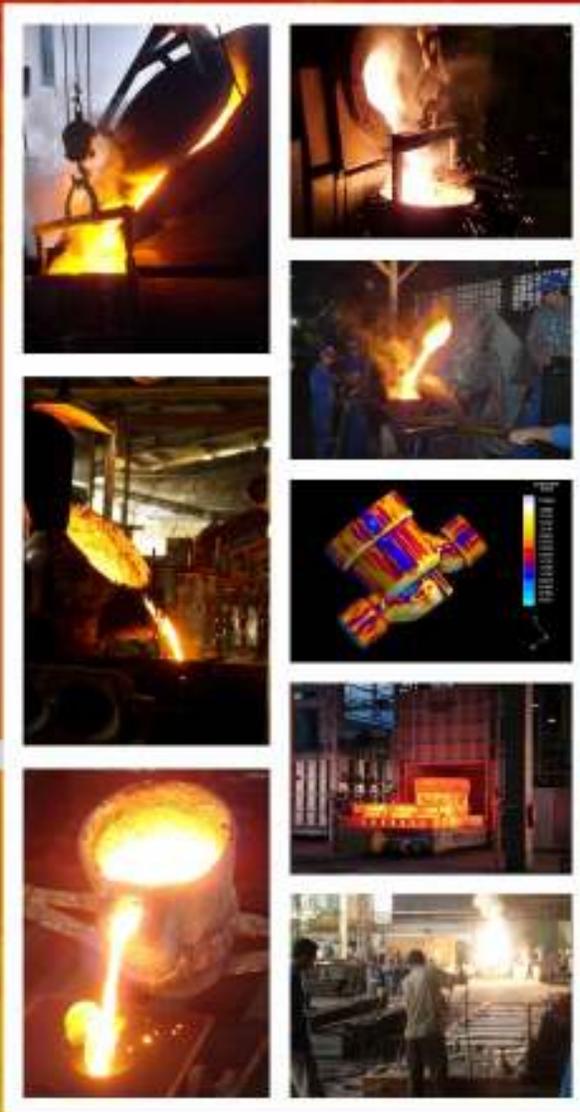


07 Maio 2010 | ACIPI | Piracicaba-SP | das 8h às 17h



# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

Patrocínios



Apoio



[www.grupolabmat.com.br](http://www.grupolabmat.com.br)

www.grupolabmat.com.br



# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

FIAT  
GROUP

MAGNETI  
MARELLI

Camisas de cilindro e fundidos



## PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FUNDIÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO

ENGº ARNALDO F. BRAGA JR.

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## AGENDA



- **Introdução**
- **Histórico**
- **Definição**
- **Tipos de materiais usados no processo de centrifugação**
- **Tipos de centrifugação**
- **Tipos de máquinas**
- **Princípio teórico**
- **Tipos de moldes**
- **Aplicações industriais**
- **Comparação entre processos de fundição**
- **Fluxograma do projeto**
- **Filme do processo (Máquina de produção MMCofap)**

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## INTRODUÇÃO



- O processo de fabricação por fundição pode ser classificado pela natureza das forças aplicadas ao metal líquido:
  - 1. Gravidade → Força Peso;
  - 2. Centrifugação → Força Centrífuga;
  - 3. Sob pressão → Força/Área;
  - 4. Tixotrópica → Força/Área + Movimento + Aquecimento

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## HISTÓRICO



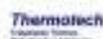
- **1 – Histórico:**

O processo de centrifugação foi empregado inicialmente para a produção de canos, cujo o consumo sempre obrigou a buscar máquinas de maior rendimento e de melhor qualidade.

Por isso seria interessante mostrar a evolução e o histórico da fabricação de canos, principalmente para conduzir e distribuir água.

Vejamos esta evolução nos slides a seguir.

Patrocínios



Apoio



## HISTÓRICO

**MAGNETI  
MARELLI**



FIG. 2. — Cañerías de bambú (antiguo grabado chino sobre madera, 1726).

Patrocínios



Apoio



HISTÓRICO

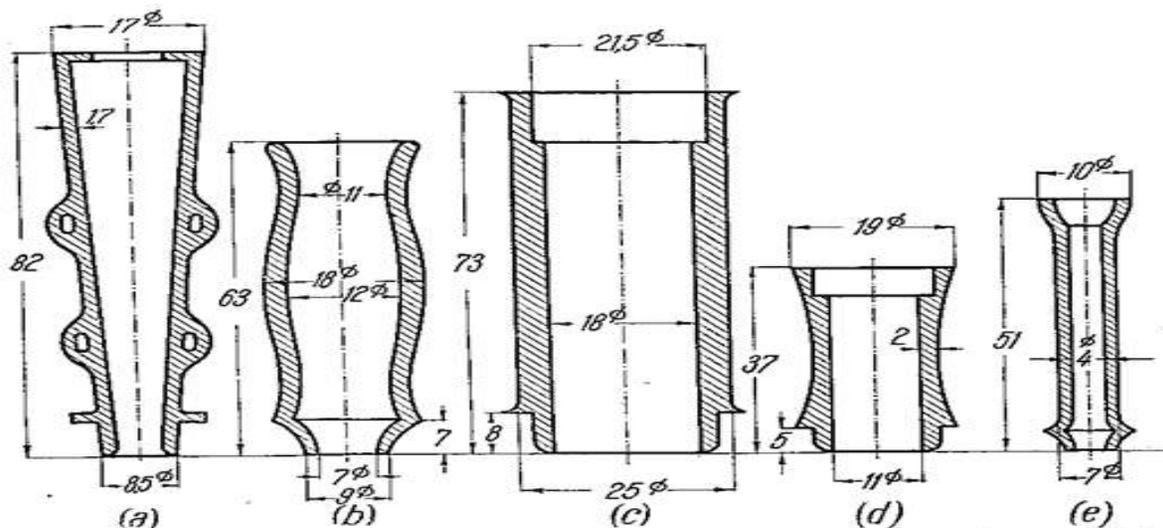


FIG. 3. — Muestras de caños de arcilla, en la antigüedad: a) tipo de caño cónico. Knossos, Creta, siglo II antes de J. C.; b) tipo de antiguo caño griego, Olympia; c) tipo de antiguo caño heleno, Olympia; d) tipo de caño de Sindschirle; e) tipo de caño romano (Wiesbaden).

Patrocinios

Apoio



**HISTÓRICO**

**MAGNETI  
MARELLI**

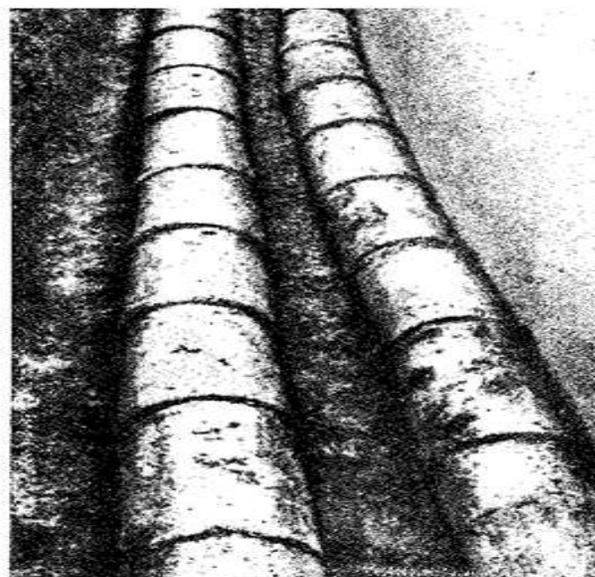


Fig. 4. — Cañería de arcilla (campamento de legionarios romanos, siglo I).

Patrocinios

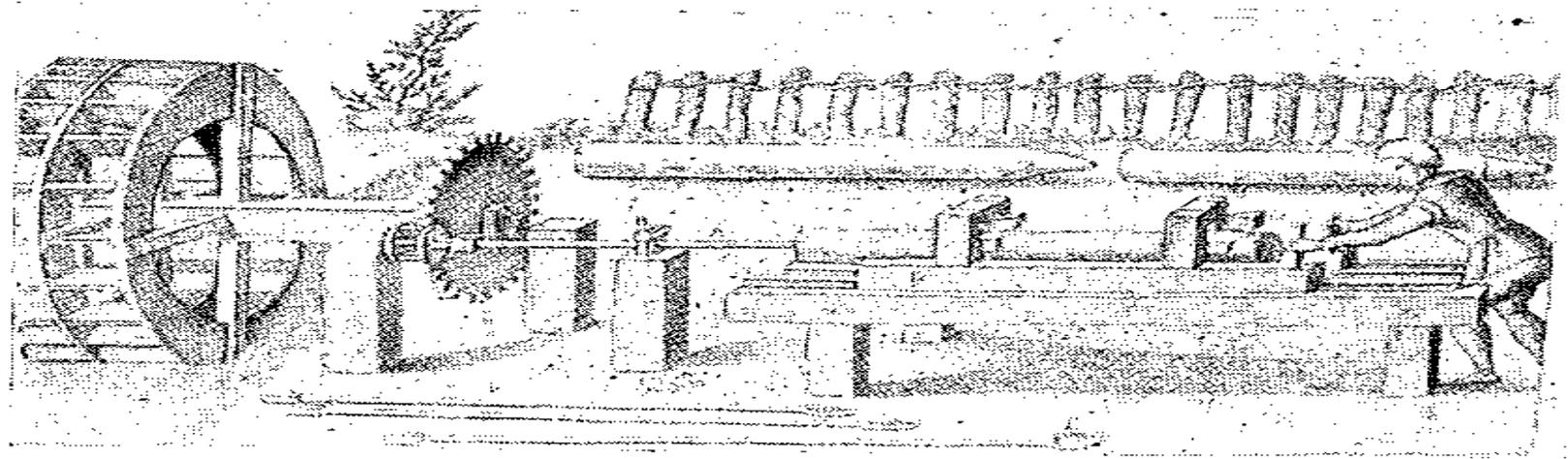


Apoio





**HISTÓRICO**



**Fig. 11. — Método de fabricación de caños de madera (antigo grabado sobre bronze, 1615).**

Patrocinios



Apoio



## HISTÓRICO



- **Processo De Lavaud – inventado pelos brasileiros Fernando Arens e Dmitri De Lavaud em 1914.**

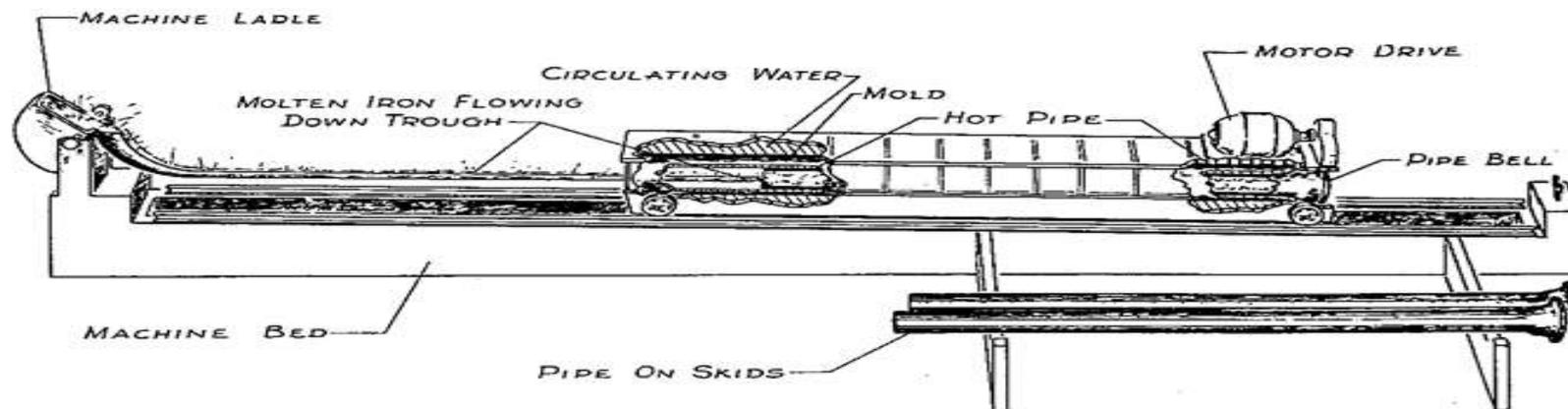


Fig. 16-1. Casting machine for pipe centrifugally cast in metal molds.

Patrocínios



Apoio



## HISTÓRICO

**MAGNETI  
MARELLI**

- **Processo De Lavaud**

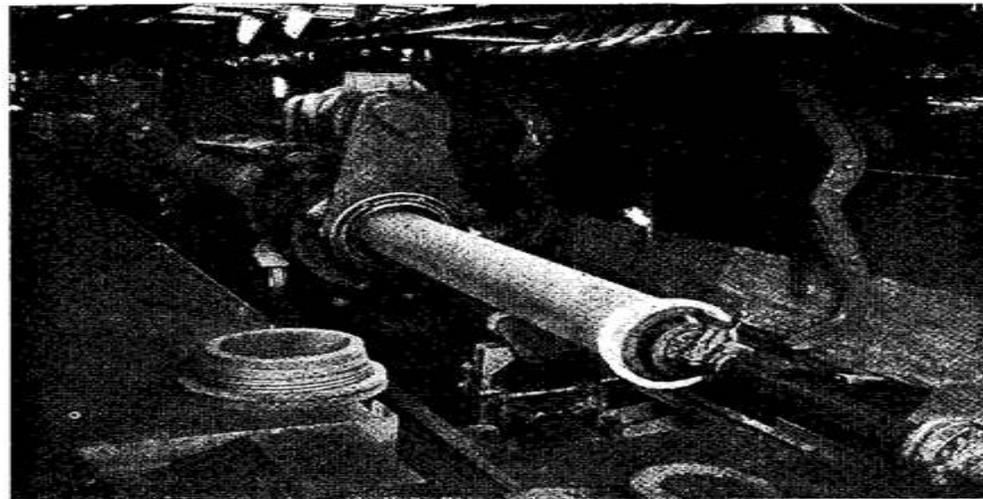


FIG. 18. — Máquina centrífugadora de De Lavaud, Verfahren, en una fábrica moderna alemana.

Patrocinios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## DEFINIÇÃO



### Centrifugação

- É um processo de fundição em que o metal é vazado em um molde que está em movimento circular uniforme (M.C.U.).
- Durante este vazamento, é aplicada uma força centrífuga que mantém o metal na parede do molde.
- Pode ser classificado em três grupos, dependendo da posição do eixo:
  - Horizontal
  - Vertical
  - Inclinação

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## TIPOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CENTRIFUGAÇÃO



- Os materiais mais comuns que são empregados em escala industrial no processo de centrifugação são:

1. **Metálicos;**
2. **Vidros;**
3. **Concretos**

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## TIPOS DE CENTRIFUGAÇÃO UTILIZADOS



- Podemos classificar os tipos de centrifugação, em relação ao eixo de rotação como:
  1. Vertical;
  2. Horizontal;
  3. Inclinação

Patrocínios



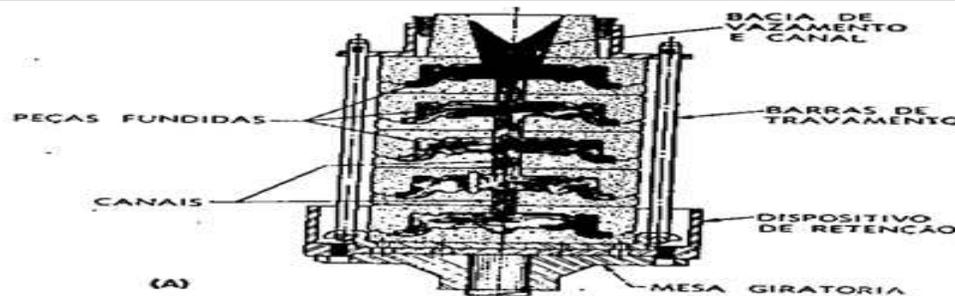
Apoio



## TIPOS DE CENTRIFUGAÇÃO



VERTICAL



HORIZONTAL

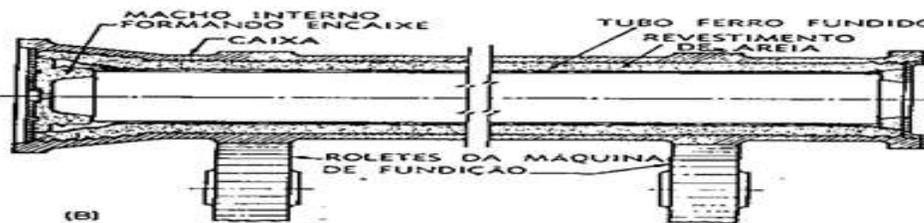


Fig. 9-6 Diagramas de disposições vertical e horizontal para fundição centrífuga. O conjunto vertical é para uma pilha de rodas de vagão; o horizontal para tubos de ferro fundido. (Cortesia da American Cast Iron Pipe Co.).

Patrocínios



Apelo



## TIPOS DE MÁQUINAS

**MAGNETI  
MARELLI**

HORIZONTAL – semelhante à máquina de centrifugar do laboratório de Fundição do Mackenzie.

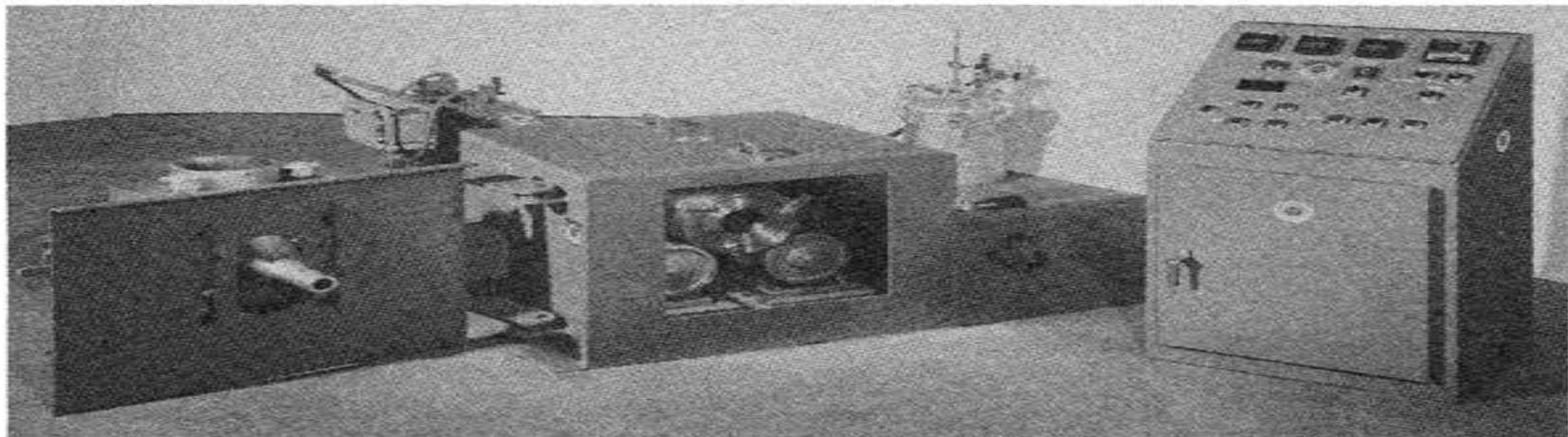


Fig. 2-2. Small horizontal trunnion machine with automatic "Rolance" mold spray and semi-automatic controls.

Patrocínios



Apoio





TIPOS DE MÁQUINAS

**MAGNETI  
MARELLI**

VERTICAL



Fig. 2-3. Small vertical-axis casting machine, floor model.

Patrocínios

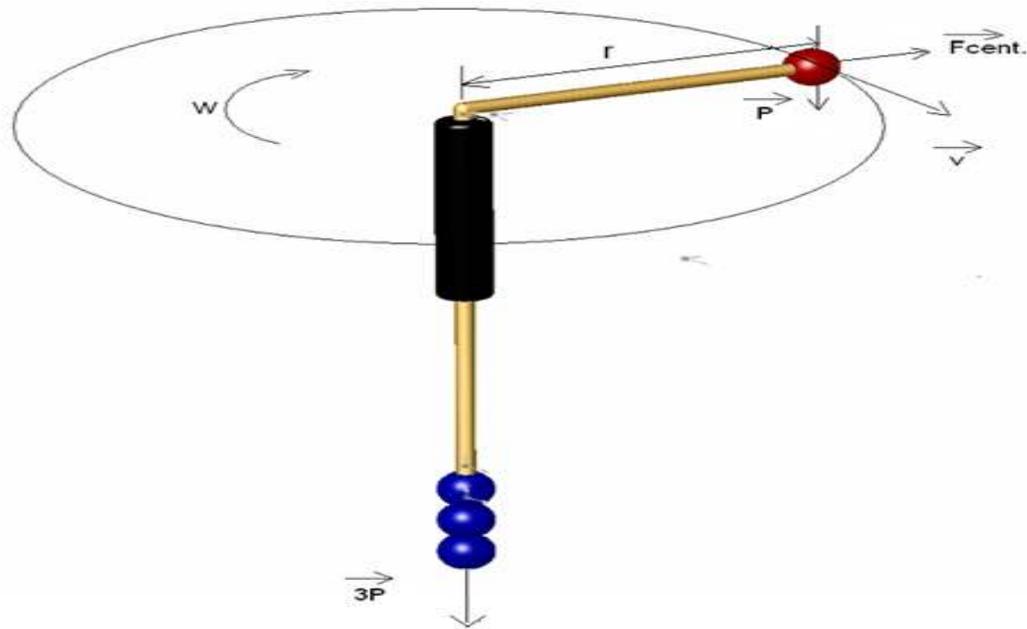


Apoio



## PRINCÍPIO TEÓRICO

**MAGNETI  
MARELLI**



Patrocinios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## PRINCÍPIO TEÓRICO



$$F_{\text{peso}} = m \cdot g$$

$$F_{\text{centrífuga}} = m \cdot a_{\text{centr}}$$

$$v = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot N$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$$

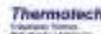
$$G = \frac{a_r}{g}$$

$$N = \sqrt{\frac{k \cdot G}{D}}$$

### Onde:

**F** = força;  
**m** = massa;  
**g** = aceleração da gravidade;  
**a<sub>centr</sub>** = aceleração centrífuga;  
**v** = velocidade;  
**N** = rotação;  
**ω** = velocidade angular;  
**a<sub>r</sub>** = aceleração radial;  
**G** = relação das acelerações.

Patrocínios



Apoio

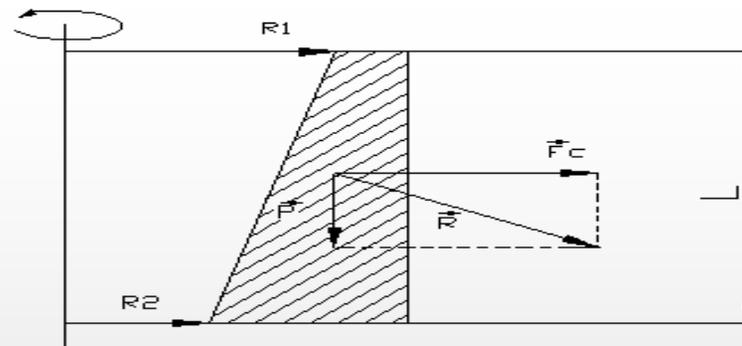


## CÁLCULO DA ROTAÇÃO DE CENTRIFUGAÇÃO TIPO VERTICAL

**MAGNETI  
MARELLI**

EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA

$$N_v = 423 \sqrt{\frac{L}{R_1^2 - R_2^2}}$$



**L = Comprimento do tubo (cm)**

**R = Raio do tubo (cm)**

**g = Aceleração da gravidade (981 cm/s<sup>2</sup>)**

Patrocinios



Apoio

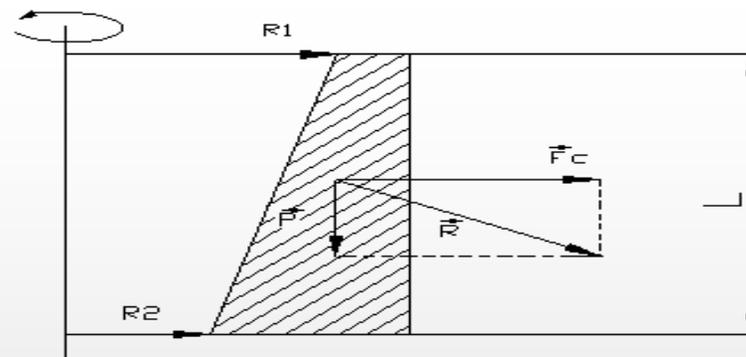


## CÁLCULO DA ROTAÇÃO DE CENTRIFUGAÇÃO TIPO VERTICAL

**MAGNETI  
MARELLI**

EM FUNÇÃO DA PRESSÃO

$$N_v = 750 \sqrt{\frac{p}{Pe A}}$$



$p$  = Pressão (Kgf/cm<sup>2</sup>)

$A$  = Área da secção transversal do tubo (cm<sup>2</sup>)

$Pe$  = Peso específico (Kgf/cm<sup>3</sup>)

Patrocínios



Apoio



## CÁLCULO DA ROTAÇÃO DE CENTRIFUGAÇÃO TIPO INCLINADO

**MAGNETI  
MARELLI**

EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA

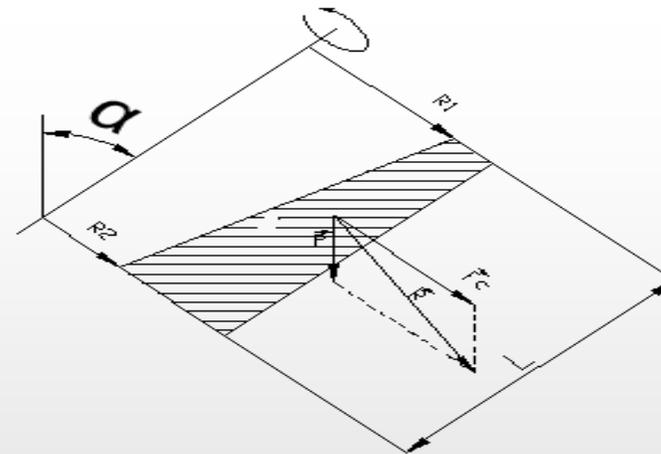
$$N_i = 423 \sqrt{\frac{L \cos \alpha}{R_1^2 - R_2^2}}$$

RELAÇÃO ENTRE  $N_i$  e  $N_v$

$$N_i = N_v \sqrt{\cos \alpha}$$

PORTANTO:

$$N_i < N_v$$



**L = Comprimento do tubo (cm)**

**R = Raio do tubo (cm)**

**g = Aceleração da gravidade (981 cm/s<sup>2</sup>)**

Patrocinios



**TecBraf**



**Thermatech**



Apoio



## CÁLCULO DA ROTAÇÃO DE CENTRIFUGAÇÃO TIPO HORIZONTAL

**MAGNETI  
MARELLI**

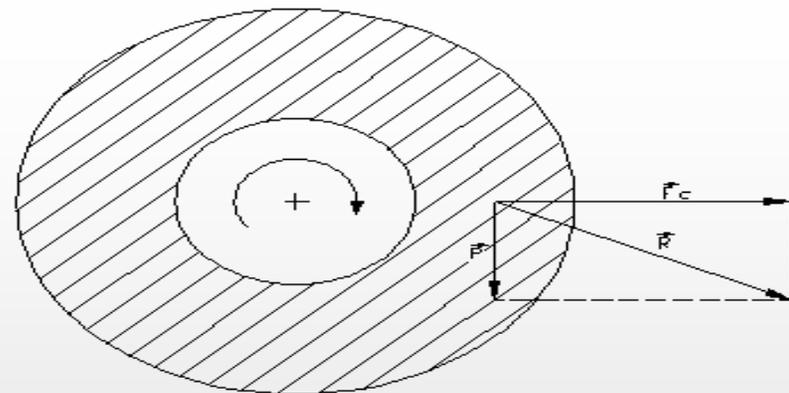
### EM FUNÇÃO DA PRESSÃO

$$N_h = 750 \sqrt{\frac{p}{P_e A}}$$

**p = Pressão (Kgf/cm<sup>2</sup>)**

**A = Área da secção transversal do tubo (cm<sup>2</sup>)**

**P<sub>e</sub> = Peso específico (Kgf/cm<sup>3</sup>)**



Patrocínios



**TecBraf**

**OCEANERMO**

**Thermatech**



Apoio



**ABIFA**



# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## TIPOS DE MOLDES



Os moldes podem ser:

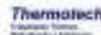
### Metálicos

- Aço
- Ferro Fundido
- Cobre

### Não – metálicos

- Grafite
- Areia
- Borracha

Patrocínios



Apoio





TIPOS DE MOLDES

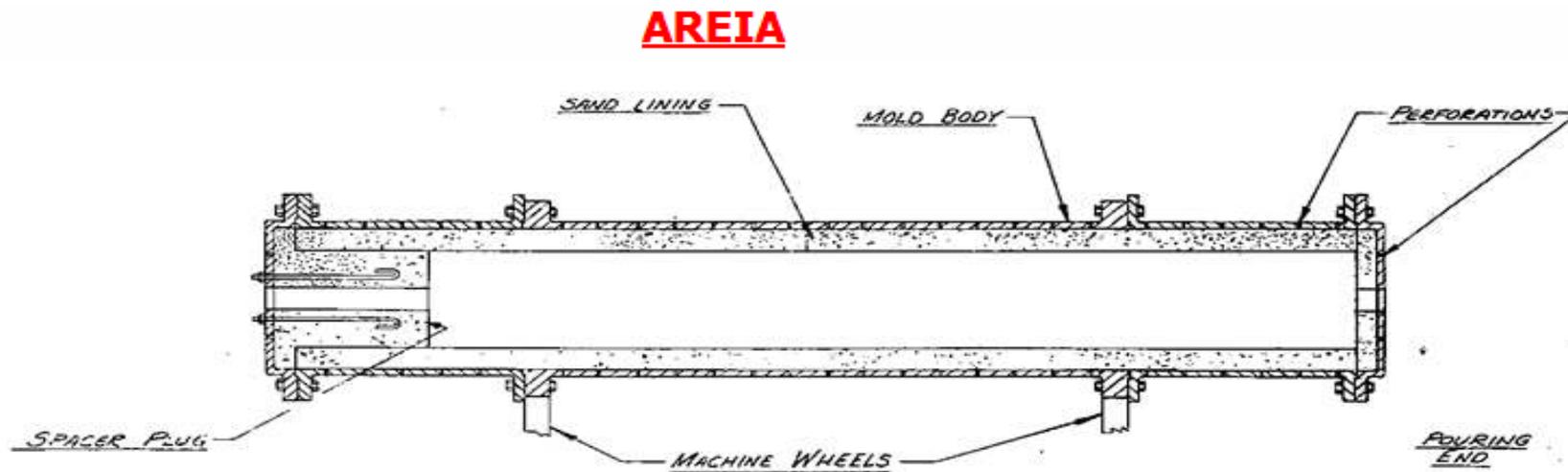


Fig. 4-2. Mold for ship shaft liners.

Patrocinios



Apoio



**BORRACHA**

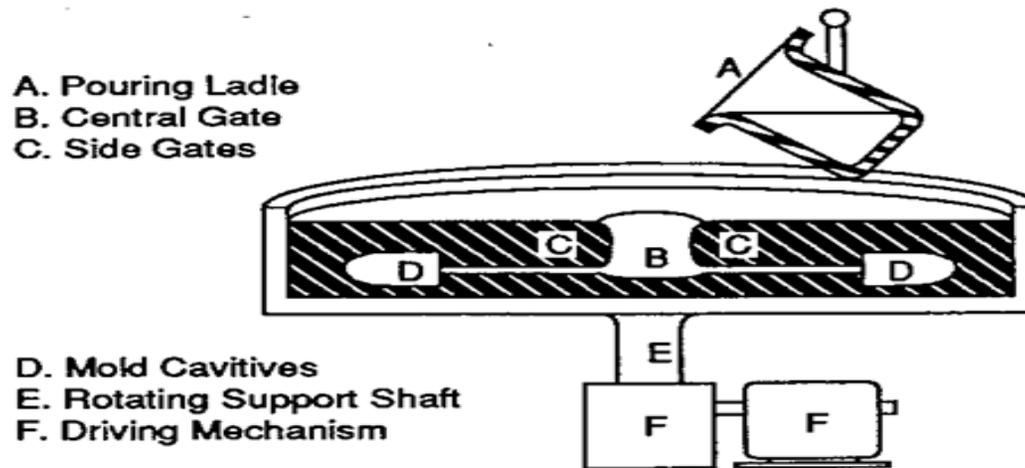


Fig. 15-1. Sketch of centrifugal unit for precision casting.

Patrocinios



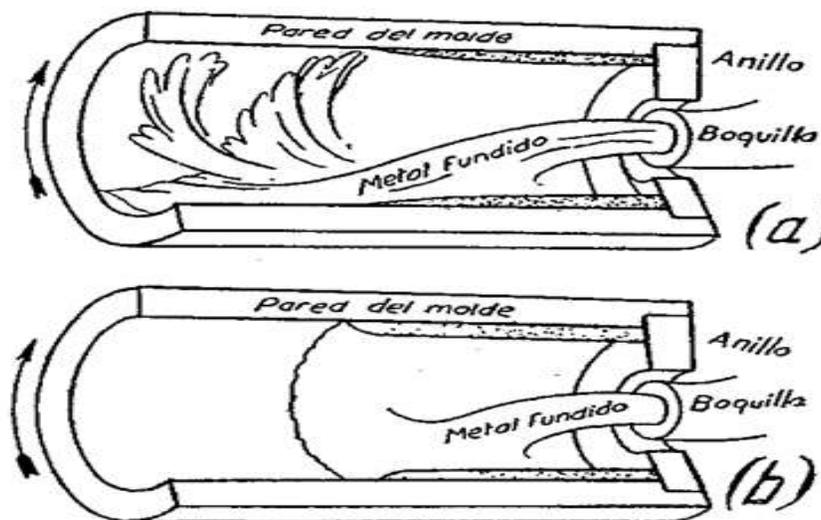
Apoio



TIPOS DE MOLDES



**METÁLICO**



Sem tinta

Com tinta

FIG. 72. — Esquema del colado.

Patrocinios

Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## APLICAÇÕES INDUSTRIAIS



- **Petróleo;**
- **Gás natural;**
- **Têxtil;**
- **Madeira;**
- **Papel;**
- **Química;**
- **Farmacêutica;**
- **Mineração;**
- **Automobilística;**
- **Ferramentas;**
- **Siderúrgica;**
- **Alimentícia;**
- **Bombas;**
- **Aeronáutica;**
- **Naval.**

Patrocínios



Apoio



## APLICAÇÕES INDUSTRIAIS



Exemplo de aplicação – Motores elétricos e mancais

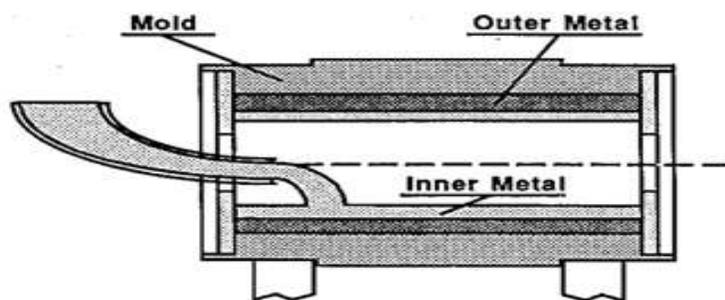


Fig. 11-2. Pouring a dual metal casting.

Algumas combinações	
Metal Externo	Metal Interno
Aço	Cobre
Cobre	FoFo cinzento
Aço	Cu-Ni
Aço	Ni
Aço inoxidável	FoFo cinzento
Ni-Hard	FoFo cinzento

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## COMPARAÇÃO ENTRE PROCESSOS DE FUNDIÇÃO



Processo / Fatores	Gravidade		Sob Pressão	Centrífuga
	areia	molde permanente	molde permanente	molde permanente
<b>Metais</b>	todos	não ferrosos e Ferro Fundido	não ferrosos (baixo Pto de fusão)	todos
<b>Tamanho</b>	min: algumas gramas máx: algumas toneladas	230 gramas 140Kg	algumas gramas 35Kg para Al 140 Kg para Zn	acima de 25 toneladas
<b>Acabamento superficial (RMS)</b>	300 - 600	150 - 500	20 - 125	20 - 300(d)
<b>Campo de tolerâncias (mm)</b>	± 1,6	± 1,6	± 0,15	± 0,25(d)
<b>Porosidade (a)</b>	4	3	2	1
<b>Espessura mínima da seção(mm)</b>	3,2 a 4,8	3,2	0,8 a 1,6	1,2(não cilíndrico) 7,0(cilíndrico)
<b>Resistência a tração (lb/pol<sup>2</sup>) (b)</b>	19000	23000	28000	25000
<b>Produção (peças/hora) (c)</b>	10 a 15	40 a 60	120 a 150	30 a 50
<b>Custo do Modelo (\$) (c)</b>	300	2000	5000	1500

- (a) 1 é menos poroso e 4 o mais poroso  
 (b) Valores de referência para uma liga de Al  
 (c) Os números para a produção e para custo do modelo são para peça de Al (US \$)  
 (d) Moldes metálicos

Patrocínios



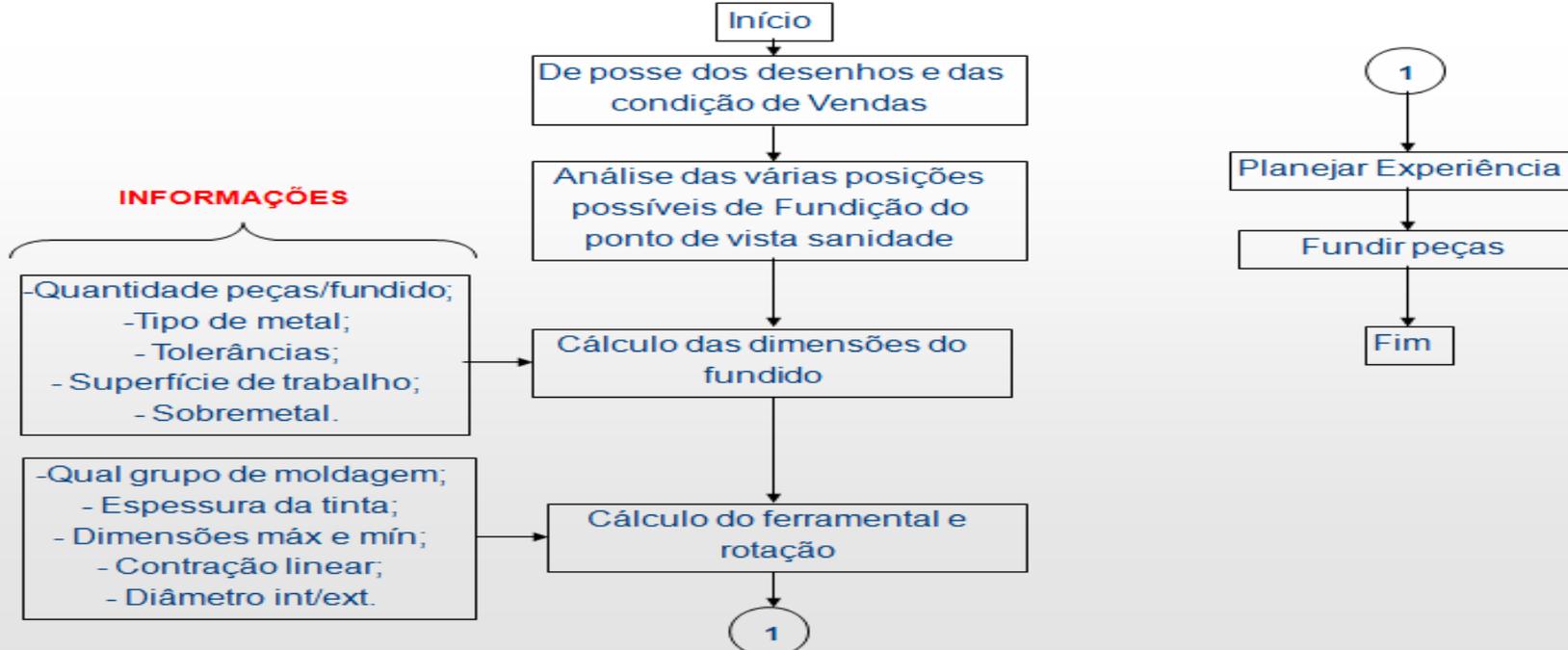
Apelo





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## FLUXOGRAMA DO PROJETO



Patrocínios



Apoio



## FILME - CENTRIFUGAÇÃO



Patrocínios



Apoio







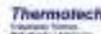
# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

## BIBLIOGRAFIA



- Janco, Nathan; "Centrifugal Casting – AFS";
- Waganoff, N. P.; "Fundición Centrifugada";
- FORGING AND CASTING – Metal Handbook – 8ª.ed., vol. 5 – ASM, 1976;
- DOYLE, L.E. - Processos de Fabricação e materiais para engenheiros, editora Edgard Bucher Ltda, 1978;
- POLUKLIN, GRINBERG & outros- Metal Process Engineering. Peace Publishers, Moscou.

Patrocínios



Apoio





# 1º WORKSHOP LABMAT DA ÁREA DE FUNDIÇÃO

Agradecimentos



Obrigado  
pela  
atenção.

Patrocinios



Apoio

