



DESIGN DE ESTRUTURAS AEROESPACIAIS

Daniel Afonso

Escola Superior Aveiro Norte,
Universidade de Aveiro
Centro de Tecnologia Mecânica e
Automação (TEMA)
dan@ua.pt www.ua.pt/pt/p/16609746

SUMÁRIO

DFX

- Design for excellence

Exemplos de DFX

- Fabrico, montagem, desempenho, ambiente, qualidade total

Aplicação de DFX num projeto



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis



DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES PARA ESTRUTURAS E MECANISMOS

Design for X

DESIGN FOR X

O processo de desenvolvimento de produto deve ser pensado de acordo com diferentes fatores - requisitos de otimização: “X”

- a palavra design refere-se ao projeto do produto, processos e sistemas associados

Otimizar o projeto, o fabrico e atividades de suporte através da incorporação do conhecimento existente para os diferentes “X”

DESIGN FOR X

“X” pode denominar-se excellence:
formado por duas partes

- “x” - processo específico do ciclo de vida do produto
- medida de desempenho

“X” = x + ability

DESIGN FOR X

design for
assembly cost

design for
manufacturing
cost

design for
reliability

design for
maintainability

design for
recyclability

design for
minimal use of
material

design for
disassembly

design for
serviceability

design for the
environment

design for
minimal
disposal

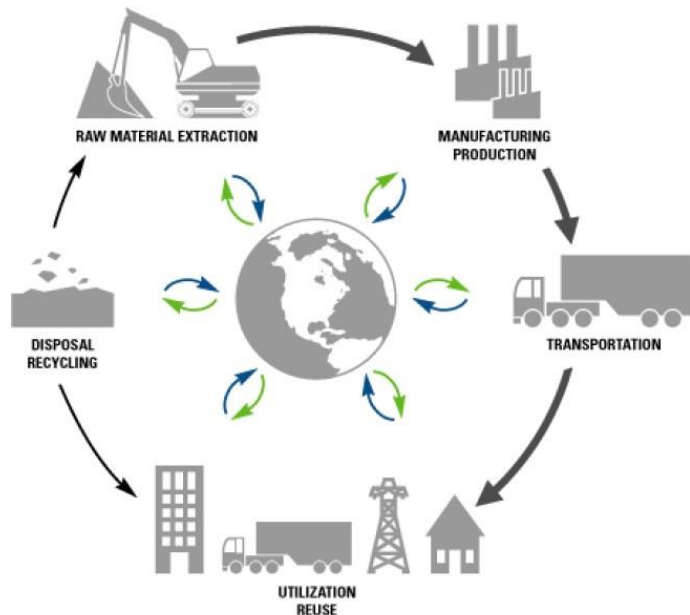
design for life-
cycle cost

design for six
sigma

(exemplos, outros processos e medidas de desempenho possíveis)

CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO

conjunto de todas as fases pelas quais o produto passa desde a produção até ao desmantelamento



Adapted from "IDEO-Sustainability: A Lens for Design"

DFA — DESIGN FOR ASSEMBLY COST



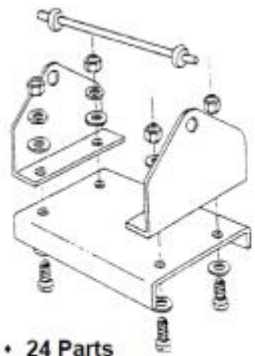
DFA

- assegurar a possibilidade de montagem de peças
- minimizar o custo associado à montagem de peças

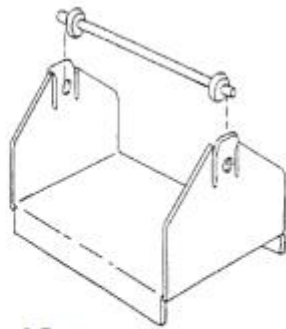
métodos de DFA

- minimizar número de peças, em particular peças diferentes
- dimensionar corretamente folgas e tolerâncias
- incluir várias funções na mesma peça
- criar módulos, várias peças em sub-montagens
- facilitar a identificação de orientação de peças
- maximizar a simetria de peças
- criar formas de alinhamento e geometrias para facilitar orientação e montagem
- minimizar número de componentes de ligação
- garantir o acesso a todas as peças e componentes
- garantir o acesso de ferramentas de montagem

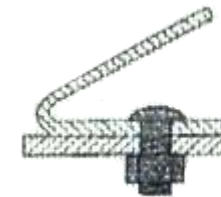
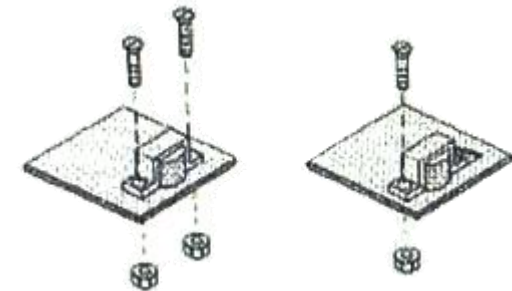
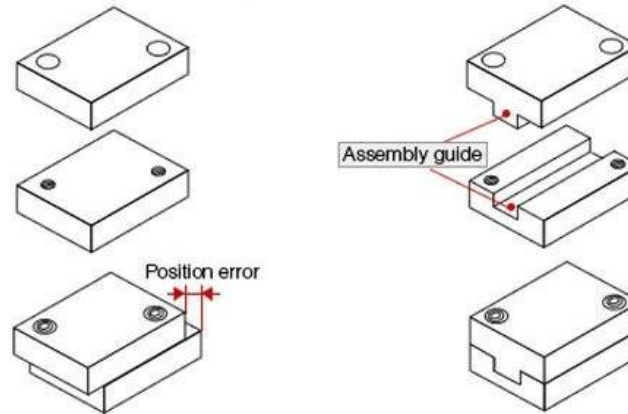
DFA - DESIGN FOR ASSEMBLY COST



- 24 Parts
- 8 different parts
- multiple mfg. & assembly processes necessary



- 2 Parts
- 2 Manufacturing processes
- one assembly step



DFM — DESIGN FOR MANUFACTURING COST



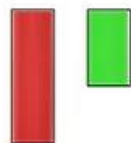
DFM

- assegurar a possibilidade de fabrico de peças
- minimizar o custo associado ao fabrico de peças

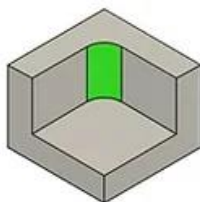
métodos de DFA

- adequar a geometria da peça às limitações do processo
- Utilizar componentes standard (off-the-shelf) sempre que possível
- possibilitar o menor número de ferramentas de fabrico
- possibilitar a simplificação da geometria e funcionamento de ferramentas específicas
- reduzir o número de passos de fabrico necessários à produção de um componente

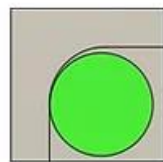
DFM — MAQUINAGEM



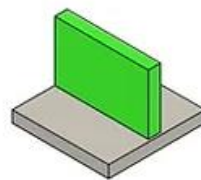
Cutter Length



Internal Fillets



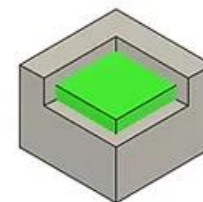
Fillets Sizes



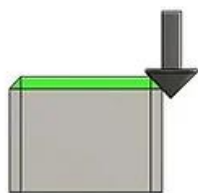
Feature Height



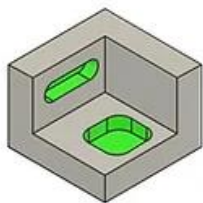
Tapping



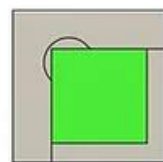
Raw Stock Sizes



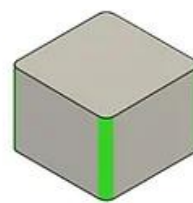
Chamfers



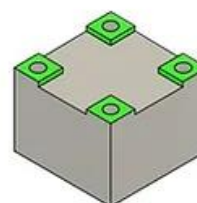
Setups



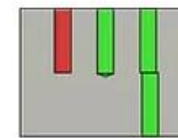
Square Corners



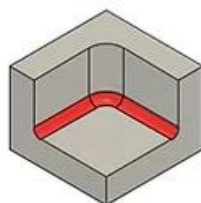
Deburr Corners



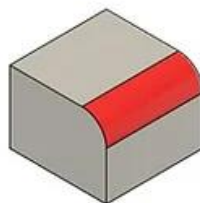
Datum Feet



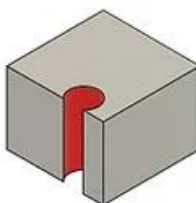
Drilling



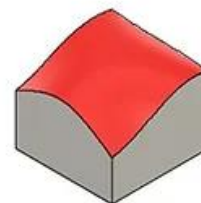
Floor Fillets



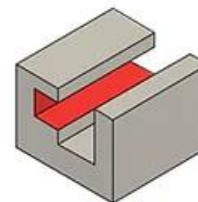
Top Edge Fillets



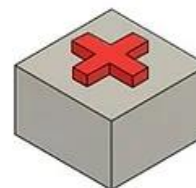
Edge Holes



3D Surfaces

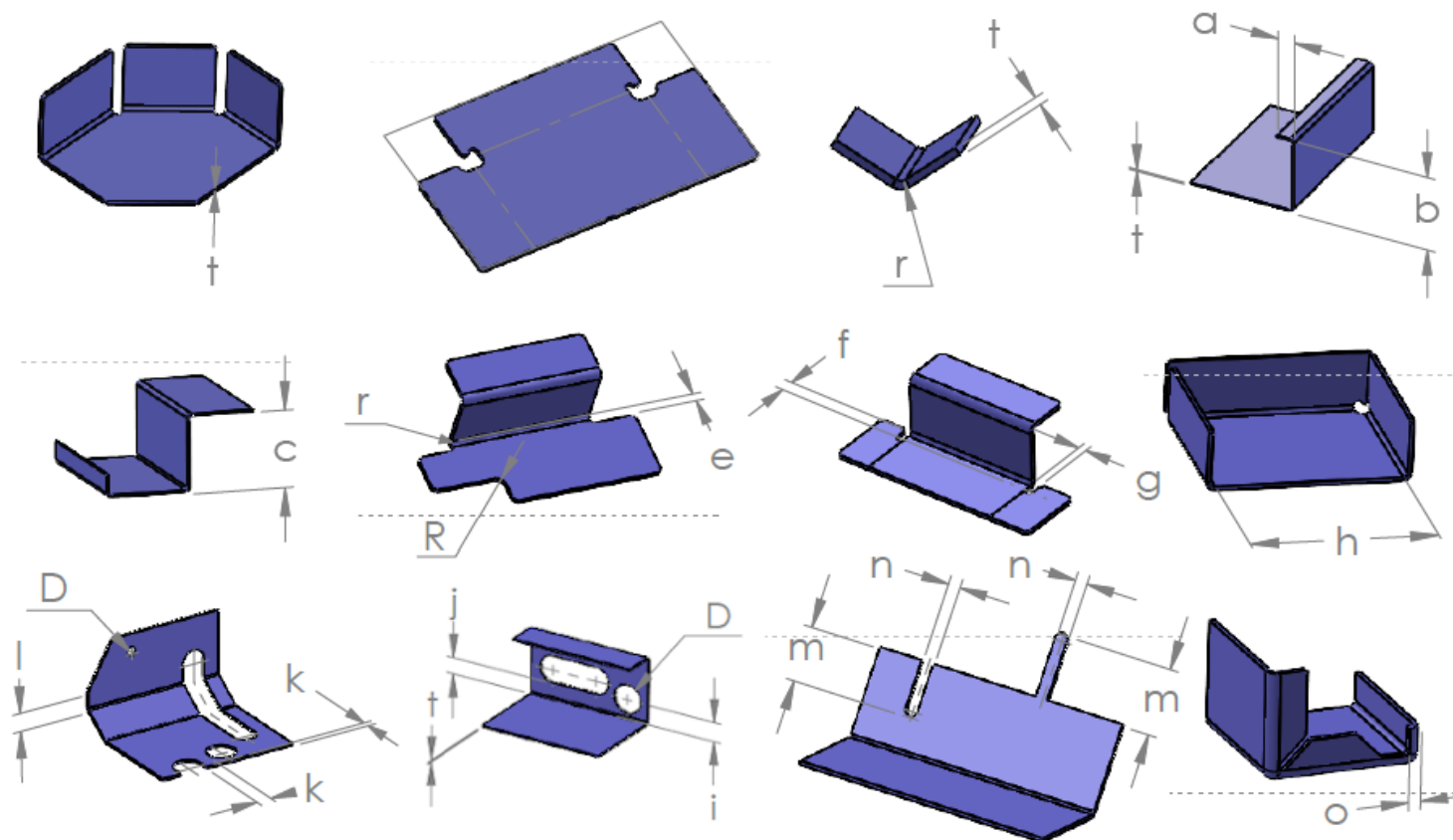


Undercuts

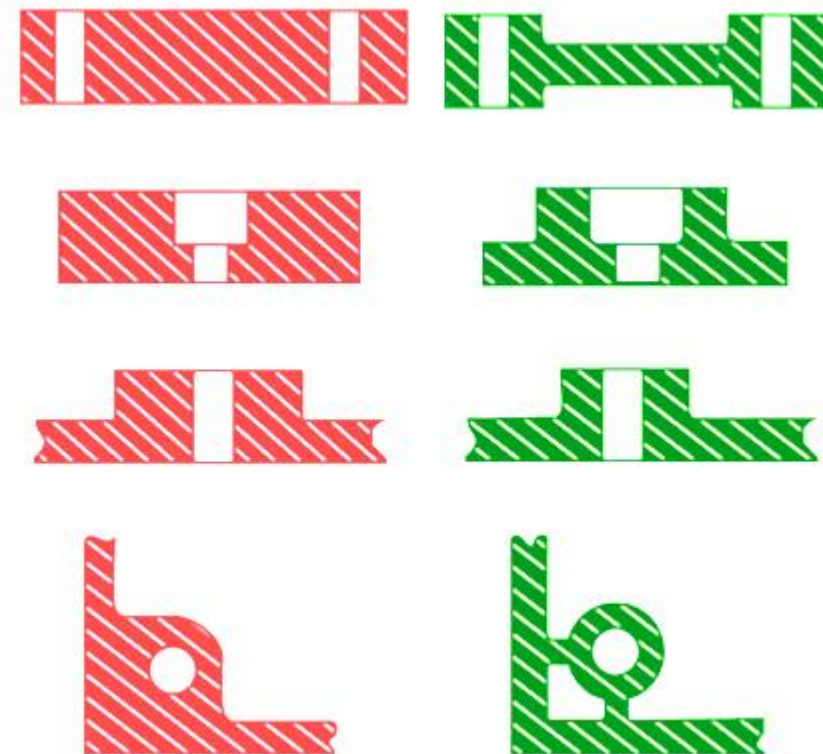
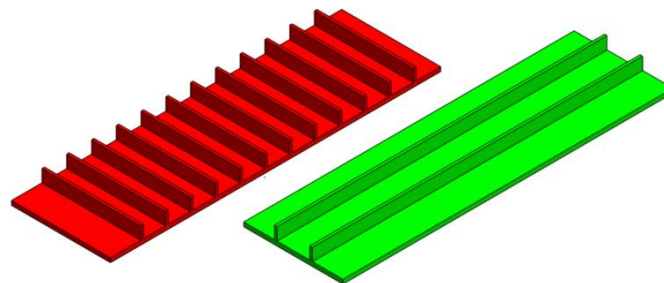
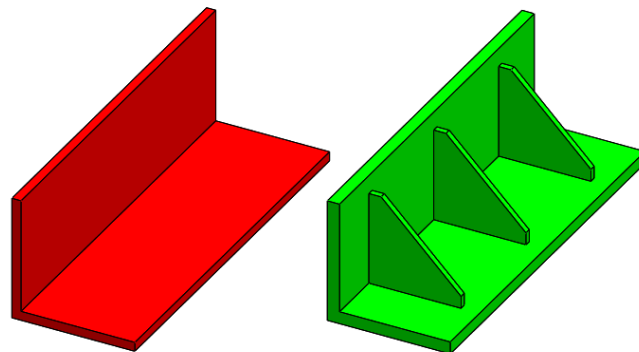
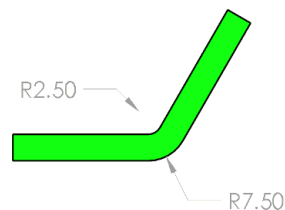
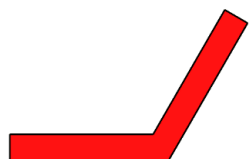
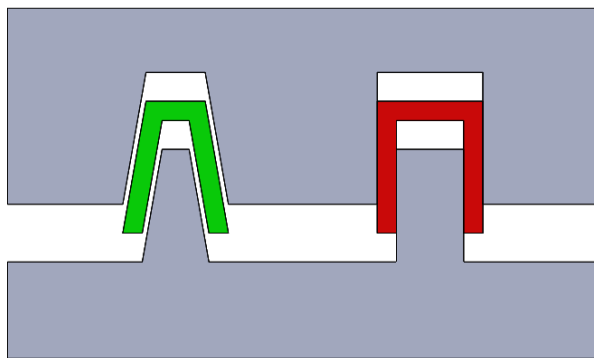


Text

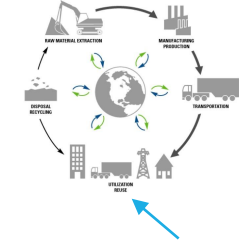
DFM — PEÇAS EM CHAPA



DFM — PEÇAS MOLDADAS



DFR — DESIGN FOR RELIABILITY



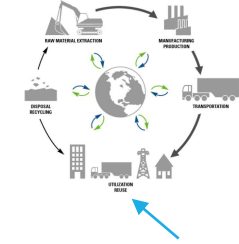
DFR

- garantir um produto confiável/durável/seguro
- assegurar o bom funcionamento do produto

métodos de DFR

- prever todos os cenários e potenciais falhas no produto: porquê, onde, como, quando?
- analisar falhas/potenciais falhas: FMEA
- reduzir o esforço que causa a falha
- minimizar os fatores de degradação dos componentes
- aumentar a capacidade de resistir à causa da falha
- simplificar/alterar o método funcional do produto
- maximizar o uso de componentes standard/normalizados (testados previamente)
- implementar sistemas de redundância e sistemas para minimizar consequência da falha

DFS — DESIGN FOR SERVICEABILITY



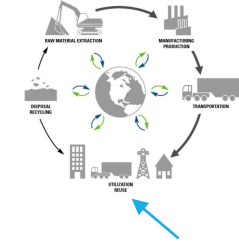
DFS

- analisar as necessidades de serviços associados ao produto/componente:
 - tempo de montagem/set up
 - segurança
 - diagnóstico
 - manutenção

métodos de DFS

- facilitar a montagem, operação e manutenção do equipamento
- minimizar o número de pontos/componentes suscetíveis de falha
- facilitar a inspeção e diagnóstico de pontos/componentes suscetíveis de falha
- possibilitar inspeção remota através de sensorização
- garantir a segurança de operador em operações com o equipamento
- procurar garantir a disponibilidade de componentes de substituição

DFMa — DESIGN FOR MAINTAINABILITY



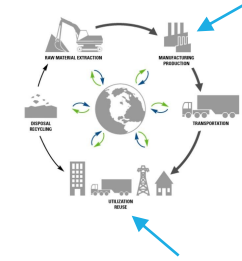
DFMa

- assegurar a facilidade de manutenção
- definir manutenção preventiva
- facilitar manutenção corretiva

métodos de
DFMa

- minimizar o número procedimentos de manutenção
- minimizar as competências para manutenção
- facilitar o acesso a pontos de manutenção
- utilizar componentes normalizados
- implementar dispositivos de segurança

DFMHT — DESIGN FOR MINIMUM HAND TOOLS



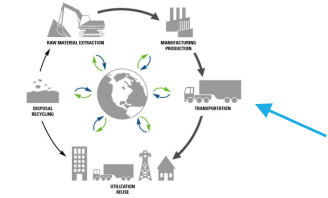
DFMHT

- facilitar o acesso a componentes
- reduzir o número de ferramentas necessárias para montagem
- reduzir o número de ferramentas necessárias para manutenção

métodos de
DFMHT

- minimizar o número de operações de montagem e manutenção que obriguem à utilização de ferramentas
- minimizar o número de referências de elementos normalizados
- facilitar o acesso aos componentes de fixação
- garantir uma utilização ergonómica de ferramentas manuais

DFL — DESIGN FOR LOGISTICS



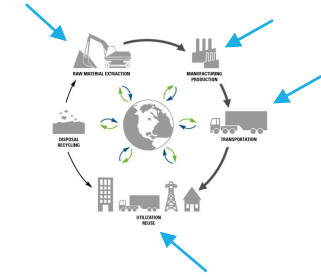
DFL

- facilitar operações logísticas
- responder à disponibilidade, capacidade de resposta a falhas de logística: flexibilidade e dinâmica de mercado
- reduzir custos associados às operações logísticas
- compensar falhas logísticas

métodos de DFL

- preocupações com a referenciação de componentes, facilitando a sua identificação
- utilização de componentes normalizados em alternativa a componentes standard
- minimizar massa e volume de peças/embalagens a transportar

DFMUoM — DESIGN FOR MINIMAL USE OF MATERIAL



DFMUoM

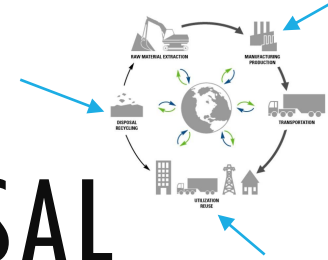
- reduzir a quantidade de material utilizado
- reduzir a quantidade de desperdício
- reduzir a quantidade de material utilizado em embalagens

métodos de
DFMUoM

- minimizar a massa das peças
- aproximar a geometria das peças à geometria primária da matéria prima
- otimizar a geometria das peças de forma a suportar o esforço com um fator de segurança adequado — sem sobredimensionamento

DFRe - DESIGN FOR RECYCLABILITY

DFMD - DESIGN FOR THE MINIMAL DISPOSAL



DFRe

- possibilitar recuperar os materiais utilizados
- possibilitar reciclar os materiais utilizados
- cálculo de quotas de reciclabilidade
- comparar cenários de fim-de-vida de produtos

DFMD

- redução da emissão de poluentes durante o processo de fabrico e de operação do equipamento
- redução da deposição de sólidos durante o processo de fabrico, operação e fim de vida
- redução do número de componentes de desgaste

DFE - DESIGN FOR THE ENVIRONMENT



DFE

- minimizar o impacto ambiental associado à produção, logística e utilização
- considerar o ambiente como um cliente (necessidades)
- maximizar reciclabilidade e reduzir consumo energético
- valorizar o produto pela preocupação com o ambiente

métodos de DFE

- calcular e minimizar o consumo energético em todo o ciclo de vida
- preocupações com DFRe e DFMD

DFTQ — DESIGN FOR TOTAL QUALITY

DFLCC — DESIGN FOR LIFE-CYCLE COST



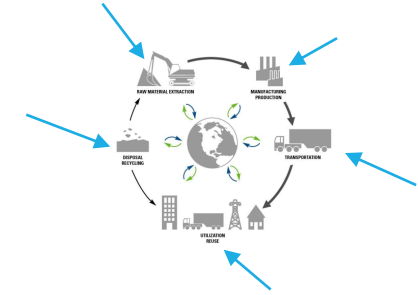
DFTQ

- preocupação com previsibilidade do produto
- preocupação com confiança no produto
- preocupação com performance do produto
- preocupação com custos de operação e de manutenção

DFLCC

- preocupações com o custo real do projeto:
 - desenvolvimento, implementação de DFX
 - fabrico, defeitos, litígios, distribuição,
 - devoluções, suporte, garantia, etc
 - operação, custos de falha
 - desmantelamento

DFSS — DESIGN FOR SIX SIGMA



DFSS

- maximizar o valor do produto
- responder às verdadeiras necessidades do cliente/mercado
- maximizar o desempenho
- minimizar a probabilidade de falha

métodos de DFSS

- definir objetivos coerentes com necessidade do cliente/mercado e estratégia de empresa
- medir recursos e riscos
- analisar e organizar informação
- desenvolver e implementar conceitos, verificar conceitos e implementar
- realizar testes em simulação / protótipo antes de produto final

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO

