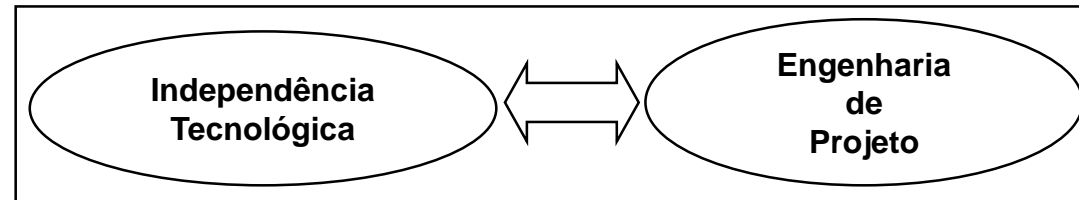


1- NOÇÕES BÁSICAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

1.1- A importância do projeto

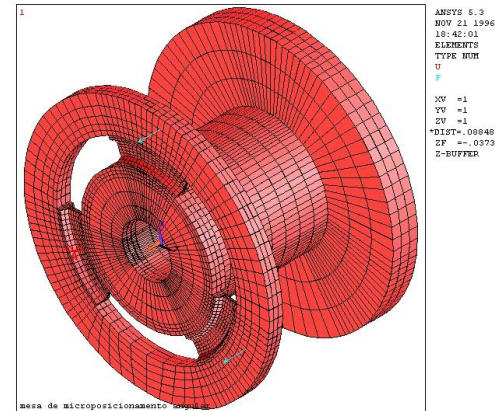


	material	projeto
Handheld	20%	80%
Software	0%	100%
Navio	70%	30%

PROJETO

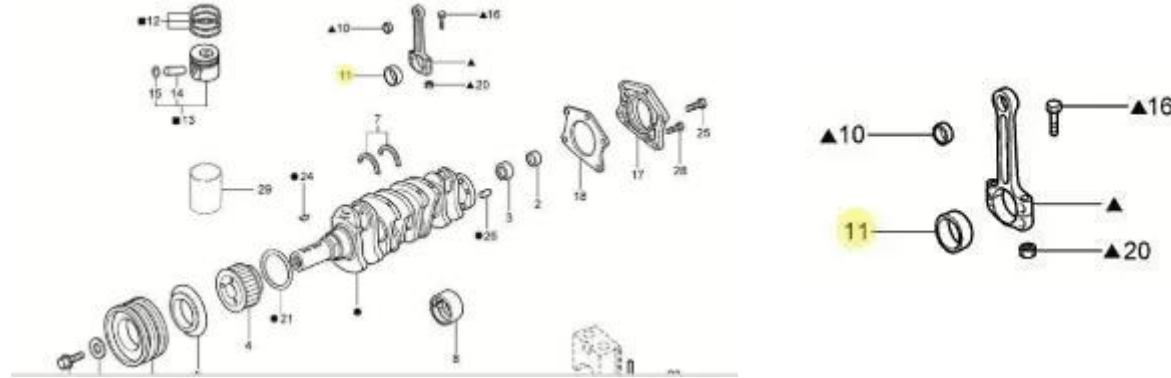
Projeto é:

- ✓ é um processo inovador e altamente iterativo;
- ✓ é também um processo de **tomada de decisões**;
- ✓ multidisciplinar.



O Projeto mecânico é uma propriedade intelectual que exige: observação, criatividade, inteligência, atualização, domínio das ferramentas computacionais e de cálculos. Atualmente o engenheiro conta com as poderosas tecnologias computacionais (CAE-CAD-CAM) e da informação (Internet, banco de dados). Erros e incertezas são intrínsecos ao projeto. As ferramentas computacionais auxiliam muito na redução deles, *mas*, mesmo assim, é fácil construir modelos computacionais com *erros*. Pode ser fácil corrigi-los, desde que se conheça como fazê-lo.

PROJETO



Projeto é:

✓ multidisciplinar.

Bucha de aço carbono

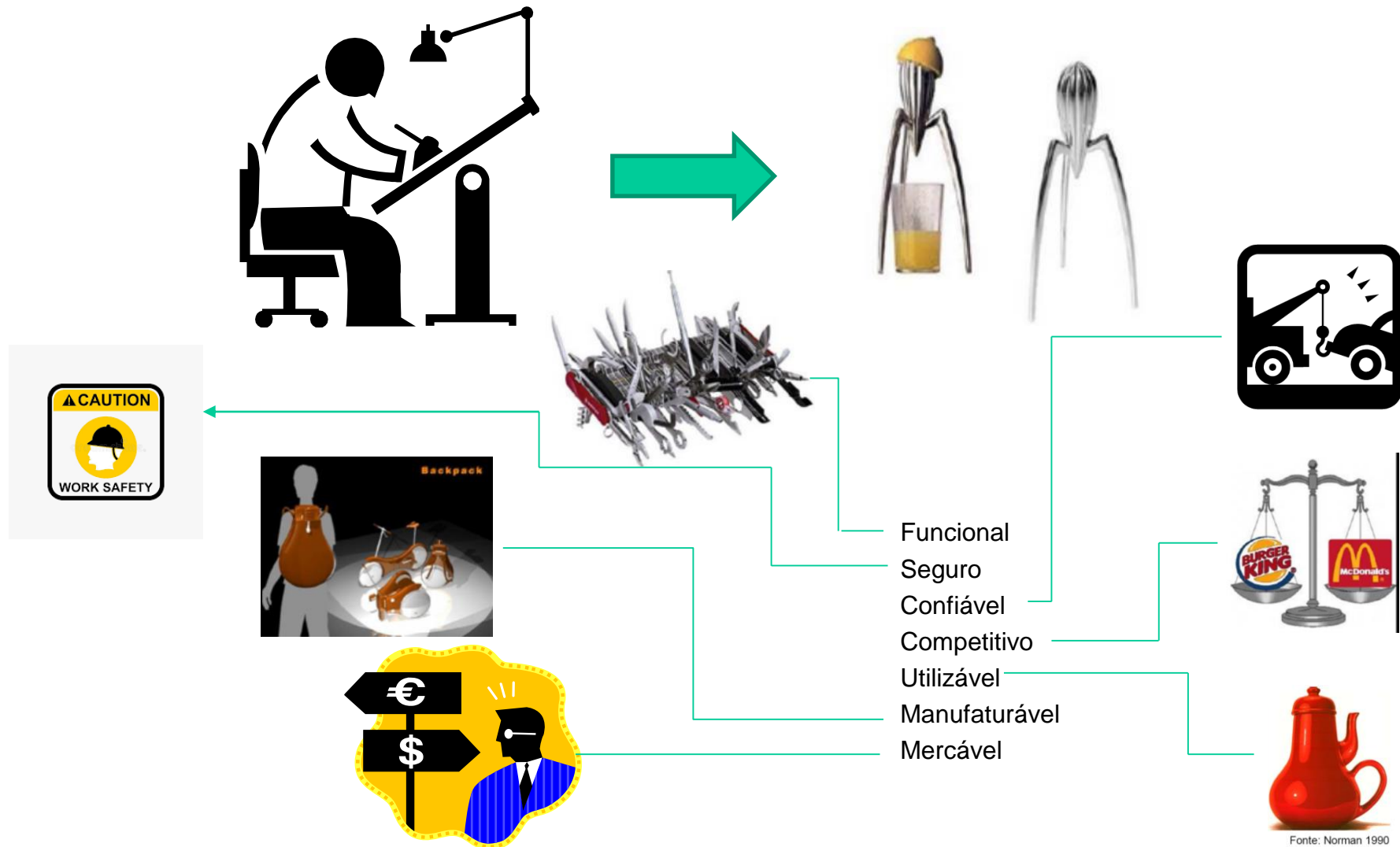


Consiste de uma base de aço com níquel baixo teor de carbono, uma película com propriedades de cobre eletrolítico. Sobre esta película de cobre eletrolítico é colocada uma camada de bronze-estanho sinterizado que ancora a superfície autolubrificante de PTFE

<http://www.thecnolub.com.br/>

PROJETO

Espremedor Juicy Salif, de 1990. Criação de Philippe Starck para a empresa italiana Alessi.

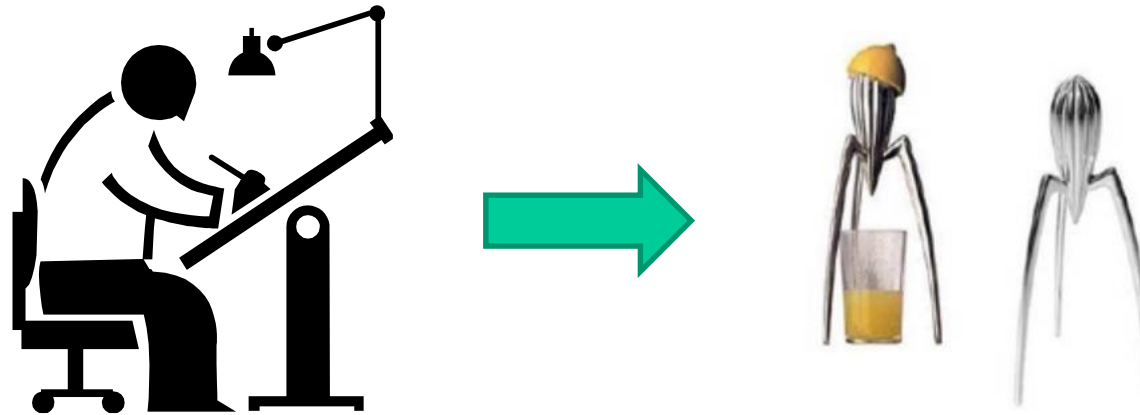


Fonte: SHIGLEY, J.E., Projeto de engenharia mecânica, Ed. Bookman, 7ed., 2005

Fonte: Norman 1990

PROJETO

Espremedor Juicy Salif, de 1990. Criação de Philippe Starck para a empresa italiana Alessi.



O poder de sedução do design de alguns objetos materiais e virtuais pode transcender questões de preço e desempenho tanto para compradores quanto para usuários. Para decepção de muitos engenheiros, a aparência de um produto pode às vezes causar o sucesso ou o fracasso da reação do mercado ao produto. O que esses objetos têm em comum é a capacidade de criar um laço emocional com os públicos, quase uma necessidade para eles.

<http://www.revistacliche.com.br/2013/08/o-design-que-te-seduz/>

MORFOLOGIA DO PROCESSO DE PROJETO

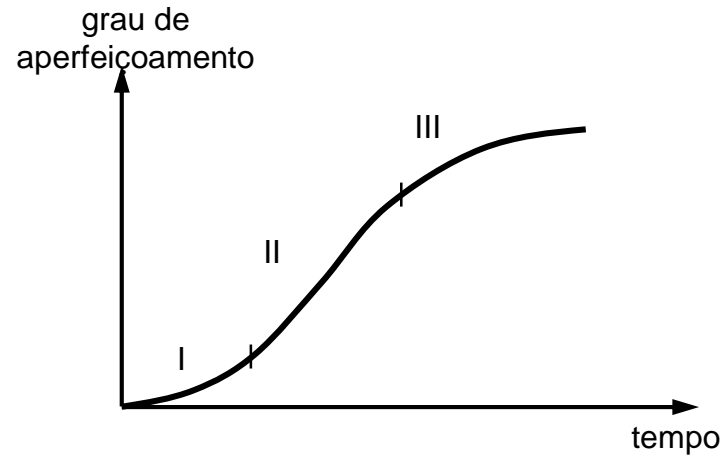
A abordagem científica e temática de projeto, sua organização e métodos começaram a ser estudadas e interpretadas a partir dos **anos 50**, e deve-se ao grande progresso tecnológico obtido durante e decorrente da segunda guerra mundial.

- São representações **filosóficas e estratégicas** para a condução de um projeto e que podem ser classificados em **modelos prescritivos, descritivos e computacionais**. ASIMOW 1968, EVBUOMWAN et al. 1996.

- À medida que um projeto é iniciado e desenvolvido, desdobra-se uma sequência de eventos em ordem cronológica, formando um **modelo comum a outros projetos**. ASIMOW 1968

1.2- Desenvolvimento dos projetos

- Basear-se no que já existe
- Alterar pontos fracos
- Engenharia reversa



JAPÃO:

Anos 50: Indústria arrasada pela guerra

Anos 60: Produtos similares → custo ↓ , qualidade ↓

Anos 70: Produtos similares → custo ↓ , qualidade ↑

Anos 80: Produtos avançados → custo ↑ , qualidade ↑

Anos 90: Liderança

FONTE: NIEMANN, G. Elementos de Máquinas. Ed. Egard Blücher Ltda v.1, 1971.

1.3. Fases de um Projeto

I - Surgimento do produto

- Análise do mercado e/ou
- Solicitação de clientes e/ou
- Plano de desenvolvimento da empresa

II- Esboço preliminar do produto

- Especificação bem feita do produto

III - Planejamento do projeto

- Fases e responsabilidades
- Cronograma

IV - Ante-projeto

- Dimensionar
- Verificar (cálculos)
- Desenhar

V - Análise de custos

- Processo preliminar de fabricação

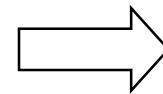
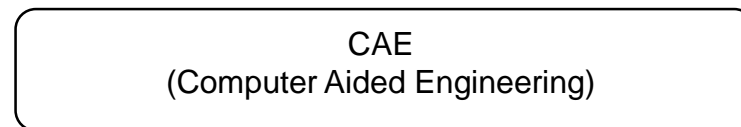
VI - Avaliação do projeto

Envolver todos os departamentos:

- Marketing/vendas
- Assistência técnica
- Projeto
- Fabricação
- Planejamento
- Controle de Qualidade
- Custos
- Compras

VII - Projeto final (definitivo)

- Protótipo
- Modelagem com CAE

VIII - Construção de protótipo

- Elementos Finitos
- Cálculos computadorizados

IX - Testes e avaliação do Produto**X - Alterações****XI - Liberação final para produção**

OBS:

Vida e obsolescência de projetos!

1.4. Aplicativos de CAE

a. Método dos Elementos Finitos

- Tensões e deformações nas peças
- Frequências naturais (ressonâncias) e modos de vibrar
- Transmissão de calor
- Escoamentos de fluidos
- Campos elétricos e magnéticos
- etc

b. Modelagem de sólidos

- Construir figuras 3D
- Gerar malhas de Elementos Finitos

c. Propriedades de sólidos

- Massa
- Áreas
- Volume
- Centro de Gravidade
- Momentos de inércia

d. Projeto de tubulações**e. Cinematismo de sistemas**

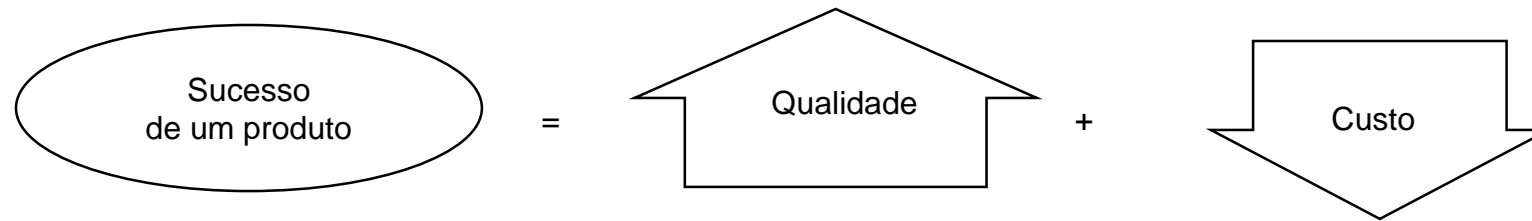
- Trajetória de robôs
- Cálculo de folgas e colisões

f. Projeto de matrizes para injeção de plástico

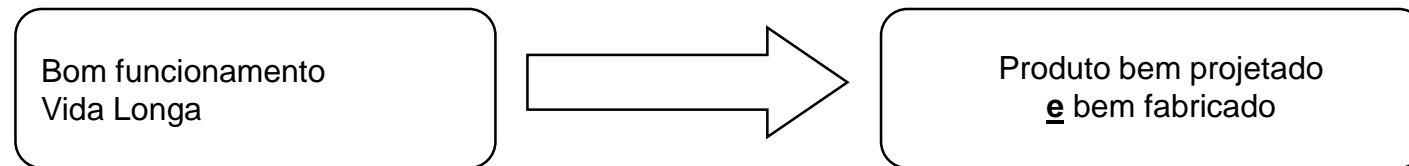
- Projeto de cavidade
- Controle das variáveis do processo
- Projeto do estampo

g. Projeto de placas de circuitos impressos**h. Projeto estrutural arquitetônico****i. Automatização de cálculos e dimensionamento**

1.5. Qualidade e custos



- Qualidade de projeto:
"Produto obedece especificações de projeto"
- Qualidade de fabricação:
"Peças obedecem especificações de desenho"



Custos

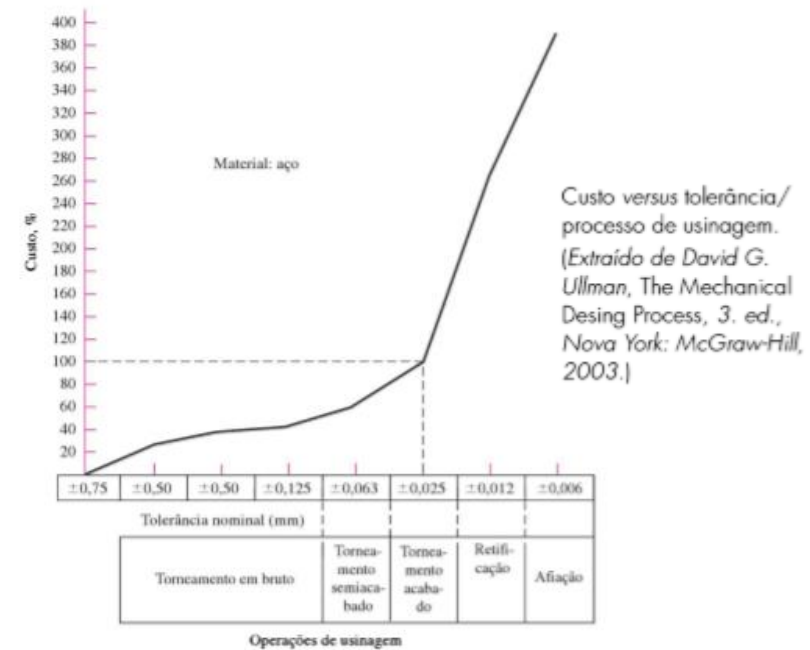
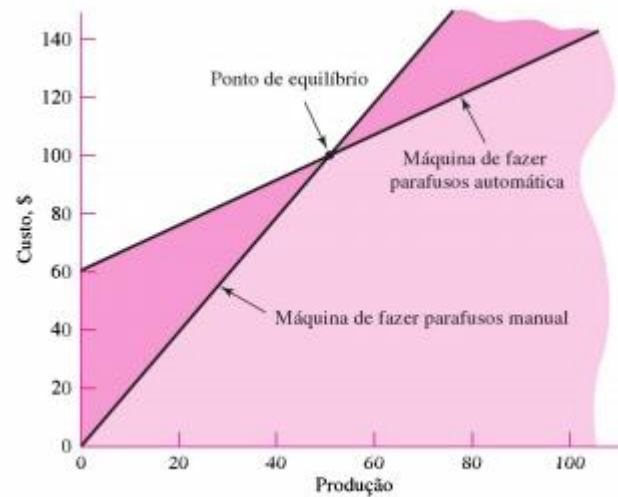
“Custos são funções das opções de projeto feitas pelo projetista”

Custo de projeto
Custo de fabricação

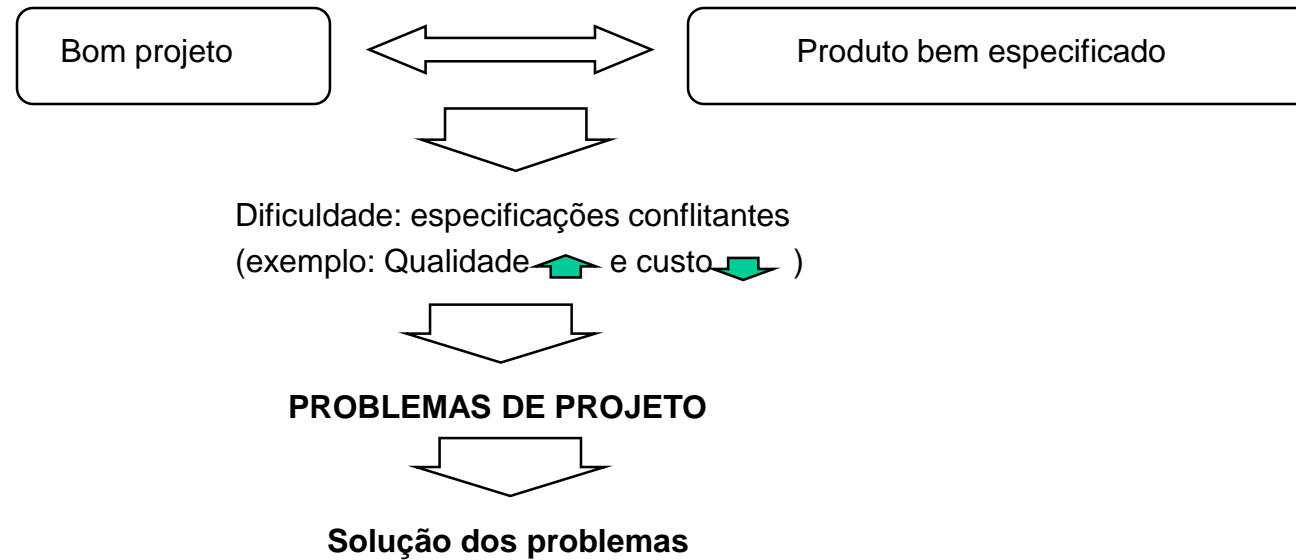
⇒ Preço de venda

Custo de operação
Custo de manutenção

⇒ Custo operacional



1.6. Solução dos problemas de projeto



- a) Localizar bem os problemas
O que é importante para a peça / produto funcionar bem

EXEMPLO: Identificar superfícies/partes funcionais e acessórias

Exemplos de superfícies funcionais:

- Superfícies que transmitem força / momento
- Assento de rolamentos
- Guias de movimento relativo
- Superfícies de posicionamento
- Superfícies de vedação e/ou lubrificação

b) Identificar o tipo de problema:

Problema de : {

- projeto
- fabricação
- especificação
- etc.

c) Fazer perguntas adequadas:

- Como os concorrentes solucionam?
- Quais objetivos não foram alcançados?

• Qual a solução mais :

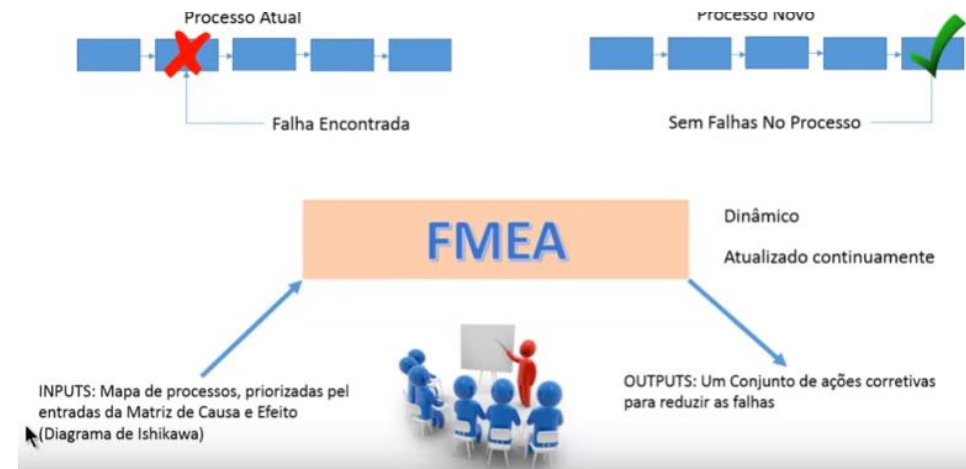
Fácil?
Barata?
Correta?

d) Analisar várias alternativas

- “Brain Storm”
- Listar todas as soluções possíveis
- Dar notas e escolher
- técnica de Quality Function Deployment (QFD)

e) FMEA

- modernamente aplica-se também Failure Mode and Effects Analysis. Esta técnica e a de QFD (Quality Function Deployment) são ferramentas de Engenharia de Produção aplicados ao projeto de produtos



Geração de idéias

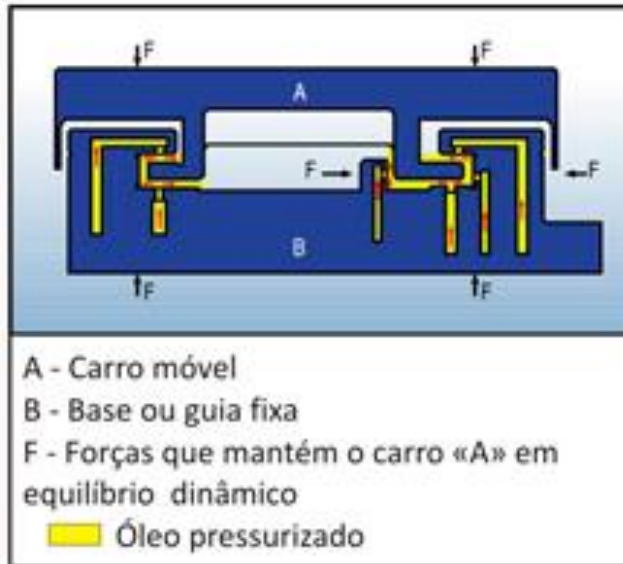
É um ato fundamental, para pensamento criativo. Muitas técnicas de criatividade são citadas na tentativa de unir ideias que se encontram livres.

Ferramentas de geração de idéias:

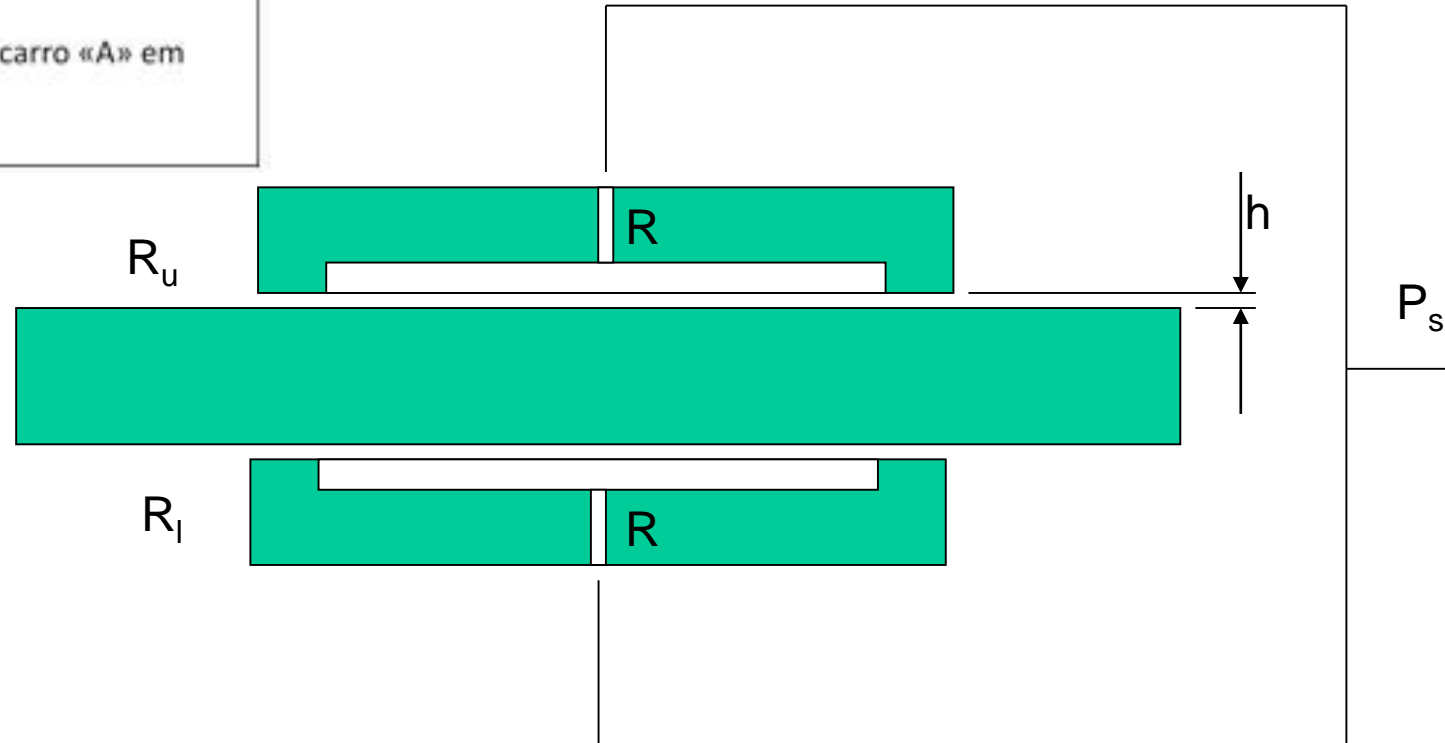
- Métodos convencionais: procura de literatura, análise de sistemas naturais, análise de sistemas de técnicas existentes, analogias;
- Métodos intuitivos: *brainstorming*, *brainwriting* (Método 6.3.5), método de combinação;
- Métodos discursivos: estudo sistemático de processos físicos, busca sistemática com esquemas de classificação auxiliar, uso de catálogos técnicos de projeto.

Algumas requerem pouco tempo e esforço. Assim, os possíveis benefícios de uma solução inovadora geralmente justificam os seus custos. Para muitos projetistas, quando se necessita de uma ferramenta para geração de novas idéias adota-se o processo de *Brainstorming*. Porém, essa técnica pode se mostrar pouco eficiente. Segundo Baxter (1999), a principal característica do *Brainstorming* baseia-se nas idéias de uma pessoa, que inspira outras pessoas e, assim idéias vão fluindo respectivamente. Porém, deve-se cuidar para que o processo não fique polarizado na idéia inicial. Dessa forma, o resultado obtido não será muito diferente daquele que seria conseguido individualmente.

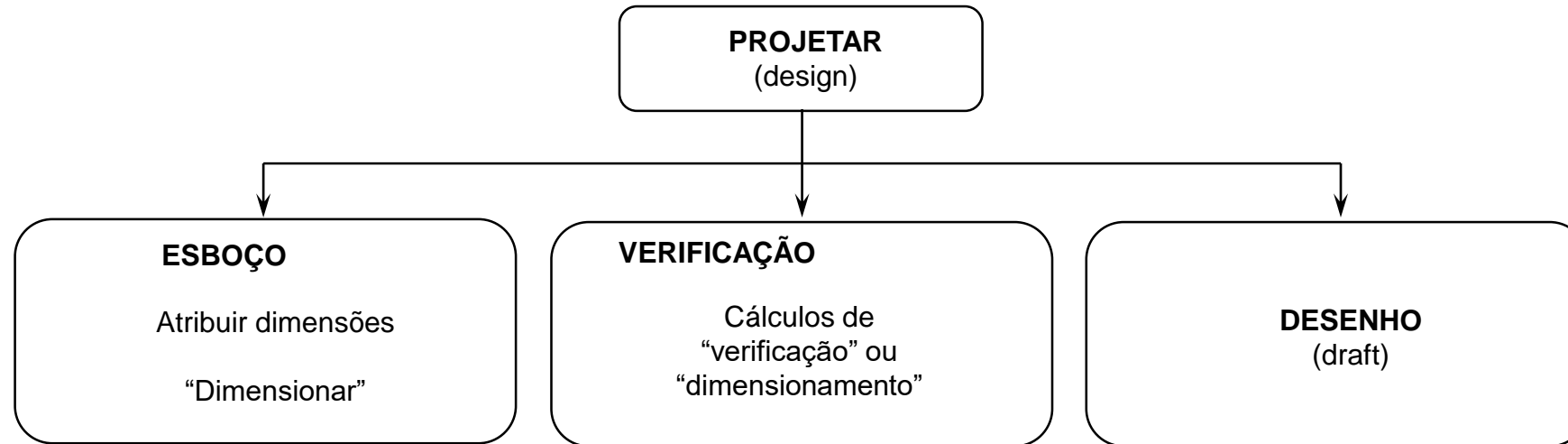
Fonte: Pahl (2005); Baxter (1999) :



$$\Delta P = P_u - P_l = P_s \left(\frac{R_u}{R + R_u} - \frac{R_l}{R + R_l} \right)$$



1.7. Projetar, dimensionar, verificar



Critérios usuais:

- Tensão admissível
- Flecha (deformação) admissível

• **Outros Critérios:**

- rigidez dinâmica
- velocidade crítica
- resistência à corrosão
- etc

2. ALGUMAS REGRAS DE BEM PROJETAR

2.1. Redução de custos

a) Redução de custos na construção.Ex:

- Comprar ou fabricar nós mesmos?
- Padronização e normalização de peças

b) Redução de custos de material.Ex:

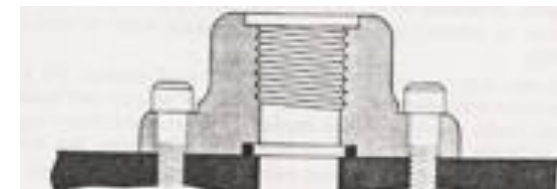
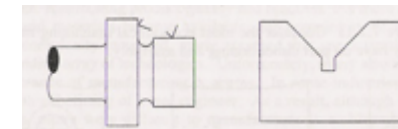
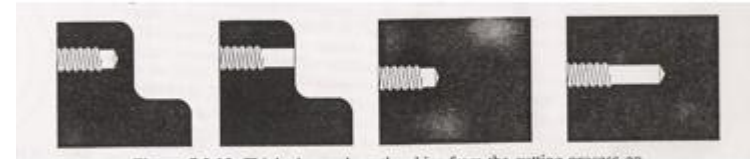
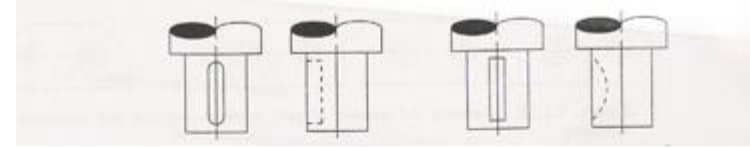
- Formatos adequados
- Forjamento ou fundição
- Redução de sobras, aparas, refugos

c) Redução de custos de fabricação.Ex:

- Processos de fabricação adequados
- Acabamentos e tolerâncias somente em superfícies funcionais

d) Redução de custos para o consumidor.Ex:

- Facilidade de manutenção, montagem e desmontagem
- Baixo custo de embalagem
- Baixo custo de transporte



2.2. Influência das solicitações em serviço

- a) Dimensionamento e verificações corretas. Uma peça não deve:
 - Romper
 - Deformar excessivamente
 - Desgastar
 - Ser corroída

- b) Evitar esforços e sobrecargas desnecessárias. Ex:
 - Fusíveis
 - Pinos de segurança

- c) Se existirem choques, forças alternativas, reversão de movimentos. Ex:
 - Eliminar folgas
 - Usar pré-carga

- d) Se existirem rotações elevadas. Ex:
 - Balanceamento
 - Velocidades críticas e ressonâncias

- e) Baixo ruído de funcionamento. Ex:
 - Mancais de deslizamento
 - Materiais e lubrificação adequados
 - Amortecimento interno

- f) Atrito e desgaste. Ex:
 - Usar materiais adequados
 - Dureza adequada
 - Peças postiças / ajustáveis

g) Vedações

2.3. Influência da operação, manutenção e segurança do funcionamento

a) Facilitar a operação. Ex:

- Ergonomia;

b) Prever falta de cuidado: Ex:

- Soluções *foolproof*;

c) Segurança de funcionamento. Ex:

- Freios de segurança;

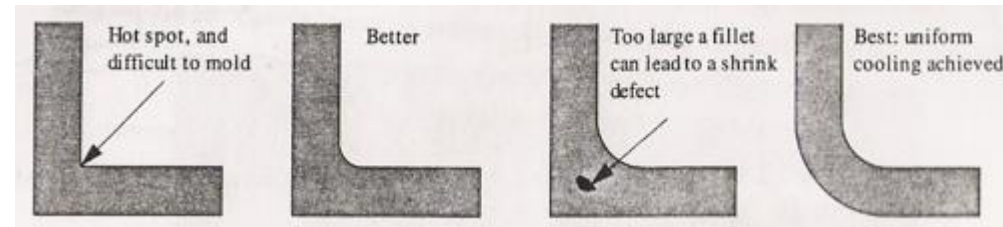
d) Facilitar manutenção. Ex:

- Lubrificação acessível.

2.4. Influência do material e tipo de processo de fabricação

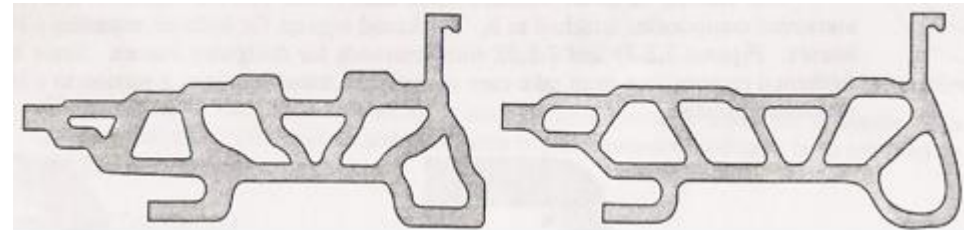
a) Uso de materiais avançados.Ex:

- Plásticos / polímeros
- Cerâmicas
- Ligas de Titânio
- Fibras de vidro / Carbono
- Silício, vidros ópticos, etc.



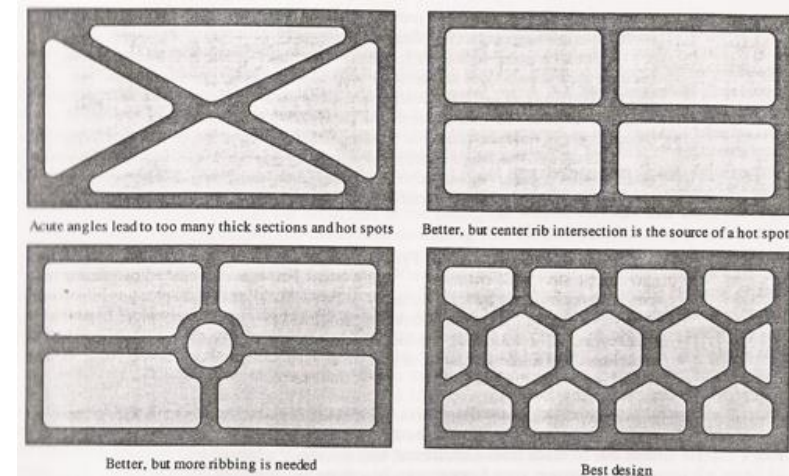
b) Influência do número de peças.Ex:

- Lote pequeno → peças soldadas
- Lote grande → peças fundidas



c) Projetar formas de acordo com material + processo.Ex:

- Peças fundidas
- Peças forjadas
- Peças soldadas
- Peças usinadas
- Peças injetadas
- Peças extrudadas
- Peças coladas
- Peças sinterizadas



3. RESPONSABILIDADE DO PRODUTO

De maneira geral o Engenheiro Projetista bem como o fabricante de um produto (Engenheiros de Produção) são responsáveis pelos danos ou ferimentos que estes venham a causar, mesmo que não tenham a noção sobre o defeito.

As melhores práticas de prevenção são:

- engenharia satisfatória: análise;
projeto;
controle de qualidade;
ensaios;
normalização

4. INCERTEZAS

São muitas as incertezas em projetos de máquinas, é sempre necessário calcular um ou mais coeficientes de segurança para estimar a probabilidade de falha. Há também normas específicas, de legislatura ou aceitos de forma geral.

O Coeficiente de segurança ou fator de segurança (N), sempre adimensional, é tipicamente a razão entre duas quantidades de mesma unidade: resistência/tensão atuante; esforço crítico/esforço aplicado; velocidade crítica/velocidade de operação.

$$N = \max(F1, F2, F3)$$

$F1 \rightarrow$ incertezas sobre propriedades dos materiais
 $F2 \rightarrow$ condições ambientais de uso
 $F3 \rightarrow$ modelos analíticos de forças e tensões

Ex:

Aeronaves comerciais: $N \rightarrow 1,2-1,5$ (devido a necessidade de peso baixo, sofisticados ensaios analíticos)

Aeronaves militares: $N < 1,1$ (tripulação usa pára-quedas)

Mísseis: $N=1$ (não tem tripulante)

Escada rolante: $N=14$ (em um Estado americano)

Suporte de elevadores $F^*=2$

Suporte de maquinas leve $F \geq 1,2$

Suporte de maquinas de movimento alternado $F \geq 1,5$

* F = fator de serviço

Fontes: NORTON, R.L. "Projeto de Máquinas", 2.ed. Bookman, Porto Alegre, 2004.; SHIGLEY, J.E., Projeto de engenharia mecânica, Ed. Bookman, 7ed, 2005

Incertezas

- Composição dos materiais
- Variação das propriedades ao longo do material
- Efeito de processos de fabricação
- Efeito de uniões nas propriedades
- Variação na intensidade e distribuição de cargas
- Aproximação dos modelos usados
- Intensidade de concentração de tensões
- Corrosão, desgaste e outros.