



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

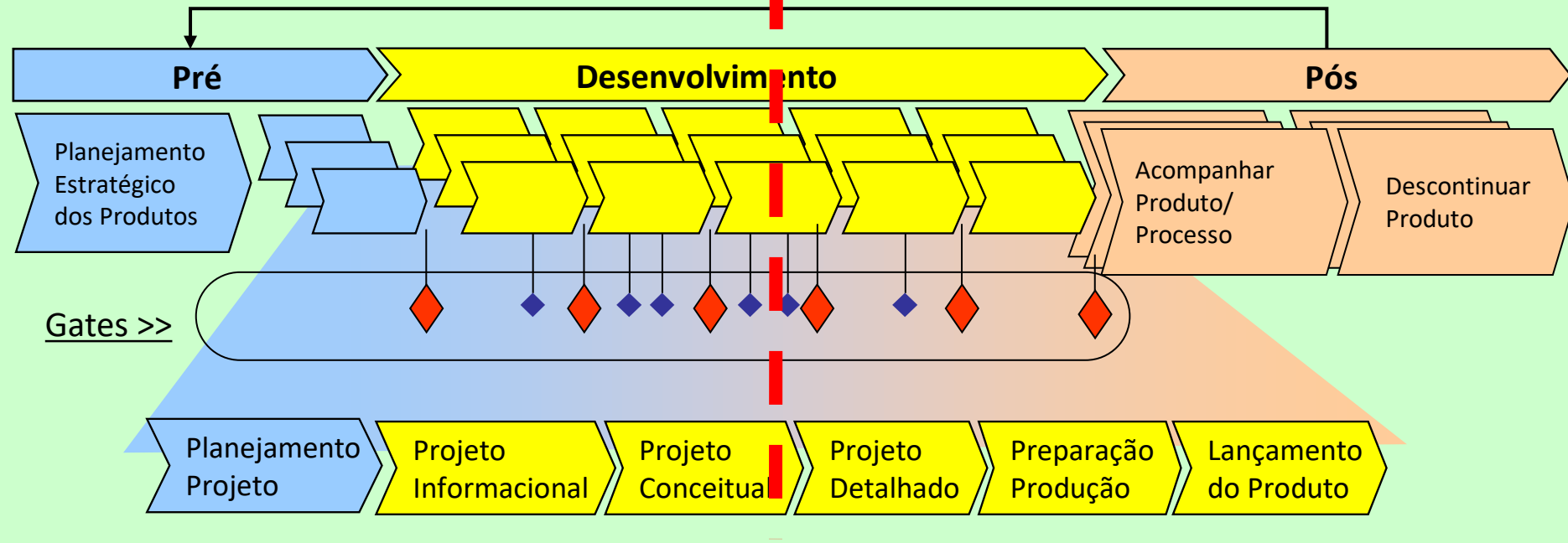


# Aula 20: plano macro de processo de fabricação

# Onde estamos?

**Estamos aqui**

## Processo de Desenvolvimento de Produto



Processos de apoio

**Gerenciamento de mudanças de engenharia**

**Melhoria do processo de desenvolvimento de produtos**

# O terceiro relatório compreende 5 itens

## A) Conjunto do produto

Desenhar o produto com a fixação das principais dimensões, elaborando um desenho conjunto, esclarecendo o máximo possível os detalhes. Recomenda-se aprimorar o desenho de conjunto aplicando o DFMA

## B) Estrutura do produto

Estruturar o produto, especificando os principais sistemas, subsistemas e componentes

## C) Constituição do produto

Especificar tecnicamente as matérias-primas selecionadas na composição do produto. Recomenda-se considerar a utilização de materiais reciclados e/ou recicláveis e de materiais com menor impacto no meio ambiente (sustentáveis)

## D) Análise de adequação do projeto para a manufatura e montagem

Aprimorar o produto para a manufatura e montagem empregando o método DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*)

## E) Plano macro do processo de montagem

Definir o roteiro para montagem do produto

Abordado  
nesta aula

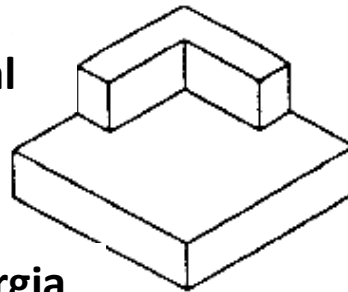
- Plano macro de processo de fabricação (livro 7.10)
- Próximos passos no projeto

- **Objetivo**: definir os possíveis processos de fabricação e o ferramental envolvido para a manufatura dos SSCs
- Grandes categorias de métodos de processamento de materiais:
  - Fundição
  - Conformação e moldagem
  - Usinagem
  - União
  - Operações de acabamento

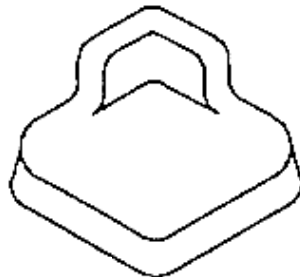
- A seleção dos processos de manufatura deve levar em conta diversos atributos
  - Volume de produção
  - Forma e sua complexidade
  - Precisão dimensional
  - Condições superficiais
  - Custos

# Efeito do processo de manufatura sobre a geometria

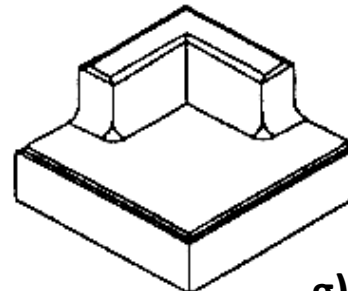
a) Conceito original



b) Fundição



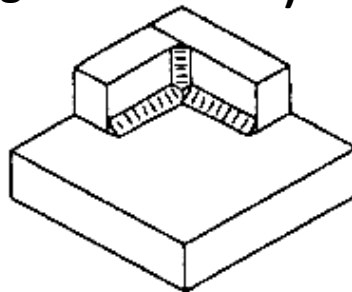
c) Metalurgia do pó



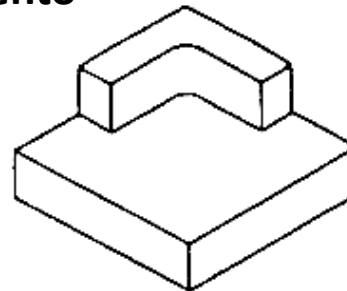
d) Forjamento



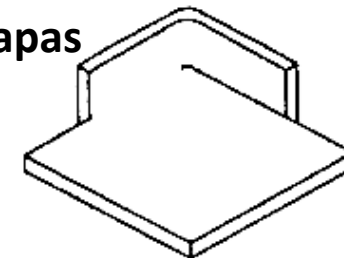
e) Soldagem



f) Fresamento



g) Dobramento de chapas



# Processos de manufatura e seus atributos

PROCESSOS	ATRIBUTOS						
	Acabamento superficial	Precisão dimensional	Complexidade	Taxa de produção	Lote econômico	Custo relativo	Tamanho (área projetada)
Fundição em areia	A	M	M	B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Fundição em casca	B	A	A	A/M	A/M	A/M	M/B
Fundição em cera perdida	B	A	A	B	A/M/B	A/M	M/B
Fundição sob pressão	B	A	A	A/M	A	A	M/B
Torneamento	B	A	M	A/M/B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Fresamento	B	A	A	M/B	A/M/B	A/M/B	A/M/B
Retificação	B	A	M	B	M/B	A/M	M/B
Eletroerosão	B	A	A	B	B	A	M/B
Moldagem por injeção	B	A	A	A/M	A/M	A/M/B	M/B
Moldagem por sopro	M	M	M	A/M	A/M	A/M/B	M/B
Estampagem	B	A	A	A/M	A/M	A/M/B	B
Forjamento	M	M	M	A/M	A/M	A/M	A/M/B
Moldagem por compressão	B	A	M	A/M	A/M	A/M	A/M/B
Laminação	B	M	A	A	A	A/M	A/M
Extrusão	B	A	A	A/M	A/M	A/M	M/B
Metalurgia do pó	B	A	A	A/M	A	A/M	B
<b>UNIDADES</b>	mm	mm		peças/h	peças		
<b>A</b>	>0,0064	< 0,13	Alto	> 100	> 5000	Alto	
<b>M</b>	<0,0064 >0,0016	> 0,13 < 1,3	Médio	< 100 > 10	< 5000 > 100	Médio	
<b>B</b>	< 0,0016	> 1,3	Baixo	< 10	< 100	Baixo	



# Adequação entre processos de manufatura e materiais

E – excelente

B – bom

R – raramente usado

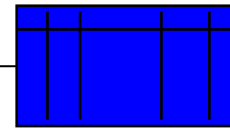
MATERIAIS	PROCESSOS DE MANUFATURA															
	Fundição em areia	Fundição em casca	Fundição em cera perdida	Fundição sob pressão	Torneamento	Fresamento	Retificação	Eletroerosão	Moldagem por injeção	Moldagem por sopro	Estampagem	Forjamento	Moldagem por compressão	Laminação	Extrusão	Metalurgia do pó
Aço carbono	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Aço baixa liga	E	E	E	-	-	B	E	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Aço ferramenta	B	E	E	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Aço inox	E	E	E	-	-	-	-	E	-	-	B	B	-	B	B	E
Ferro cinzento	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro maleável	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro dúctil	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ferro fundido	E	E	E	-	B	B	E	E	-	-	B	R	-	R	R	E
Ligas de zinco	B	B	R	E	B	-	R	E	-	-	E	R	-	R	B	E
Ligas de alumínio	E	B	E	E	E	E	B	E	-	-	E	E	-	E	E	E
Ligas de magnésio	E	B	E	E	B	-	R	E	-	-	B	S	-	B	E	E
Ligas de titânio	-	B	R	-	-	-	R	E	-	-	-	B	-	R	R	E
Ligas de cobre	E	B	B	B	E	E	B	E	-	-	E	E	-	E	E	E
Ligas de níquel	E	B	B	-	-	-	R	E	-	-	B	R	-	B	B	E
Ligas de cobalto	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Ligas de molibdênio	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	-	-	-	-	E
Ligas de tungstênio	-	R	R	-	-	-	R	E	-	-	-	R	-	-	-	E
ABS	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Acetatos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	B	-
Nylons	-	-	-	-	B	B	B	-	E	B	-	-	-	-	B	-
Fluorcarbonos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	R	-
Policarbonatos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	B	-
Poliâmidas	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	R	-
Poliestireno	-	-	-	-	B	B	B	-	E	B	-	-	-	-	E	-
PVC	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Poliuretano	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	E	-	B	-
Poliétileno	-	-	-	-	B	B	B	-	E	E	-	-	-	-	E	-
Polipropileno	-	-	-	-	B	B	B	-	-	B	-	-	-	-	E	-
Acrílico	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	-	-	R	-
Epóxi	-	-	-	-	B	B	B	-	E	-	-	-	E	-	R	-
Fenólicos	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	E	-	B	-
Silicones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	R	-
Poliéster	-	-	-	-	B	B	B	-	-	-	-	-	E	-	R	-
Borrachas	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	E	-	R	-

# Nessa fase do projeto, nos preocupamos com o plano macro de processo

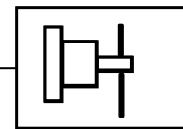
## Plano macro

Cabeçalho			
Seq	Máq	Descrição	Tempos
para cada operação			

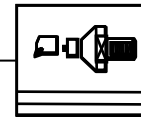
## Detalhamento de operação



Folha de instruções



Plano de inspeção



Montagem de ferramental

## Necessidade de dispositivo !!!!

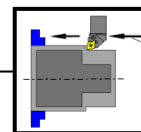
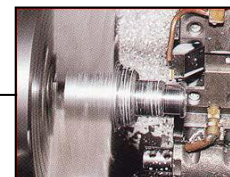


Ilustração de operação

```
N105 G00 X77.5 Y12.5 Z5.0  
N110 R01 8.0  
N115 L36  
N120 M09  
N125 M05  
N130 T27 L96  
N135 D27 G95  
N140 M03 S1200  
N145 M08  
N150 G00 X32.5 Y25.0 Z5.0  
N155 R01 8.0  
N160 L36  
N165 G00 X47.5 Y12.5 Z5.0  
N170 R01 8.0  
N175 L36  
N180 G00 X77.5 Y12.5 Z5.0  
N185 R01 8.0
```

Programa CN



Fotos e filmes  
de processo

... e outros ...

# Exemplo

## Plano macro

### ROTEIRO DE PRODUÇÃO (Folha de Operações)

Exemplo de usinagem de engrenagem

PEÇA Nº 3.04.72.01		DESENHO Nº 116/77			nº de folhas: 1		
NOME: Engrenagem					Folha nº 1		
MATERIAL: Peça fundida em aço 1040					Coligido por:		
LOTE: 300 peças					Aprovado por:		
					Data: 07/07/77		
OPERAÇÕES		código maq.	código ferram.	seção	tempo prepar. (min)	tempo padrão (min/100 pç)	Obs.
Nº	DESCRIÇÃO						
1	tornear e cortar	TOR-3	BIT-45 BIT-38	UP	20	30	
2	usinar dentes e cortar	FRE-1	FC-21 BIT-23	UL	25	65	
3	rosquear	ROS-2	BR0-4	UL	10	20	
4	dar acabamento	FRE-4	BIT-7	A	20	70	

Outras informações: qdade de material para fazer o lote, r.p.m. e avanço da ferramenta, custo do material, tempo real de fabricação e preparação, resumo de custos (M.O., materiais, etc.) do lote, etc.

# Para o seu projeto, comece a detalhar o plano macro de processo

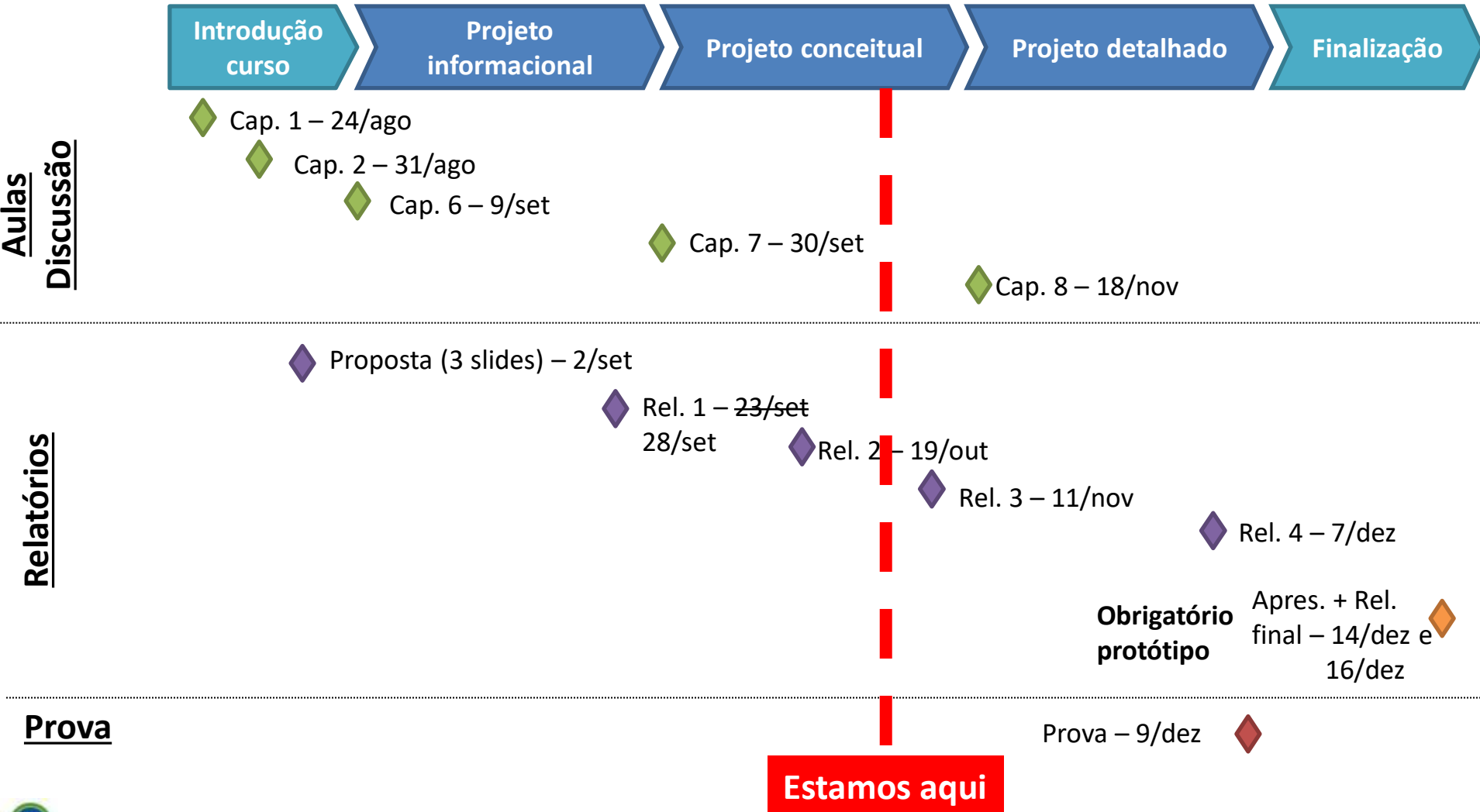
- Selecionar itens críticos ou a montagem do produto final
- Avaliar para itens críticos
  - Geometria dos itens da BOM
  - Materiais
  - Processos de fabricação e máquinas

- Plano macro de processo de fabricação (livro 7.10)
- Próximos passos no projeto

# Cronograma do curso

## Resumos e relatórios

### Fases do curso e do desenvolvimento de produtos



Estamos aqui

# Dúvidas sobre o relatório 3?

## A) Conjunto do produto

Desenhar o produto com a fixação das principais dimensões, elaborando um desenho conjunto, esclarecendo o máximo possível os detalhes. Recomenda-se aprimorar o desenho de conjunto aplicando o DFMA

## B) Estrutura do produto

Estruturar o produto, especificando os principais sistemas, subsistemas e componentes

## C) Constituição do produto

Especificar tecnicamente as matérias-primas selecionadas na composição do produto. Recomenda-se considerar a utilização de materiais reciclados e/ou recicláveis e de materiais com menor impacto no meio ambiente (sustentáveis)

## D) Análise de adequação do projeto para a manufatura e montagem

Aprimorar o produto para a manufatura e montagem empregando o método DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*)

## E) Plano macro do processo de montagem

Definir o roteiro para montagem do produto