



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



## PRO 3610 – Métodos e Meios de Produção

### DFMA – Design para Fabricação e Montagem

Prof. Dr. Fausto L Mascia

1



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



### A fabricação

Em todos os tipos de fabricação, as operações tem suas próprias características específicas, tempos de montagem, vantagens e limitações, custos associados e considerações especiais de projeto.

Simplificação das operações de conformação – relação com a definição do material.

2



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



A **montagem** (reunião de vários componentes individuais de um produto) é uma fase importante da manufatura

Requisitos: facilidade, velocidade e custo

Os custos de montagem em operações de manufatura podem ser substanciais; normalmente variam de 20 a 60% do custo total do produto.

A desmontagem de um produto também é importante para manutenção, serviço e reciclagem de componentes individuais.

Um produto fácil de montar geralmente também é fácil de desmontar.

3



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



O projeto para o **serviço** é igualmente importante no projeto do produto.

Geralmente, produtos precisam ser desmontados em vários níveis para ter acesso aos componentes e, se necessário, reparados.

Facilidade de acesso – o projeto deve adotar como princípio que os componentes com maior probabilidade de necessidade de manutenção sejam colocados, tanto quanto possível, nas camadas externas do produto.

Critério endossado por qualquer pessoa que tenha experiência em manutenção de máquinas.

4



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



### DFMA – O que é?

Uma filosofia que utiliza conceitos, técnicas, ferramentas e métodos para:

- aperfeiçoar a fabricação de componentes;
- simplificar a montagem e desmontagem de produtos;
- simplificar as operações necessárias para o serviço que acompanha o produto.

5



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



### Aplicações

Utilizado em **manufatura**. Análise de produtos: o produto é desmontado e montado novamente dando ênfase a tempos e custos de manuseio (abastecimento e orientação) e junção (inserção) de componentes.

Os tempos e custos podem ser encontrados em tabelas, ou através da utilização de softwares específicos ou ainda por observações empíricas.

DFA pode também ser usado durante o desenvolvimento de um produto, visando a otimização e adequação aos meios de **montagem** e inspeção.

6

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



**DFA**

Metodologias e software de computador disponíveis para projeto para montagem, utilizando projetos conceituais 3-D e modelos sólidos.

Os tempos e custos de submontagens, montagem e desmontagem podem ser minimizados, enquanto a integridade e o desempenho do produto são mantidos.

7

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



**Exemplo simplificado**



<https://www.youtube.com/watch?v=C31RPvtFw6k&t=60s>

8

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



### Aplicações

**DFM**  
Voltado para a fase de projeto – tornar mais fácil a manufatura do produto (incluindo seus componente) desenvolver processos e escolher materiais que diminuam os custos e a complexidade da fabricação

**DFA**  
Voltado para a montagem – tornar a montagem do produto menos custosa e mais rápida possível.

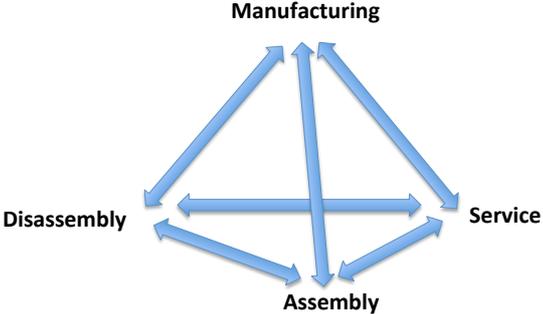
**DFMA → DFMAD → DFMADS**

9

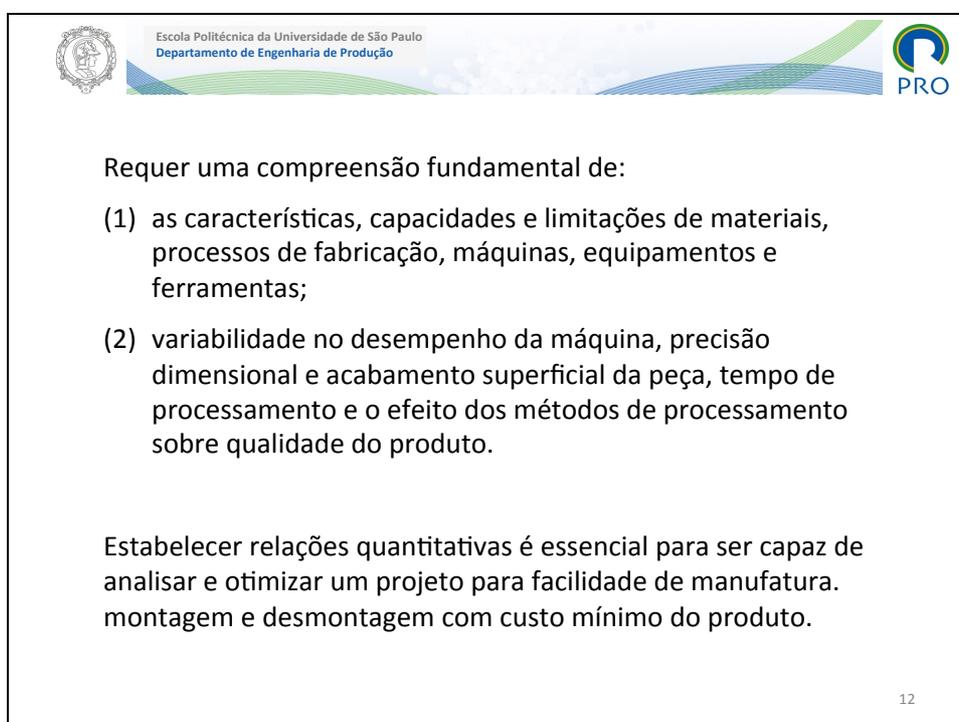
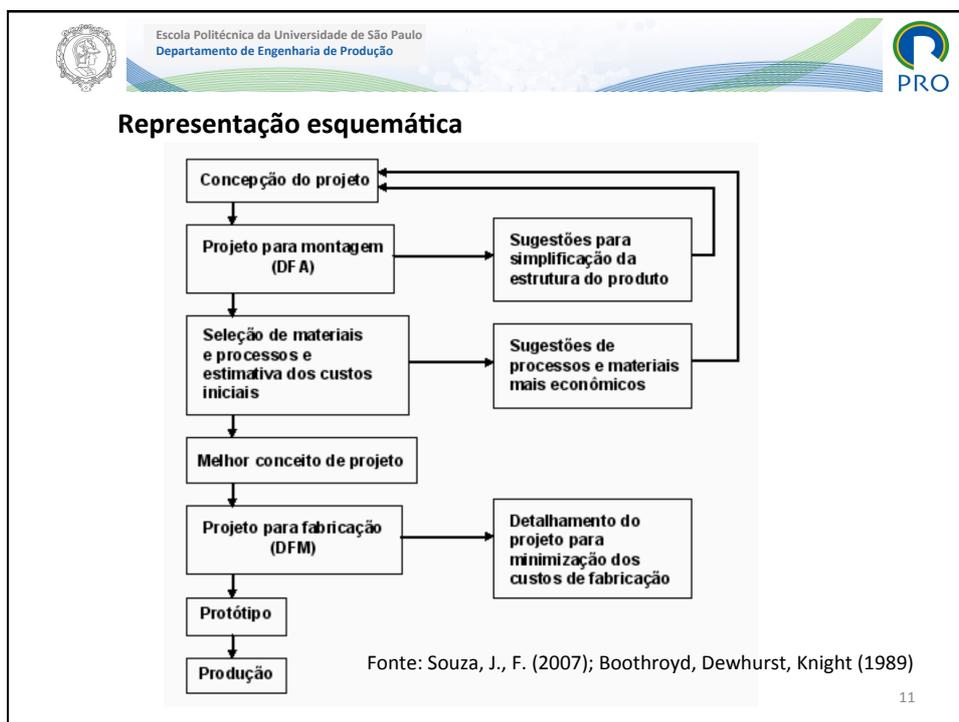
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Representação esquemática



10





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



### Princípios

- Projetar para um número mínimo de componentes;
- Projetar componentes para serem multifuncionais;
- Utilizar componentes e processos padronizados;
- Desenvolver uma abordagem de projeto Modular;
- Utilizar uma montagem empilhada/Unidirecional;
- Facilitar alinhamento e inserção de todos os componentes;

13



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



### Princípios

- Eliminar parafusos, molas, roldanas, chicotes de fios;
- Eliminar ajustes;
- Procurar padronizar materiais, acabamentos e componentes;
- Ter sempre em mente as possibilidades de automação;
- Utilizar e promover o trabalho em equipe.

14



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



### Diretrizes

por meio de análise de:

- valores de tolerâncias;
- complexidade do produto;
- número mínimo de componentes necessários;
- layout do produto.

15



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



Formas geométricas de componentes interferem no manuseio durante a montagem; atenção para:

- simetria;
- assimetria;
- acomodação entre peças;
- embaraçamento;
- adesão por contato

16

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



- simetria



simétrico



assimétrico

Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

17

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



- assimetria



Com referência



Sem referência

Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

18

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



- acomodação entre peças



Evita adesão



Não evita adesão

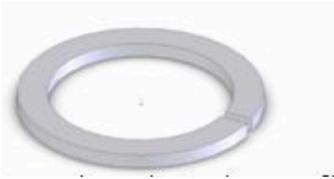
Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

19

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



- embaraçamento



Evita embaraçamento



Não evita embaraçamento

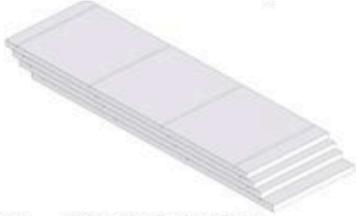
Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

20

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



- Adesão por superfície



Evita adesão



Não evita adesão

Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

21

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



Inserções e fixações - atenção para

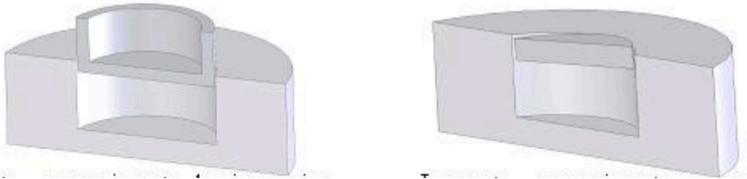
- Força de montagem;
- Padronização;
- Sequência de montagem;
- Operações adicionais;
- Pré posicionamento

22

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



- Evitar travamento



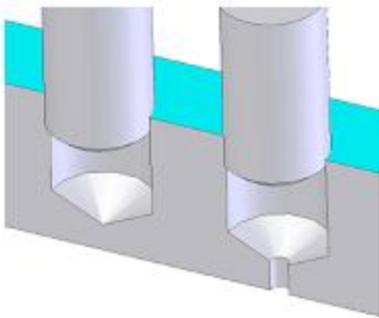
Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

23

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



- Saídas de ar no alojamento

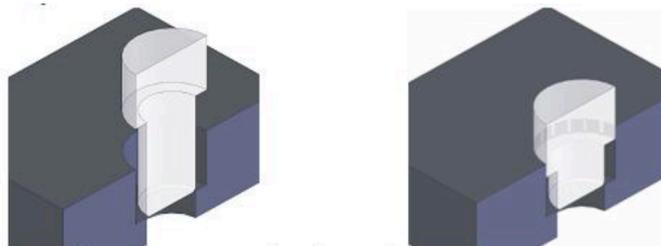


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

24



- Guia para montagem

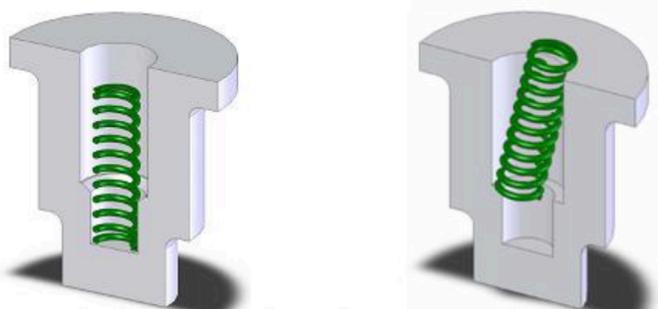


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

25



- Chanfro para auxiliar alinhamento



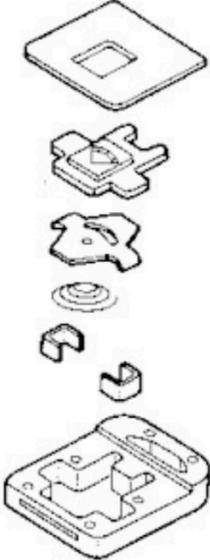
Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

26

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



### Sequência de montagem

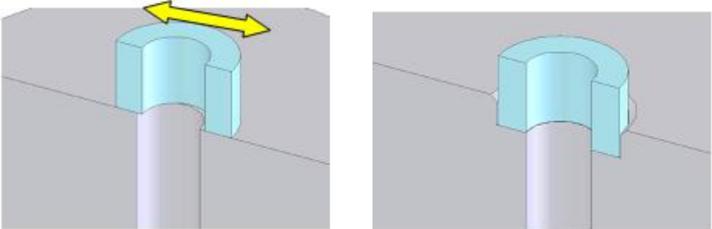


27

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



### Posicionamento



Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

28



## Posicionamento

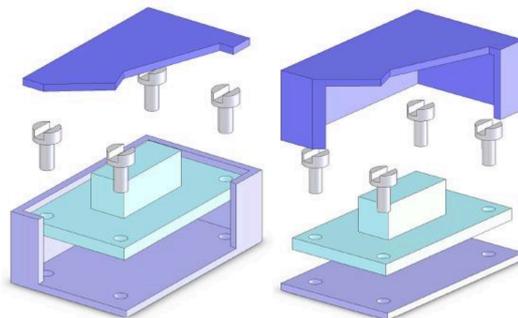


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

29



## Acessibilidade

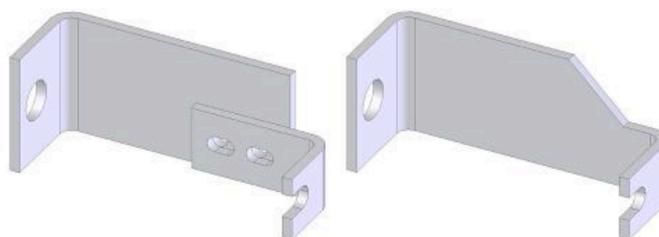


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

30



### Simplificação

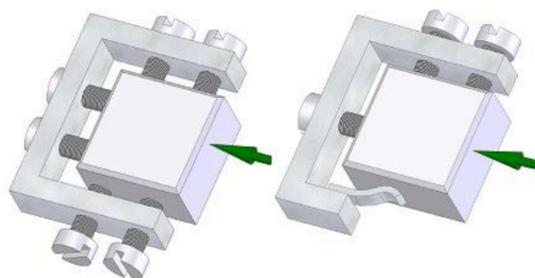


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

31



### Excesso de restrição

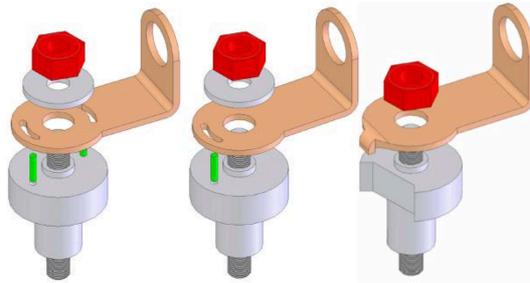


Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

32



## Excesso de restrição



Fonte: Souza, J., F. (2007); Boothroyd, Dewhurst, Knight (1989)

33



## Exemplo

<https://www.youtube.com/watch?v=zYUJ7PMOrug>

34

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



## Exemplo



<https://www.youtube.com/watch?v=zYUJ7PMOrug>

35

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



## Bibliografia

SOUZA, J. F. de Aplicação de projeto para manufatura e montagem em uma abordagem de engenharia reversa: estudo de caso. Dissertação. Universidade Federal de Itajubá. 2007.

BOOTHROYD, G., DEWHURST, P., KNIGHT, P., Product Design for Manufacturing and Assembly, 2d. Ed. Loan Marinescu. Ohio, 1989.

36