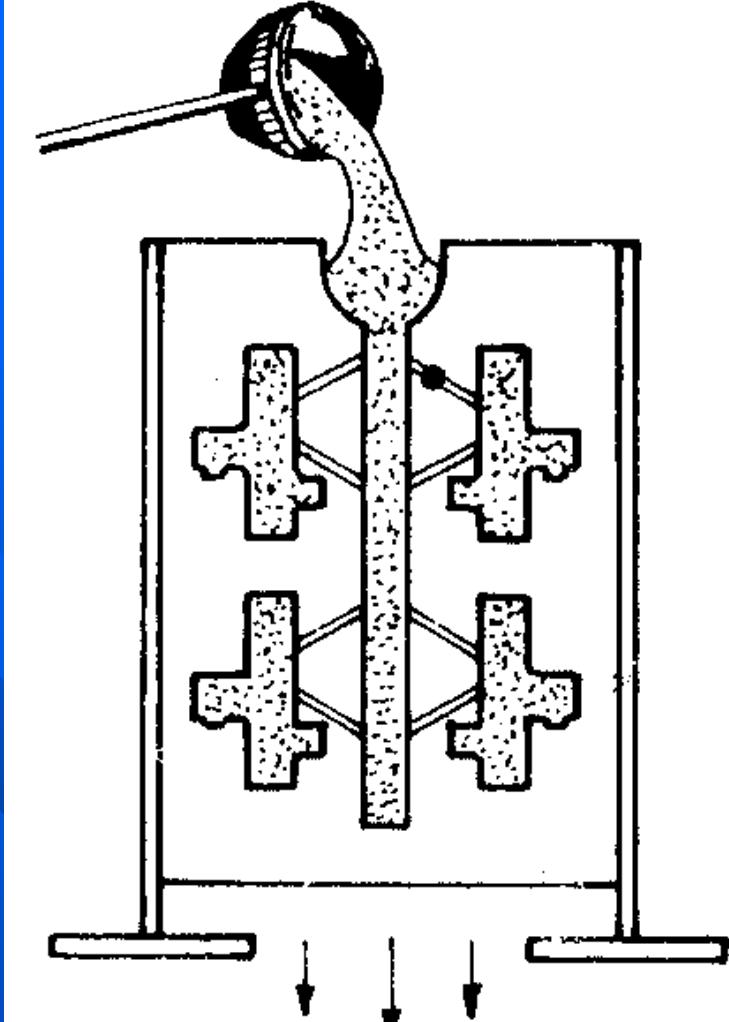
- 4. O recipiente é enchido com uma pasta refratária para confecção do molde.



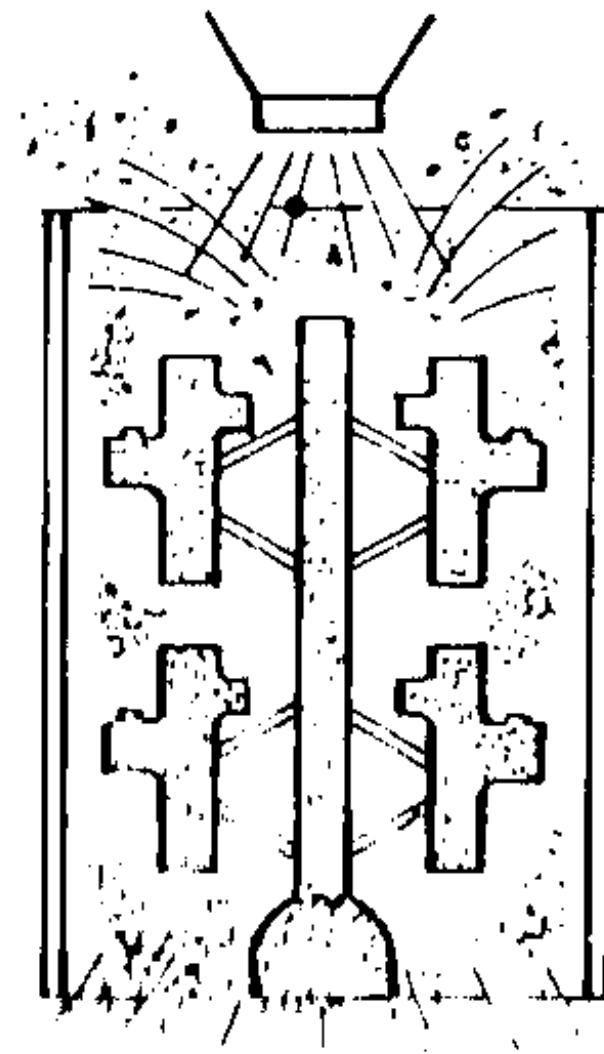
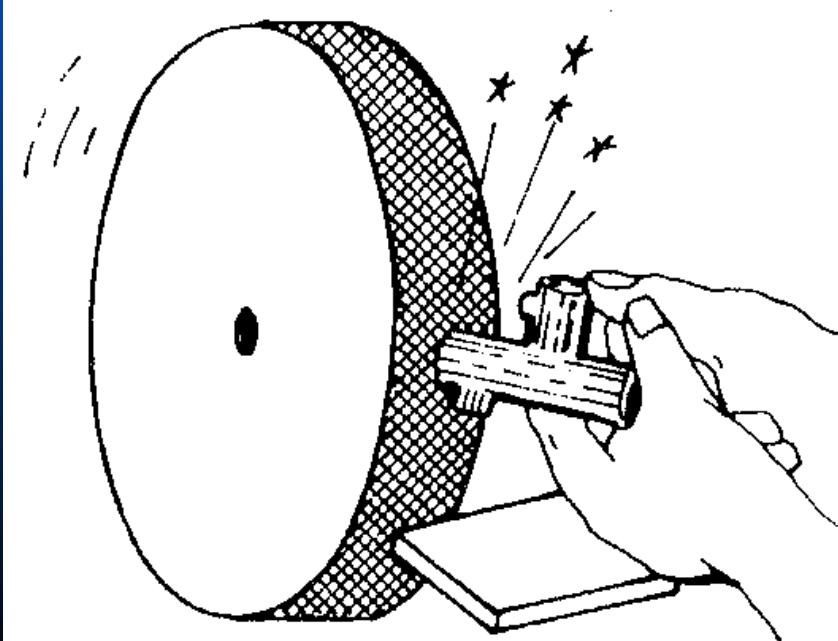
- 5. Após que o material refratário endurecer, por aquecimento externo, os modelos de cera são derretidos.



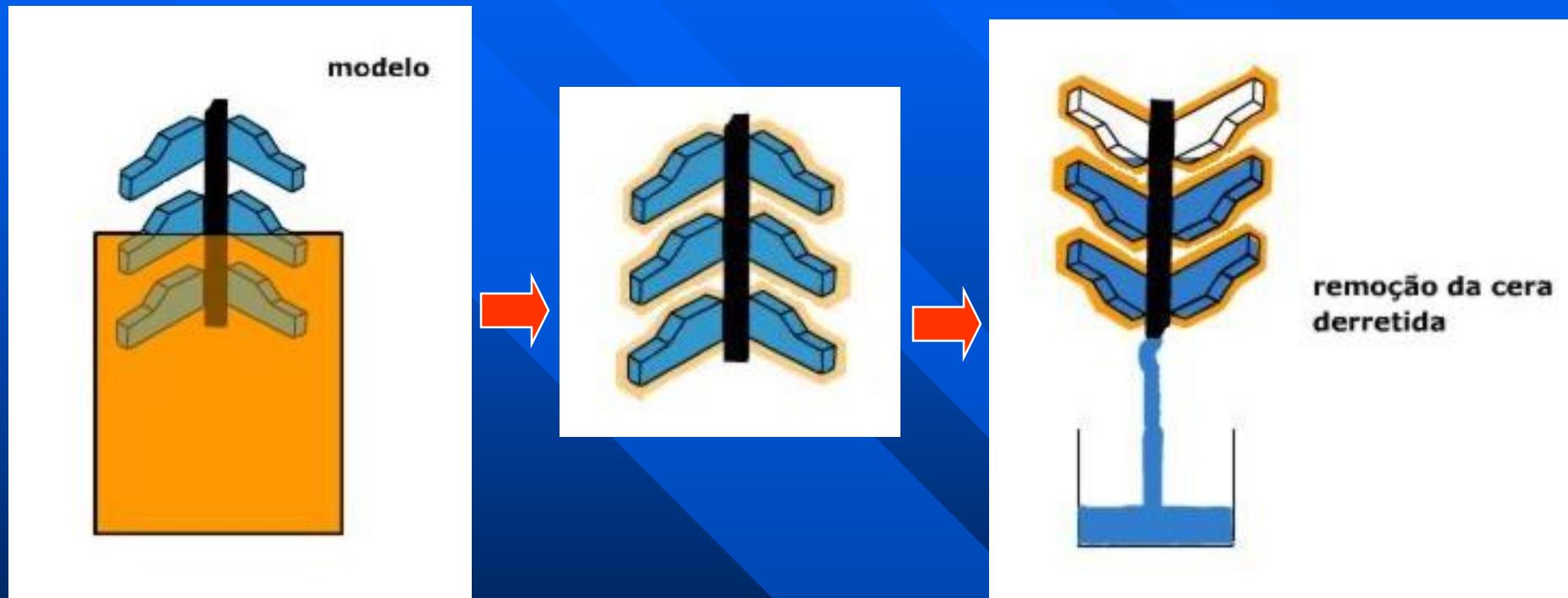
- 6. O molde aquecido é enchido do metal líquido por gravidade, a vácuo ou por força centrífuga.



- 7. O material do molde já solidificado é quebrado e as peças fundidas são retiradas e esmerilhadas quando necessário.



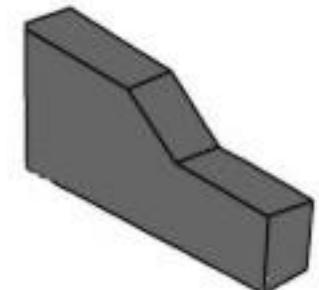
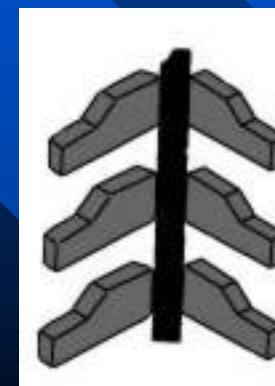
Fundição de precisão (cera perdida)



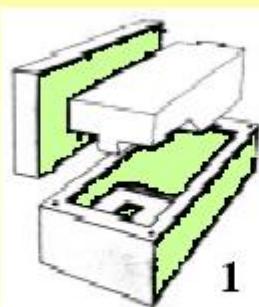
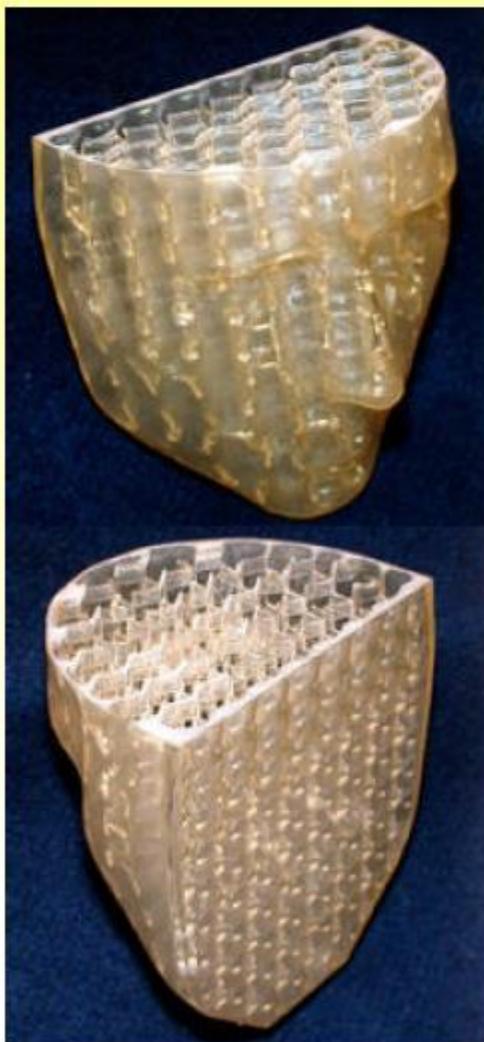
Fundição de precisão (cera perdida)



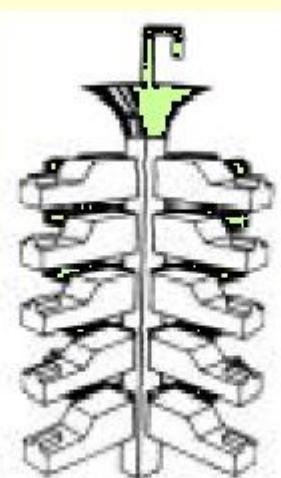
enchimento do molde



Moldação com Modelos Perdidos - Investment Casting Process - “Cera Perdida”



1. Elaboração dos modelos em cera
2. Construção da árvore de modelos
3. Imersão da árvore de modelos num banho de refratário de granulometria fina (lama refratária - revestimento primário)
4. Deposição de camadas de material refratário para constituição de um corpo em casca cerâmica auto-resistente



2

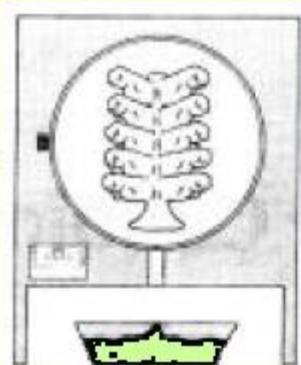


3

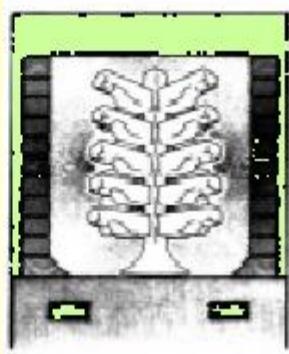


4

Moldação com Modelos Perdidos - Investment Casting Process - “Cera Perdida”



5



6



7

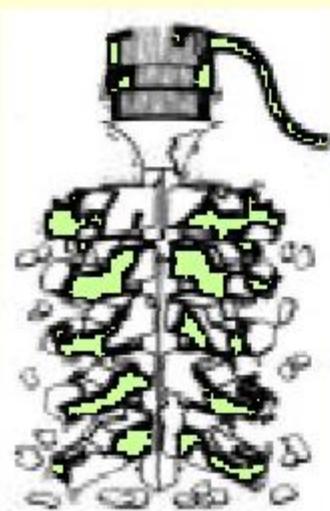
5. Destruição do modelo de cera por fusão

6. Cozimento do material cerâmico da moldação para conclusão do processo de presa

7. Vazamento do metal fundido

8. Abatimento da moldação

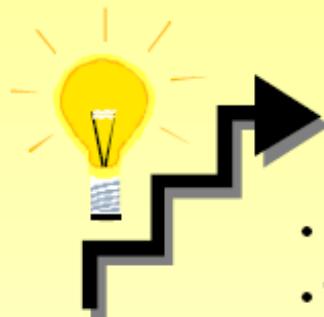
9. Corte dos gitos, acabamento das peças e controlo dimensional



8



Moldação com Modelos Perdidos - Investment Casting Process - “Cera Perdida”



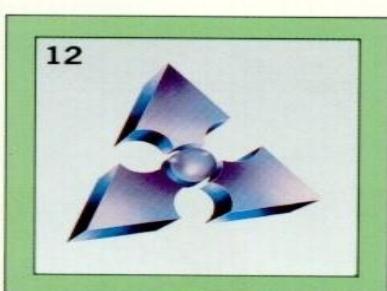
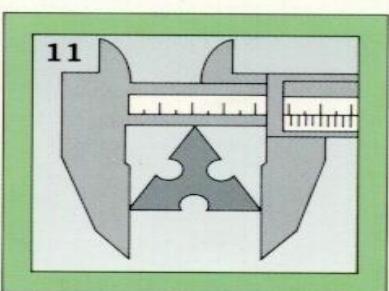
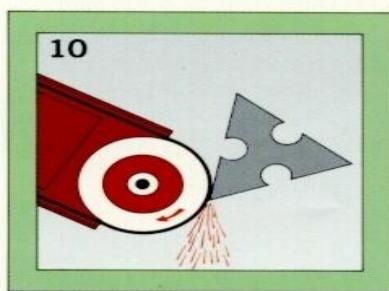
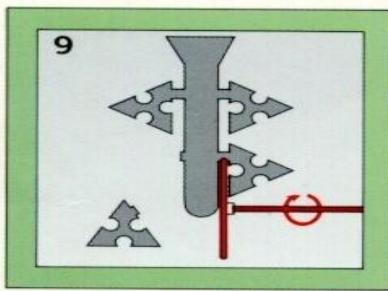
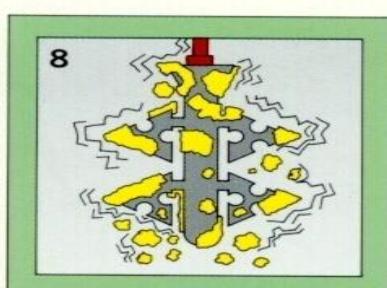
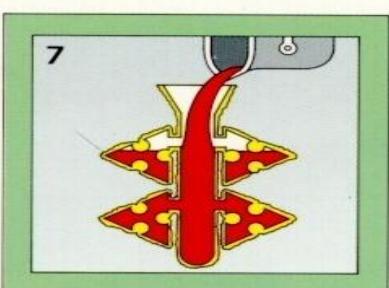
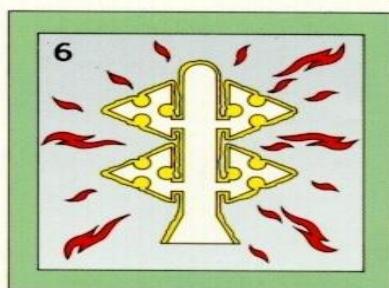
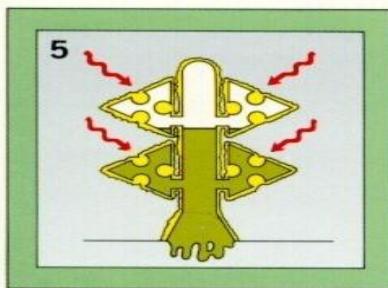
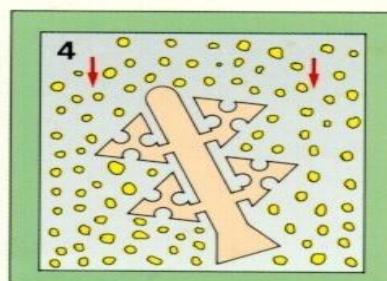
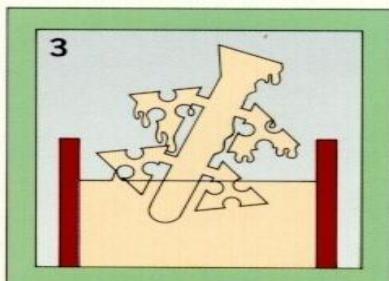
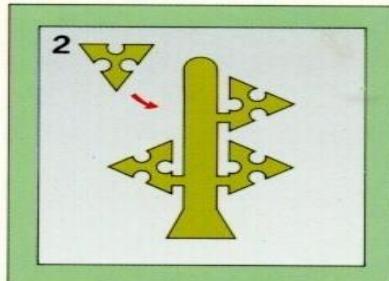
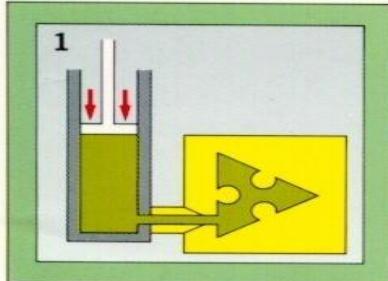
Vantagens

- Flexibilidade de forma
- Tolerâncias dimensionais apertadas
- Grande produtividade
- Elevado rigor dimensional
- Bom acabamento superficial
- Baixo custo comparativamente com a maquinagem convencional
- Grande variedade de materiais utilizados
- Peças sem linhas de partição
- Espessuras mínimas inferiores às obtidas por Shell Molding

Desvantagens



- Peças de pequenas e médias dimensões
- Processo moroso e exigente de obtenção dos modelos



1 INJEÇÃO DOS MODELOS

2 MONTAGEM DOS CACHOS

3 REVESTIMENTO COM LAMA REFRATÁRIA

4 REVESTIMENTO COM REFRATÁRIO GRANULADO

5 ELIMINAÇÃO DA CERA

6 CALCINAÇÃO

7 VAZAMENTO

8 DESMOLDAGEM

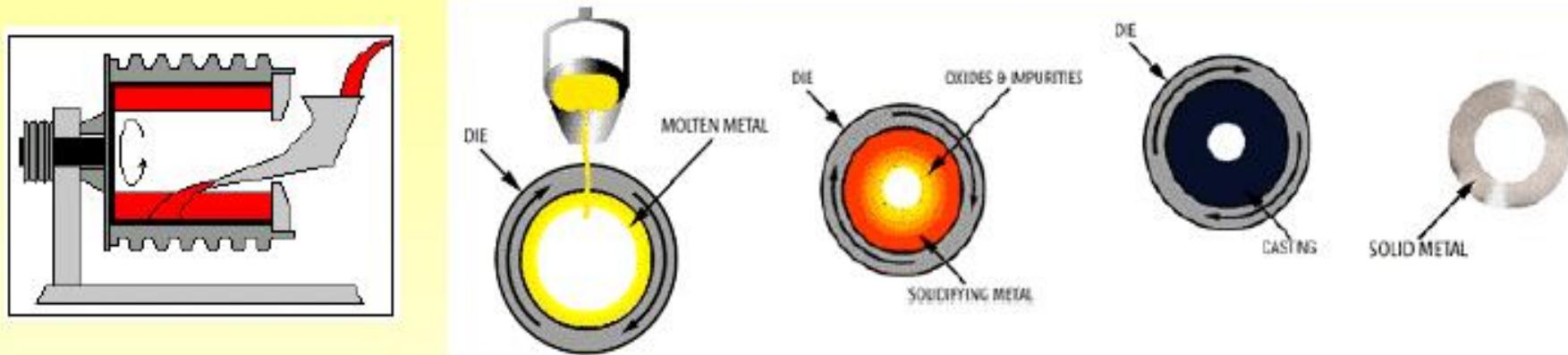
9 CORTE DAS PEÇAS DO CACHO

10. LIXAMENTO CANAL DE ATAQUE

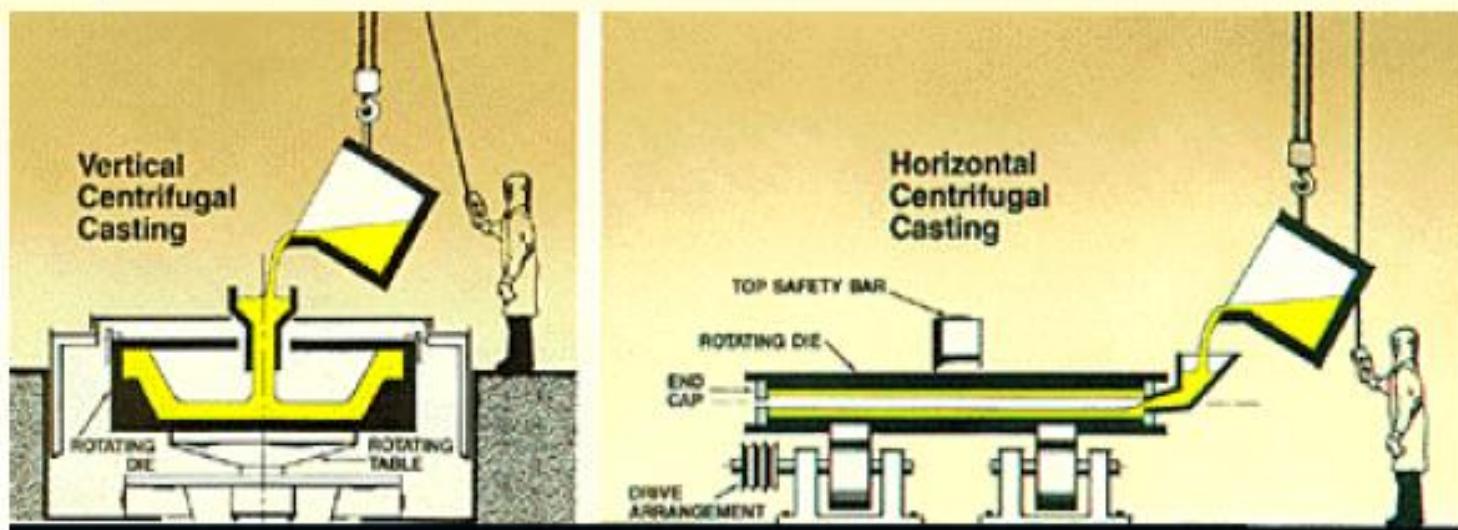
11. INSPEÇÃO VISUAL/DIMENSIONAL...

12. EXPEDIÇÃO

Fundição sob Pressão de Centrifugação



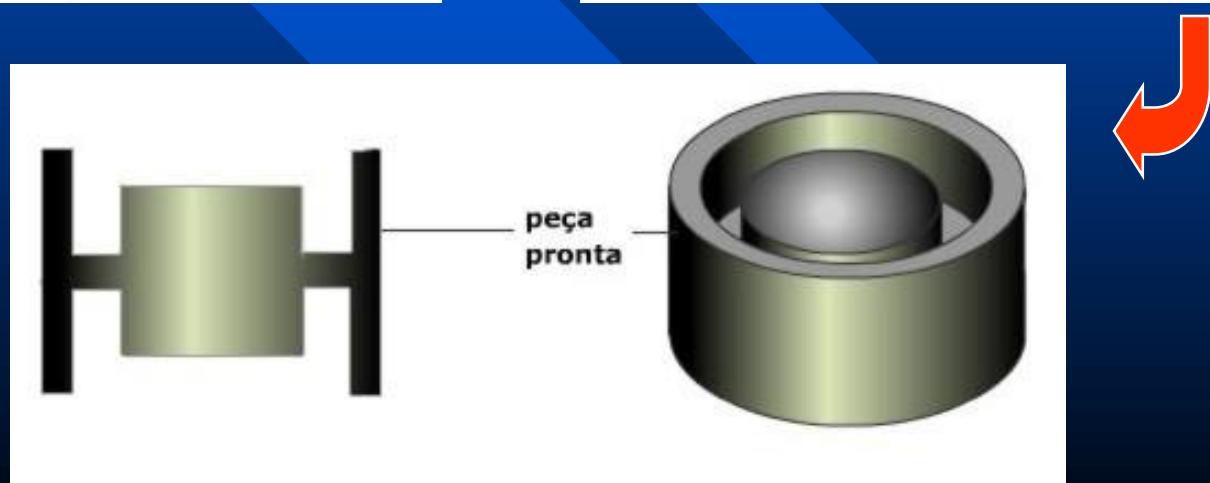
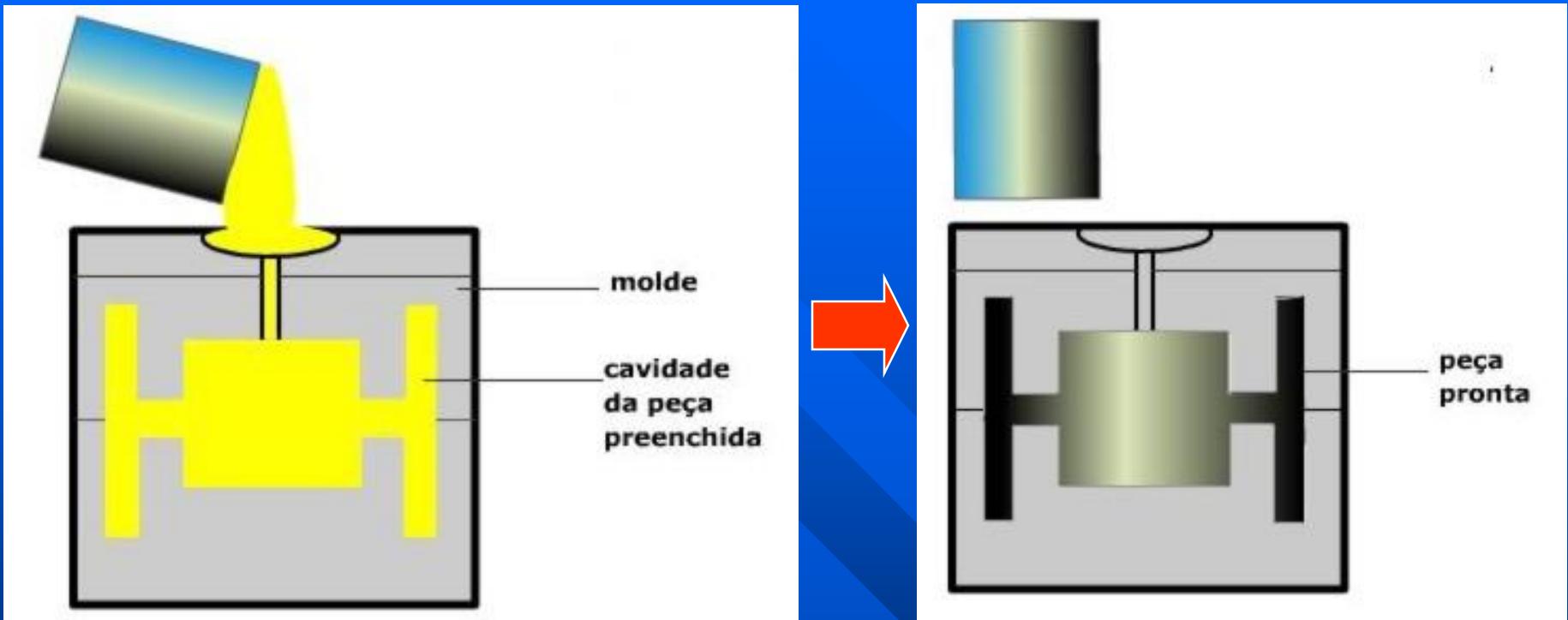
Fundição sob Pressão de Centrifugação Vertical e Horizontal



Fundição sob Pressão de Centrifugação - Aplicações



Moldes permanentes Por Gravidade



<i>Tipo de Força</i>	<i>Tipo de Molde</i>
Por gravidade	Areia verde (molde descartável)
	Em casca (shell molding)
	Molde permanente (molde metálico, bipartido)
	Cera perdida (molde e modelo são descartáveis)
Por pressão	Injeção (molde metálico).



- Processos de Fundição

- 5.1. Fundição em Areia – Solidificação/Defeitos

- Shell Molding

- 5.2. Fundição de Precisão – Shell Molding/Cera Perdida

- 5.3. Fundição por Centrifugação

- 5.4. Fundição por Coquilhamento

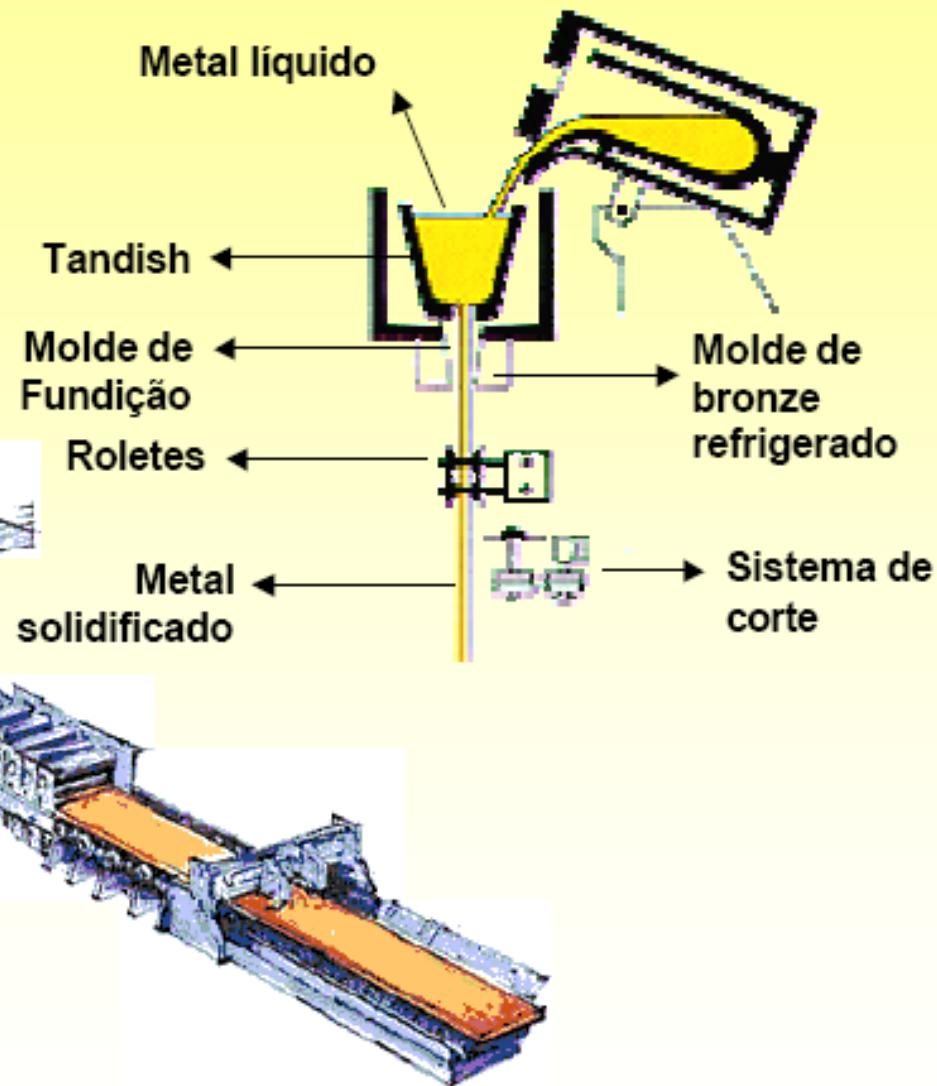
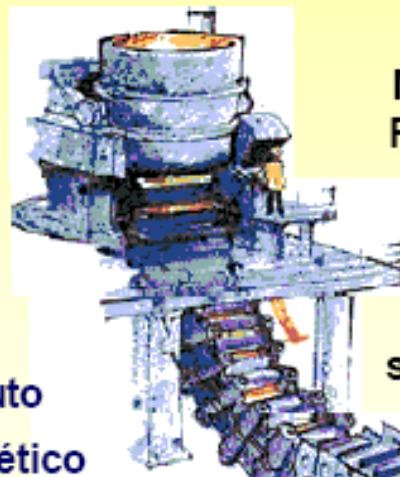
- 5.5. Fundição Contínua

- 5.6. Fundição sob Pressão

Fundição Contínua

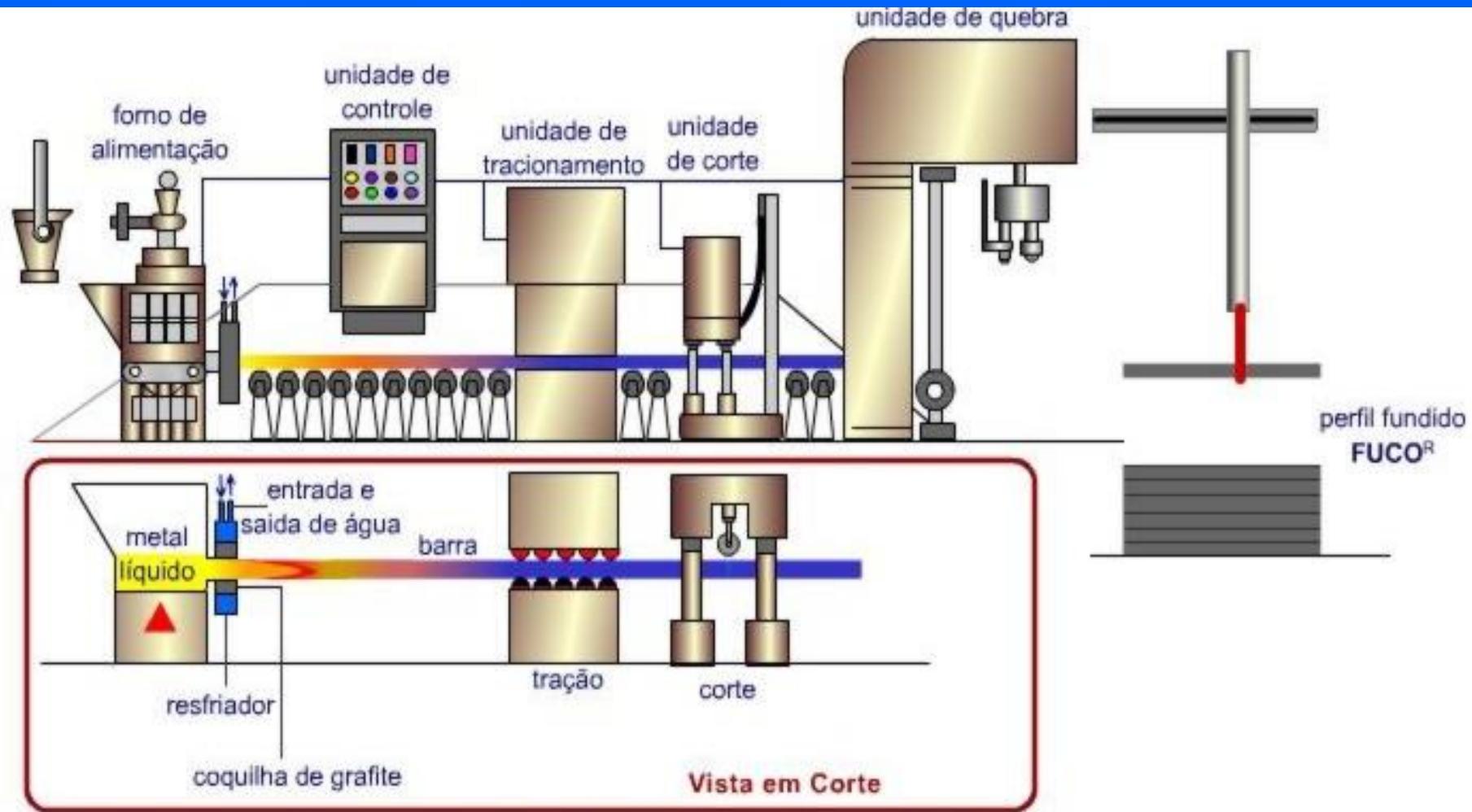
Vantagens

- Maior Produtividade
- Uniformidade do produto
- Menor consumo energético
- Redução de mão-de-obra
- Melhor qualidade do produto



http://www.tupy.com.br/portugues/produtos/perfis_processo.php

Fundição contínua



O processo de fundição contínua

Vantagem da Fundição Continua

O produto da fundição contínua oferece quatro vantagens fundamentais, que são:

- 1)menos sobre metal a remover (semi-acabado mais próximo da dimensão final – (ver exemplos na figura abaixo)),
- 2) melhor usinabilidade e
- 3)boas propriedades mecânicas e metalúrgicas,
- 4)economia de energia.

Formatos especiais próximos à geometria final desejada

Menos Sobre metal para Usinar

Como as barras produzidas são mais próximas do formato final desejado, os custos de usinagem ficam reduzidos.

É possível produzir perfis de vários formatos geométricos.

Além disto, como não existem ângulos de saída, inclusões e defeitos superficiais, o sobre metal a ser removido por usinagem é bastante reduzido.

Melhor usinabilidade

As características que garantem uma boa usinabilidade podem ser relacionadas a:

- uniformidade da microestrutura,
- ausência de inclusões abrasivas (não há grãos de areia),
- ausência de camada descarbonetada, e
- produção em ferros fundidos cinzentos e nodulares de alta qualidade.

Observe-se ainda que a presença de grafita na estrutura favorece a quebra de cavaco e atua como lubrificante. Todos os fatores citados permitem maiores velocidades de corte e menor desgaste de ferramentas

Produtos de Fundição Contínua

Peças resultantes sem porosidade

Este defeito de fundição, causado por liberação de gases, é praticamente eliminado, pois todos os fatores relacionados com o vazamento em molde não existem.

O molde usado neste processo é de grafite, que não libera gases em alta temperatura. A única possível fonte de formação de gases são os gases dissolvidos no metal líquido.

Ausência de Rechupes

Os rechupes, normalmente formados em peças fundidas em moldes de areia são evitados na fundição continua, pois o molde é rígido, isto é, não se expande durante a solidificação, permitindo uma alimentação adequada da peça. Além disto, a barra produzida tem geometria bem definida, o que possibilita um controle eficiente do processo de solidificação.

Menor densidade em relação ao aço

O produto da fundição continua possui densidade 10% menor do que o aço.

A grafita presente no ferro fundido é responsável por esta diferença.

Densidade FoFo em fundição continua=7,20 g/cm³

Densidade do aço=7,86 g/cm³.

Estrutura mais refinada

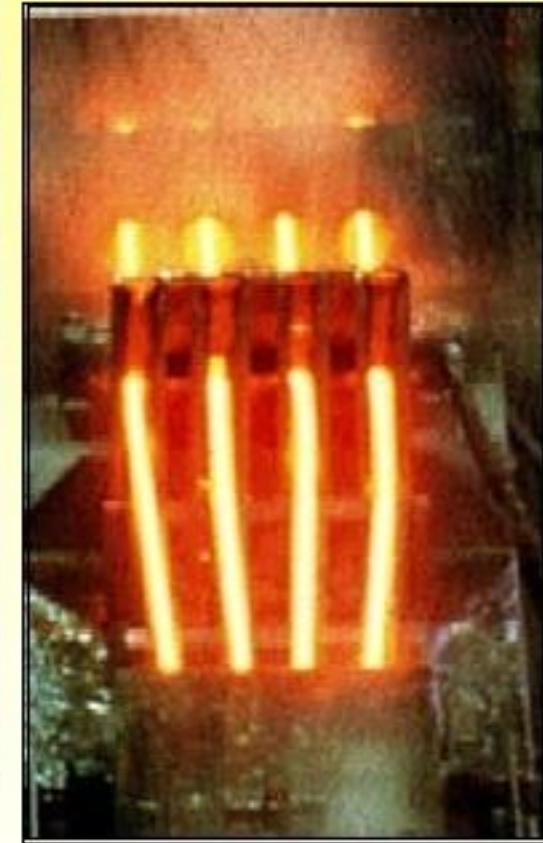
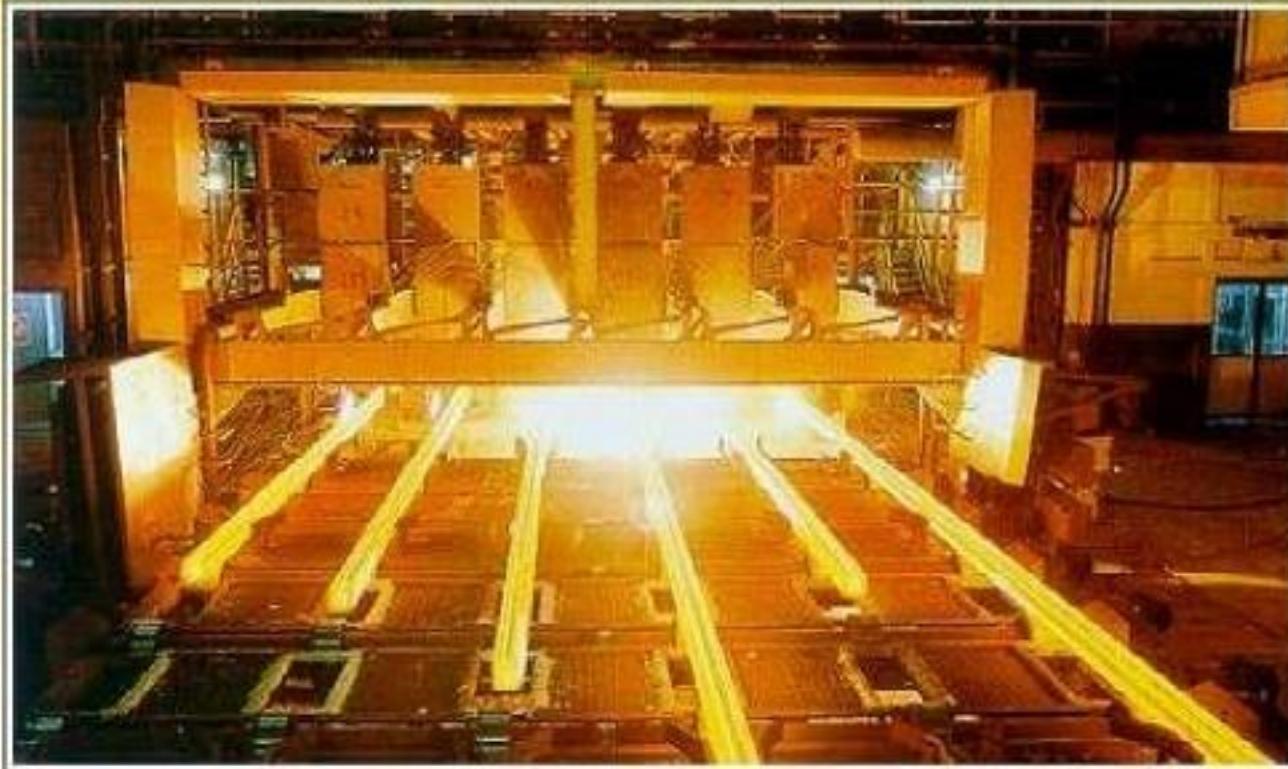
O uso de molde de grafite refrigerado resulta numa estrutura mais refinada em relação à fundição convencional em areia, consideradas peças de mesma espessura.

O produto resultante tem, portanto, melhores propriedades mecânicas.

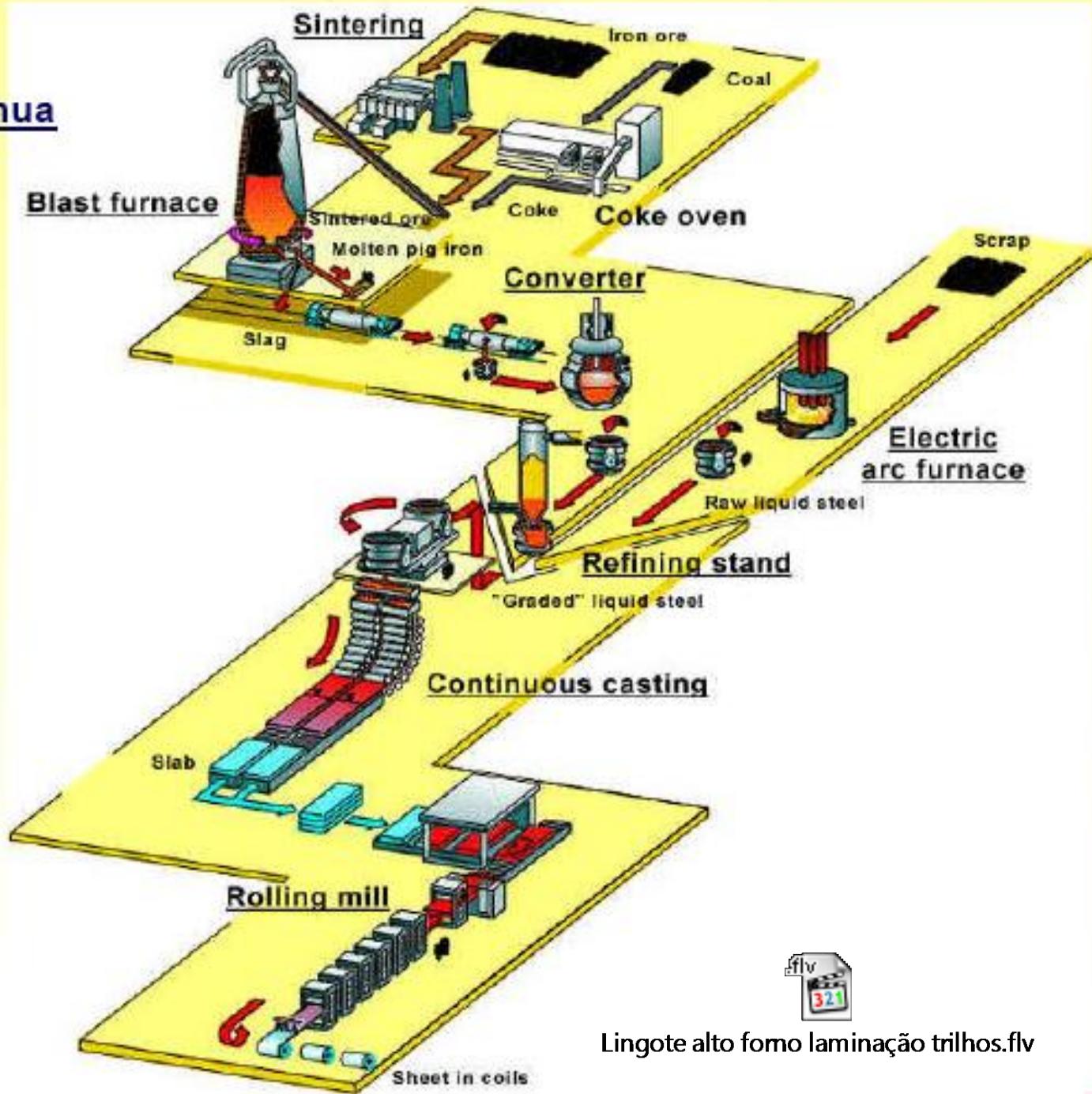
Fundição Contínua



Fundição Contínua

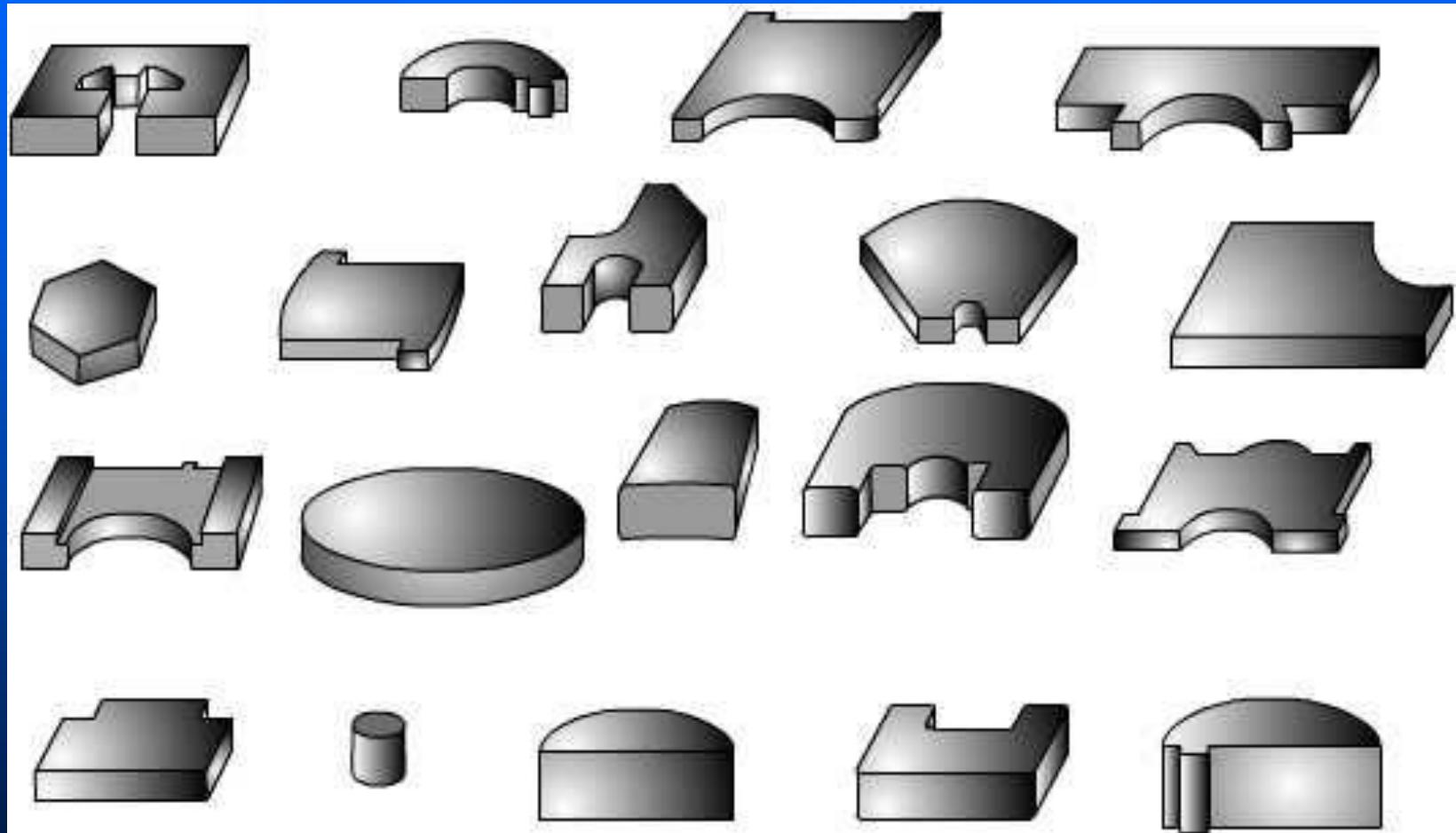


Fundição Contínua

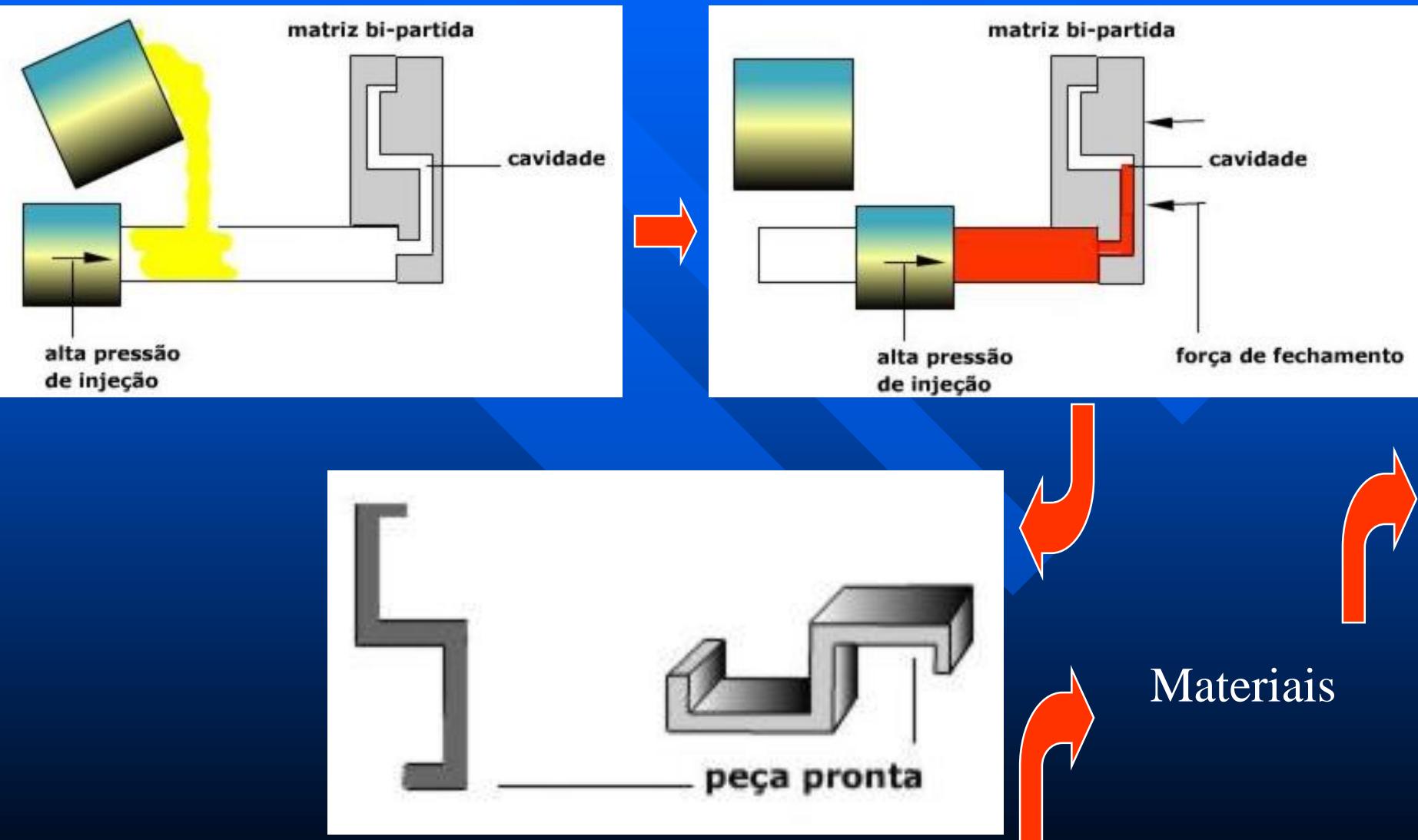


Lingote alto fomo laminação trilhos.flv

Fundição contínua



Moldes permanentes automatizados por Pressão



AÇOS AO CARBONO

- . USO GERAL → $\frac{\text{PREÇO}}{\text{RESIST. MECÂNICA}}$ (MÍN.)
- . LIMITES DE USO:
 - TEMPERATURA
 - CORROSÃO (ASPECTOS ECONÔMICOS E CONTAMINAÇÃO)

A. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

- . Fe, C, Mn, Si, P, S; (Al, Cu – às vezes)

- . TEOR DE CARBONO

BAIXO C – % C $\leq 0,25\%$

MÉDIO C – % C $\leq 0,30\%$

Alto C - % C $> 0,30\%$ --Aços Ligados (Cr, Mo,

FERROS FUNDIDOS

	C	Si	Mn	S	P
Cinzeno	2,5-4,0	1,0-3,0	0,25-1,0	0,02-0,25	0,05-1,0
Branco	1,8-3,6	0,5-1,9	0,25-0,80	0,06-0,20	0,06-0,18
Maleável	2,0-2,6	1,1-1,6	0,20-1,0	0,04-0,18	0,18 máx.
Dúctil	3,0-4,0	1,8-2,8	0,10-1,0	0,03 máx.	0,10 máx.

CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS

- Aços Inoxidáveis Ferríticos**

- Série 400 - ligados ao Cr - Não-temperáveis

- Aços Inoxidáveis Martensíticos**

- Série 400 - ligados ao Cr - temperáveis

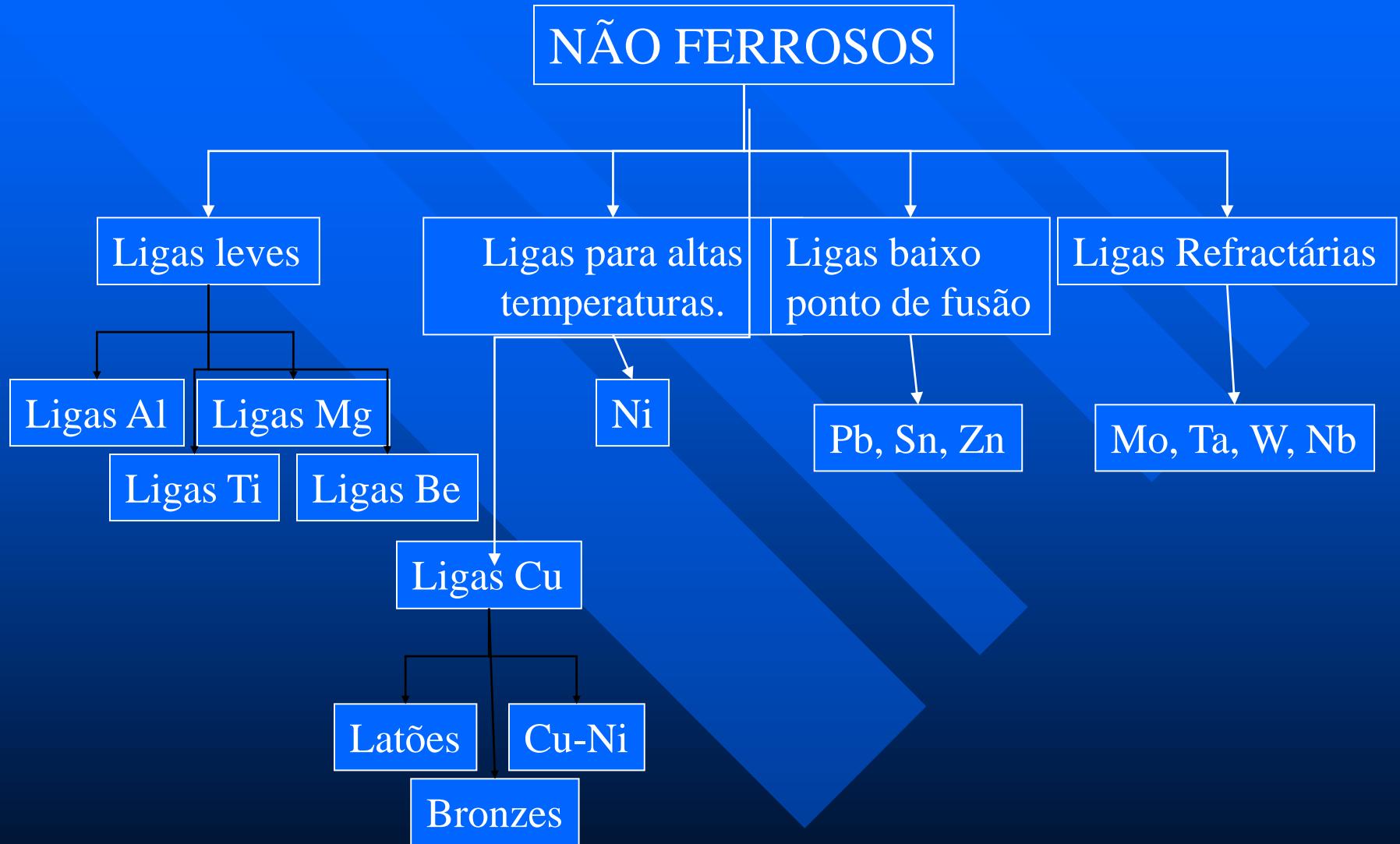
- Aços Inoxidáveis Austeníticos**

- Série 300 - ligados ao Cr-Ni (Cr-Ni-Mo)
 - Série 200 - ligados ao Cr-Ni-Mn

- Aços Inoxidáveis Duplex (austeno-ferríticos)**

- Lean duplex, duplex e superduplex
 - 2205, 2304, 2202, 2101

LIGAS NÃO FERROSAS



Introdução ao processo Die Casting

- Os fundidos fabricados por fundição sob pressão encontram-se entre os itens de maior volume de produção na indústria de metais.
- As peças fundidas em moldes metálicos/matrices são componentes importantes em centenas de produtos destinados a indústrias, tais como equipamentos automotivos, equipamentos elétricos e materiais bélicos, hardware em geral, ferramentas elétricas, computadores, e outros equipamentos industriais, instrumentos, brinquedos, e outros tantos que poderiam ser mencionados.

Die Casting

- Outros motivos que impulsionam o uso de ligas leves (Al, Mg e Zn)
- Redução da poluição devido aos componentes automotivos serem mais leves
- Reciclagem
- Boa relação custo/benefício

Die Casting

As principais vantagens da fundição sob pressão são:

- Alta produtividade
- Boa superfície; pode ser polido
- Grande precisão e repetibilidade dimensional.
- As peças fundidas são do tipo fundido em bruto na dimensão da peça acabada (Near Net Shape), o que exige muito pouco ou quase nenhuma operação de usinagem/acabamento.
- Negócio altamente rentável em altas quantidades

Die Casting

- Possibilidade de fundir-se uma variedade de metais e ligas de metais tais como o Alumínio, o Magnésio, o Cobre, Zinco, etc.
- Possibilidade de fabricação de fundidos muito grandes e muito pequenos, blocos de motores e transmissões para uso automotivo, pinhões e engrenagens, peças de tamanho reduzido tais como peças para a indústria do sapato (fivelas, pinos, etc).

Die Casting

- Todos os produtos na indústria são totalmente recicláveis, na verdade, a maior parte das ligas são fabricadas a partir de produtos reciclados (Alumínio, Zinco, Magnésio, Cobre, etc.).

Die Casting

Desvantagens

- Dificuldade em se obter peças sem porosidades (gases) o que impossibilita a soldagem ou mesmo a aplicação de Tratamento Térmico para aumento de resistência mecânica de componentes .
- Obtenção de peças com propriedades mecânicas inferiores devido a porosidade .

Die Casting Exemplos

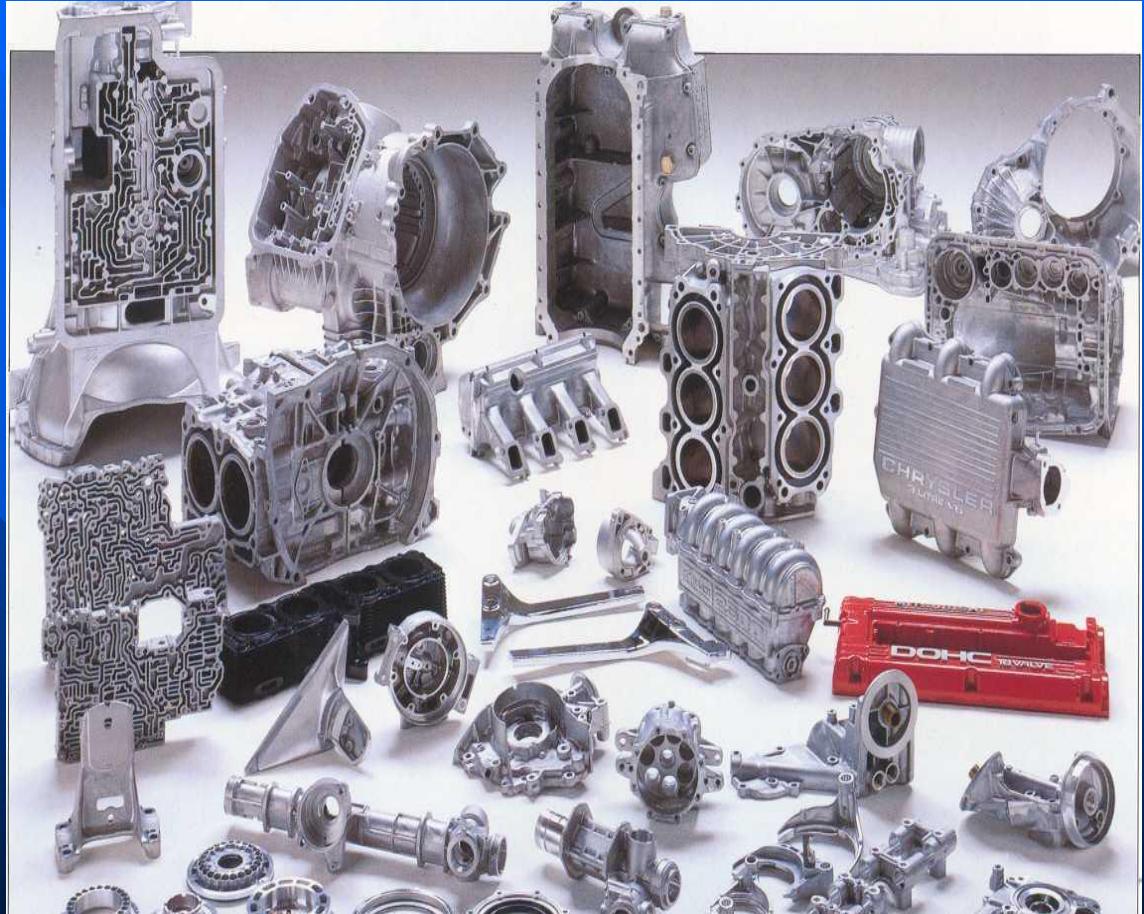
- Bomba de óleo de motor a gasolina



Die Casting Exemplos

- Peças Automobilísticas

EM ALUMÍNIO



Aplicações



Tabela 6.1

Capacitação dos Principais Processos de Fundição

<i>Processo de Fundição</i>	<i>Metal ou Liga Utilizado</i>	<i>Limite Normal de Peso (kg)</i>	<i>Secção mais Fina da Peça (mm)</i>	<i>Acabamento Superficial (μm)</i>	<i>Tolerância Dimensional numa Dimensão de x (mm)</i>
Moldagem em areia	Aço	0,1 - 200 000	6	8	0,005x a 0,030x
	Ferro fundido	0,03 - 50 000	3,5	8	
	Alumínio	0,03 - 100	3	4	
Moldagem em casca	Aço	0,05 - 120	3,5	6	0,010x a 0,025x
	Ferro	0,03 - 50	3	6	
	Alumínio	0,03 - 15	1,5	2,5	
Moldagem em gesso	Alumínio	0,1 - 50	1,5	1	0,005x
Moldagem por cera Perdida	Aço	0,005 - 25	1	1	0,003x a 0,005x
	Alumínio	0,002 - 10	0,8	1	
Fundição em Molde Permanente	Ferro fundido	0,1 - 10	5	2	0,010x a 0,025x
	Alumínio	0,1 - 50	3	2	
Fundição sob pressão	Alumínio	0,015 - 25	0,8	1	0,0015x
	Zinco	0,05 - 50	0,8	1	

Tabela 6.2

Avaliação do Nível de Custos dos Principais Processos de Fundição

<i>Processo</i>	<i>Custo de Equipamento</i>	<i>Custo de Mão-de-Obra</i>	<i>Custo de Acabamento</i>
Moldagem em areia	Baixo	Baixo-médio	Alto
Moldagem em casca	Médio	Médio	Médio
Moldagem em gesso	Baixo	Médio	Baixo
Moldagem por cera perdida	Médio	Alto	Baixo
Fundição em molde permanente	Alto	Médio	Baixo
Fundição sob pressão	Alto	Baixo	Baixo

Seleção do processo de fundição

- Metal a ser fundido;
- Qualidade requerida da superfície do fundido;
- Tolerância dimensional requerida para o fundido;
- Quantidade de peças a produzir;
- Tipo de modelo e equipamento de macharia necessário;
- Custo de fabricação do(s) molde(s);
- Como o processo de fundição vai afetar o projeto do fundido.



Figura 1.2 - Seqüência de eventos que caracterizam o processo de solidificação.

Principais processos de moldação

GRUPO	PROCESSO	MODELO	MOLDE	LIGAS
Modelo e Molde perecíveis	microfusão	cera ou plástico	pasta cerâmica	quaisquer
	molde cheio	poliestireno	areia fluida	quaisquer
Modelo não-perecível; Molde perecível	areia-verde silicato areia-resina shell	metálico (shell); madeira, epóxi ou metálico (para os demais)	areia + aglomerantes + aditivos + água (opcional)	quaisquer
Modelo não-perecível; Molde semi-permanente	grafite gesso borracha	madeira ou epóxi	grafite gesso borracha	ligas não ferrosas
Molde permanente	molde permanente	dispensável	metal (coquilha)	quaisquer, menos aço
	centrifugação	não existe	metálico	quaisquer
	sob-pressão	dispensável	metal (matriz)	Zn, Al e Mg



vidios