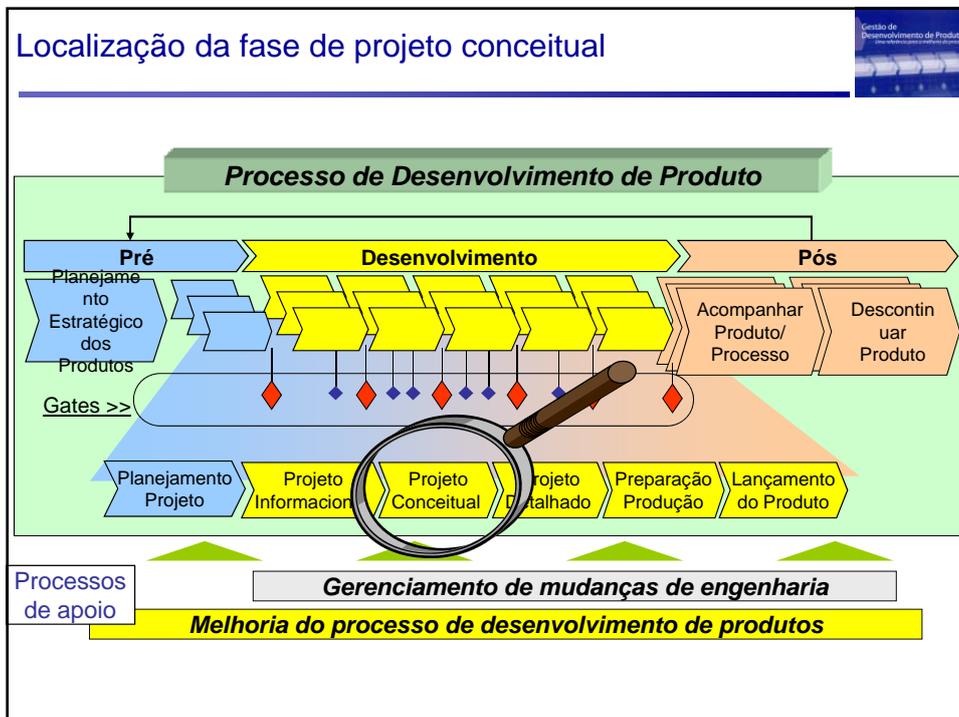


Gestão de Desenvolvimento de Produtos

**Universidade Federal de Sergipe**  
**Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas**  
**Núcleo de Engenharia de Produção**  
**Disciplina Engenharia de Produto**

**Prof. Andréa Cristina dos Santos, Dr. Eng.**  
 andreaufs@gmail.com  
<http://engenhariadeproduto.ning.com>

Aula 23  
 16 de Novembro de 2009



## OBJETIVOS DA AULA 23

- Atividade de Avaliação da Seleção de Concepções
- Seleção de Materiais.

## Sumário do capítulo – conceitos e ferramentas (quadros)

- Modelagem funcional
- Métodos de criatividade (quadros 7.4 e 7.5)
- Projeto Modular (quadro 7.6)
- Seleção de materiais (quadro 7.7)
- Princípios e recomendações para o DFM (quadro 7.9)
- Princípios e recomendações para o DFA (quadro 7.10)

## SELEÇÃO DE CONCEPÇÕES

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

- Como escolher, dentre as concepções geradas pelas atividades anteriores, o melhor conceito?

### PRINCIPAL DIFICULDADE: INFORMAÇÕES LIMITADAS E ABSTRATAS

Como avaliar concepções que possuem ainda poucos detalhes e não podem ser mensuradas?

Deve-se detalhar cada concepção para comparar parâmetros com especificações-meta?

Como obter justificativas para descartar concepções que não são adequados?



MÉTODOS E  
PROCEDIMENTOS  
SISTEMÁTICOS

## SELEÇÃO DE CONCEPÇÕES

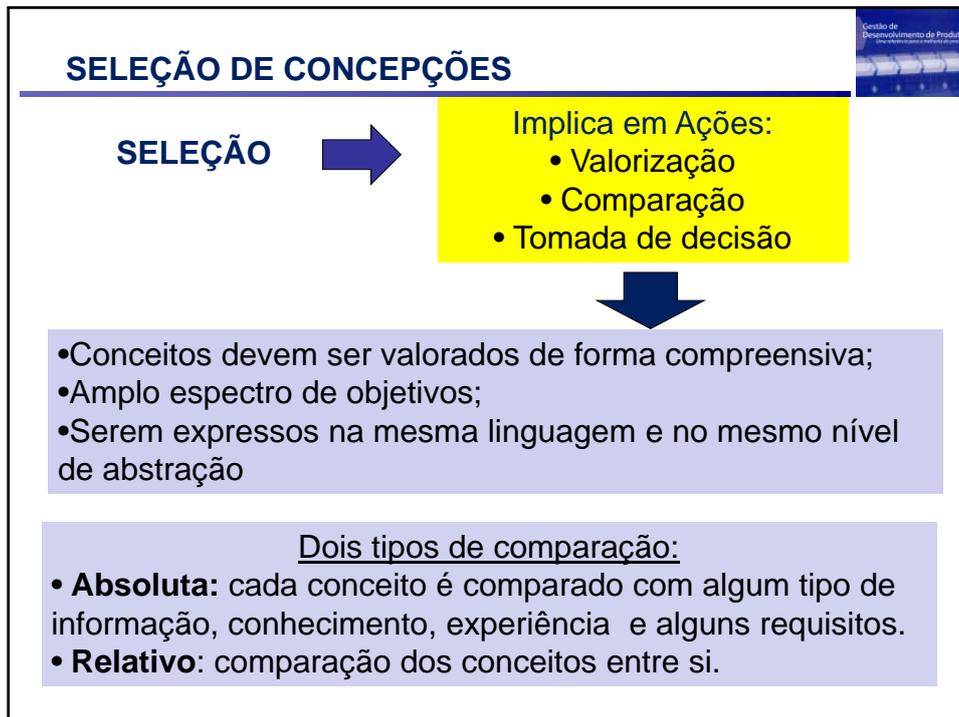
Gestão de Desenvolvimento de Produtos

Deve-se obter Justificativas pelas quais os conceitos descartados não são adequados.

Utilização de métodos ou procedimentos sistemáticos compatíveis com a limitação de informações.

Que auxiliem na tomada de decisão quanto a seleção do melhor conceito de solução





## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE

Após a geração conceitual, a equipe de projeto pode fazer a primeira avaliação de viabilidade e verificar se o conceito se enquadra numa das seguintes condições:

- (1) Conceito não é viável
- (2) O conceito é condicionalmente viável
- (3) O conceito deve ser considerado



## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE



### (1) O CONCEITO NÃO É VIÁVEL

Por quê a Solução não é Viável? (Definir claramente as razões pelas quais a solução conceitual não é viável.

**Principais razões estão associadas limitações tecnológicas e atendimento aos requisitos dos clientes.**

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE



#### (1) O CONCEITO NÃO É VIÁVEL

##### CUIDADO:

Podem ocorrer interpretações errôneas da viabilidade.

Principalmente por concepção apresentar um padrão diferente do padrão normal estabelecido,

ou devido o conceito não apresentar uma idéia original, não provocando assim um entusiasmo ou interesse.

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE



#### (1) O CONCEITO NÃO É VIÁVEL

##### COMO PROCEDER:

Os seres humanos tendem a tendência natural a resistir à mudanças – tendência de projetar em favor de idéias já conhecidas.

Esse tipo de atitude pode impedir que o produto seja melhorado,  
Deve-se diferenciar mudanças potencialmente positivas de um conceito pobre

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE

#### (1) O CONCEITO NÃO É VIÁVEL

##### COMO PROCEDER:

As idéias inicialmente tidas como não viáveis, podem servir para fornecer uma nova abordagem para o problema.

Ante de descartar um conceito solução, deve-se verificar se as novas idéias podem ser geradas, e se vale a pena interagir, voltando da etapa de seleções para a geração de soluções.



## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE

#### (2) CONDICIONALMENTE VIÁVEL

##### Fatores típicos associados são:

- Disponibilidade Tecnológica
- Capacidade de obter informações não disponíveis
- Desenvolvimento de alguma parte do produto



## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DE VIABILIDADE (3) DEVE SER CONSIDERADO

*Técnicas*

**Vários conceitos**

*Base de comparação*

*Experiência*

*Estado da arte*

*Necessidades dos clientes requisitos de projeto*

O CONCEITO MAIS DIFÍCIL É AQUELE EM QUE SE EVIDENCIA IMEDIATAMENTE SE É UMA BOA OU MÁ IDÉIA.

Considerando a linguagem do projeto: existem três principais classes de modelagem para avaliação:

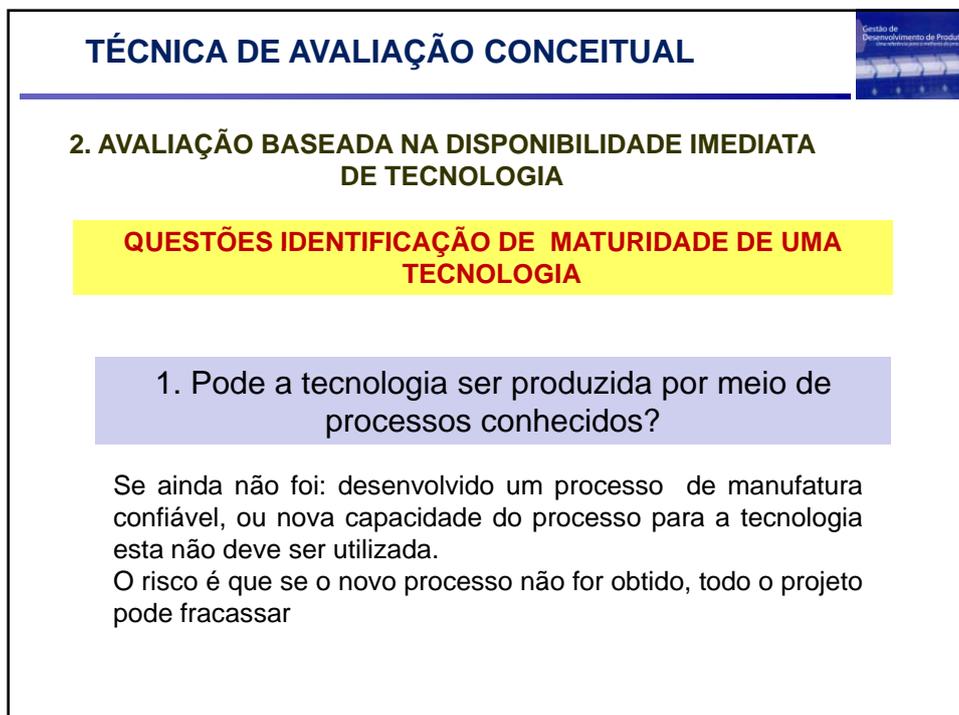
- Gráfica
- Física
- Analítica

Obs: Textual raramente auxilia na seleção de conceitos de solução de produtos industriais manufaturados

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### 2. AVALIAÇÃO BASEADA NA DISPONIBILIDADE IMEDIATA DE TECNOLOGIA

<i>Tipo de comparação</i>	<i>Técnicas</i>	<i>Base de comparação</i>
	<b>Vários conceitos</b>	
<i>Absoluta</i>	Julgamento de viabilidade	<i>Experiência</i>
	<b>Disponibilidade técnica</b>	<i>Estado da arte</i>
<i>Relativa</i>	Exame passa não passa	<i>Necessidades dos clientes requisitos de projeto</i>
	Matriz de avaliação	






---

**2. AVALIAÇÃO BASEADA NA DISPONIBILIDADE IMEDIATA DE TECNOLOGIA**

**QUESTÕES IDENTIFICAÇÃO DE MATURIDADE DE UMA TECNOLOGIA**

**2. Os parâmetros funcionais críticos podem ser identificados**

Todo conceito de solução possui parâmetros que são críticos para o desempenho operacional do produto. É importante conhecer os parâmetros: dimensões, propriedades dos materiais e outros. Que são críticos para o produto.




---

**2. AVALIAÇÃO BASEADA NA DISPONIBILIDADE IMEDIATA DE TECNOLOGIA**

**QUESTÕES IDENTIFICAÇÃO DE MATURIDADE DE UMA TECNOLOGIA**

**3. A segurança e sensibilidade dos parâmetros operacionais é conhecida?**

No decorrer do processo de projeto, os valores dos parâmetros de poderão sofrer variações para achar-se o desempenho desejado ou melhorar a manufaturabilidade do produto. Portanto, é essencial conhecer os valores limites dos parâmetros e a sensibilidade de operação do produto e com relação a esses parâmetros.

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

---

## 2. AVALIAÇÃO BASEADA NA DISPONIBILIDADE IMEDIATA DE TECNOLOGIA

**QUESTÕES IDENTIFICAÇÃO DE MATURIDADE DE UMA TECNOLOGIA**

4. Os modos de falhas são conhecidos?

5. Existem algum tipo de experiência que responde positivamente as questões anteriores?

6. A tecnologia é controlável através do ciclo de vida do produto?

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

---

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### 2. AVALIAÇÃO BASEADA NO “PASSA/NÃO PASSA”

<i>Tipo de comparação</i>	<i>Técnicas</i>	<i>Base de comparação</i>
	Vários conceitos	
Absoluta	Julgamento de viabilidade	Experiência
	Disponibilidade técnica	Estado da arte
Relativa	Exame passa não passa	Necessidades dos clientes requisitos de projeto
	Matriz de avaliação	

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 3. AVALIAÇÃO BASEADA NO “PASSA/NÃO PASSA”

Após estabelecer que as tecnologias utilizadas num dado conceito são mais maduras, o enfoque da base de comparação move-se para as necessidades dos clientes.

Cada conceito deve ser comparado com as necessidades de maneira absoluta.

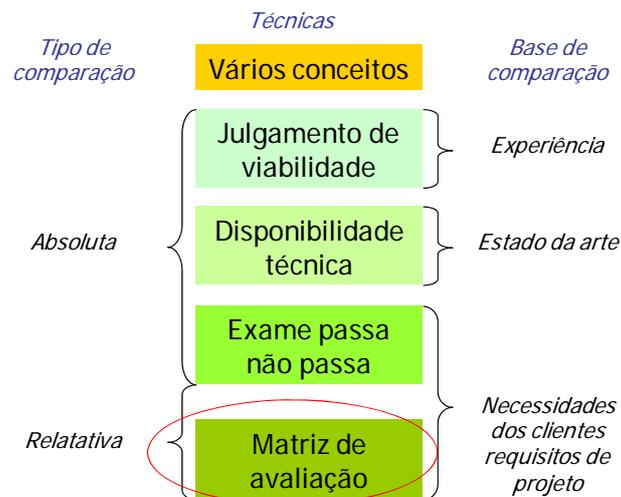
Ou seja, cada necessidade deve ser transformada numa questão e ser respondida passa ou não passa.

- Este tipo de avaliação pode auxiliar também na geração de novas idéias.
- Um conceito pode ser modificado ao invés de ser eliminado.
- Durante esta modificações, a estruturação funcional e a matriz morfológica deverão ser analisadas e possivelmente atualizadas

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES



## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

Este método também conhecido como **matriz de Pugh (1991)** tem se mostrado eficiente para a comparação de concepções que não tenham sido suficientemente detalhadas e que apresentam portanto, **um nível elevado de abstração**.

O método fornece uma maneira de medir a capacidade das concepções de atender os critérios de avaliação através de uma comparação relativa com uma referência.

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

#### 1. PASSO

**A ESCOLHA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO** – Foram escolhidos como critérios de avaliação os **requisitos de projeto** e os seus respectivos pesos (que são os escores obtidos com o uso da matriz casa da qualidade).

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

#### 2. PASSO

#### SELEÇÃO DOS ITENS A SEREM COMPARADOS

Os itens a serem comparados são as diferentes idéias desenvolvidas durante a etapa de geração de soluções.

Aqui é importante que todos os conceitos a serem comparados tenham o mesmo nível de abstração e estejam expressos na mesma linguagem.

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL



### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

#### 3. PASSO

#### GERAÇÃO DO ESCORE

Nesta fase, uma concepção é escolhida como sendo a melhor concepção que será desenvolvida. Esta concepção será usada como referência.

As outras concepções deverão ser comparadas com esta última com relação às necessidades dos clientes.

Se para um dado conceito for julgado:

- melhor (+)
- Igual (M)
- Inferior (-)

## TÉCNICA DE AVALIAÇÃO CONCEITUAL

### 4. AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO UTILIZANDO AS NECESSIDADES DOS CLIENTES

#### 4. PASSO

#### CÁLCULO DO ESCORE TOTAL

Após um conceito ser comparado com a referência em cada critério. O peso total é a soma de cada escore multiplicado pelo peso da importância de cada necessidade.

M conta como = Zero

(+) conta como = + 1

(-) conta como = -1

**Importante:** os escores não devem ser tratados como medidas absolutas mas de orientação no projeto.

#### Atividade: Selecionar a concepção do produto 2/4

#### Matriz de Decisão

		Concepções				
		Concepção 1	Concepção 2 (referência)	Concepção 3	...	Concepção m
Critérios	Critério 1	+	0	-		
	Critério 2	-	0	+		
	Critério 3	+	0	-		
	...	...	...	...		
	...	...	...	...		
	...	...	...	...		
	Critério n	-	0	M		
Total +			0			
Total -			0			
Total Global			0			

Critérios podem ser Especificações-meta ou Requisitos dos clientes

**Atividade: Selecionar a concepção do produto 3/4**

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

**Matriz de Decisão com peso**

**Melhor que a referência + 1**

**Pior que a referência - 1**

		Concepções						
		Peso	Concepção 1	Concepção 2 (referência)	Concepção 3	...	...	Concepção m
Critérios	Critério 1	P <sub>1</sub>	+	0	-			
	Critério 2	P <sub>2</sub>	-	0	+			
	Critério 3	P <sub>3</sub>	+	0	-			
	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...
	Critério n	P <sub>n</sub>	-	0	M			
PesoTotal				0				

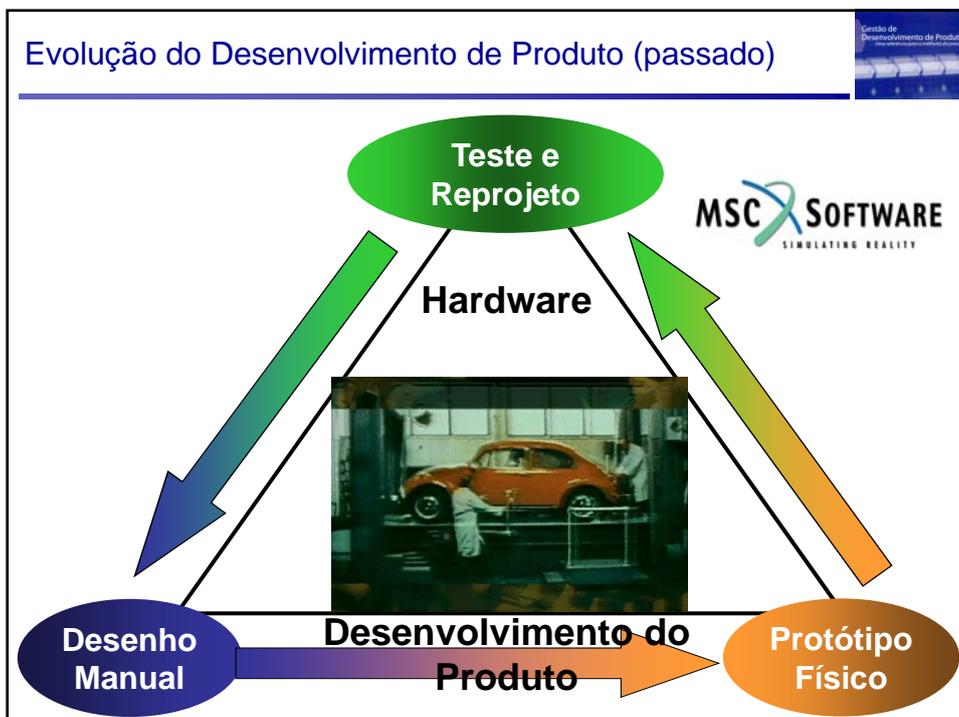
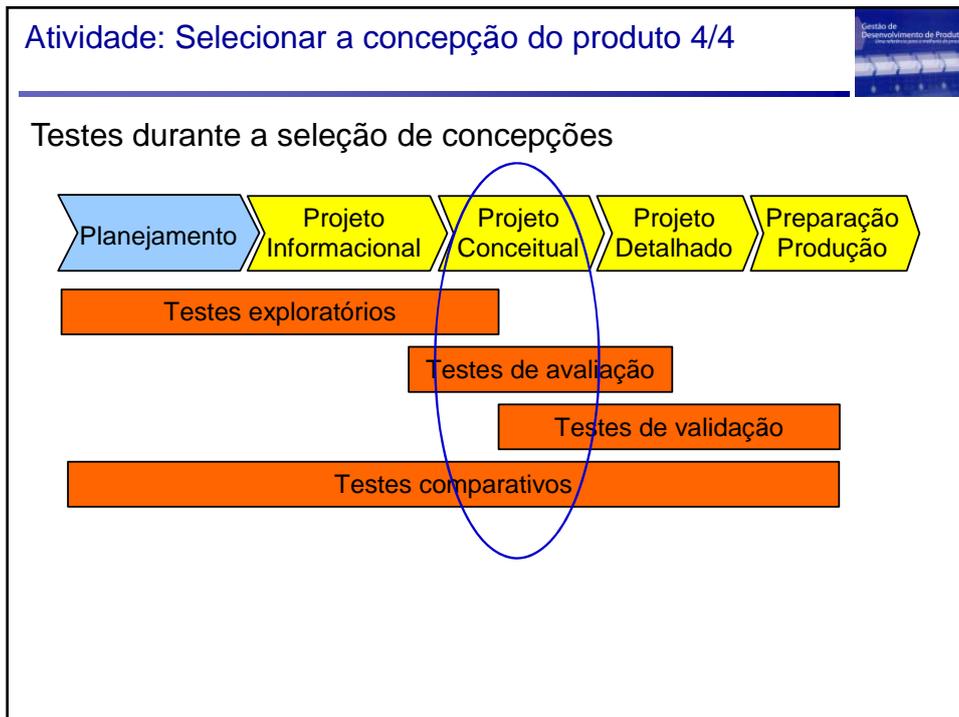
**Igual a referência "0"**

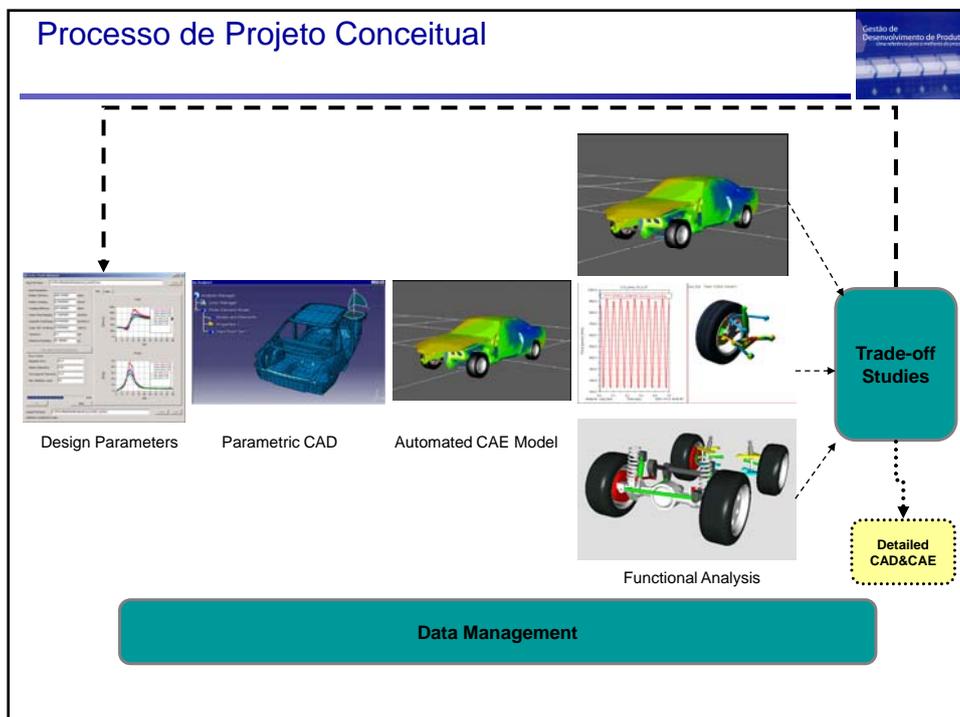
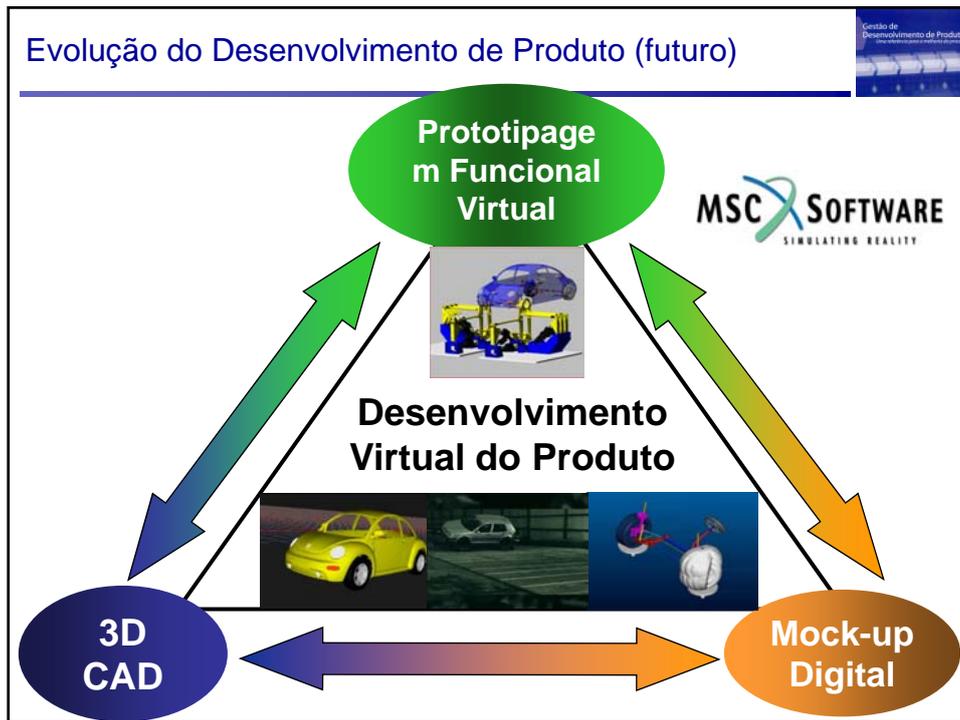
Critérios podem ser Especificações-meta ou Requisitos dos clientes

**EXEMPLO**

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

Necessidades do Cliente	Peso	Conceitos					
		I	II	III	IV	V	VI
Aspecto vítreo	4	+	+	+	+	+	
Cor amarelinha	4	-	+	+	+	+	R
Massa fina	5	+	+	+	+	+	E
Macia ao morder	3	+	+	+	+	+	F
Soltinha	5	-	+	-	+	+	E
Fácil de enrolar no garfo	4	+	+	+	+	M	R
Absorver bem o caldo	4	-	-	-	+	M	E
Cozimento rápido	3	-	-	-	M	M	N
Fácil de preparar	4	-	-	-	-	-	C
Porção individual	3	-	M	-	M	-	I
Embalagem reciclável	1	+	M	M	-	M	A
Tempero suave	2	-	M	-	M	M	
<b>TOTAL +</b>		5	6	5	7	5	0
<b>TOTAL -</b>		7	3	6	2	2	0
<b>TOTAL GLOBAL</b>		-2	3	-1	5	3	0
<b>PESO TOTAL</b>		-8	14	-1	24	14	0





# SELEÇÃO DE MATERIAIS

Gestão de  
Desenvolvimento de Produtos

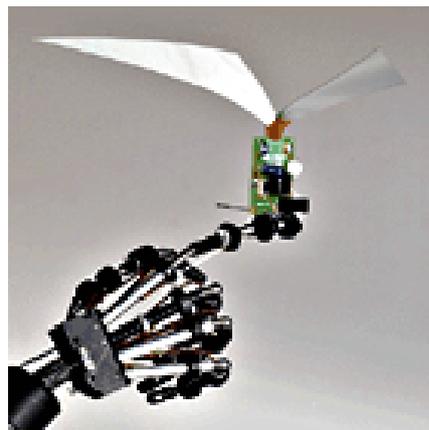
MATERIAIS METÁLICOS E .....



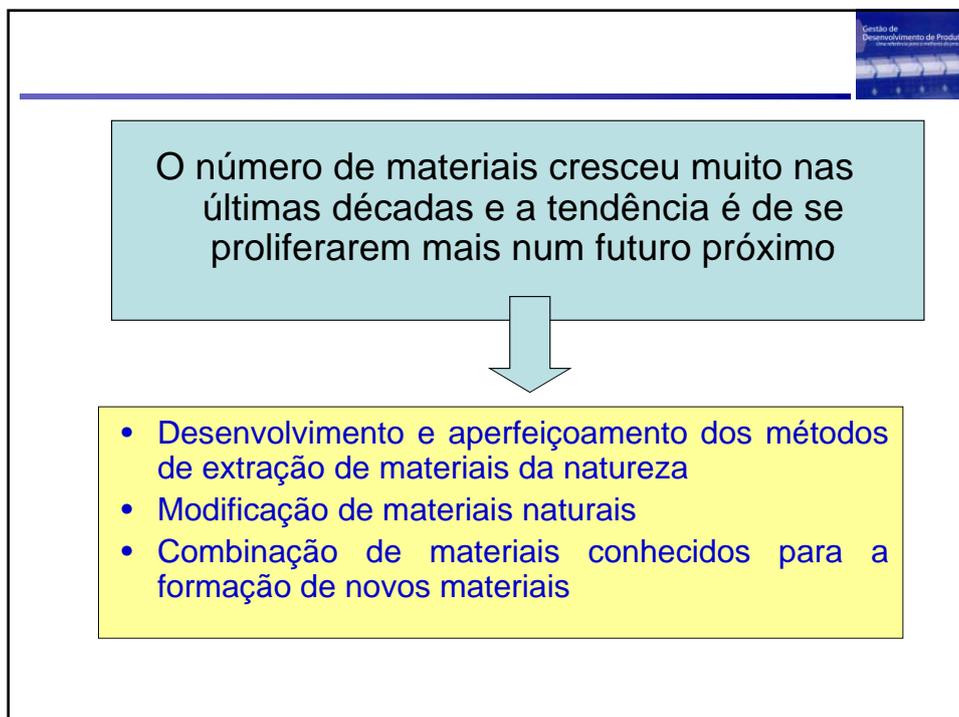
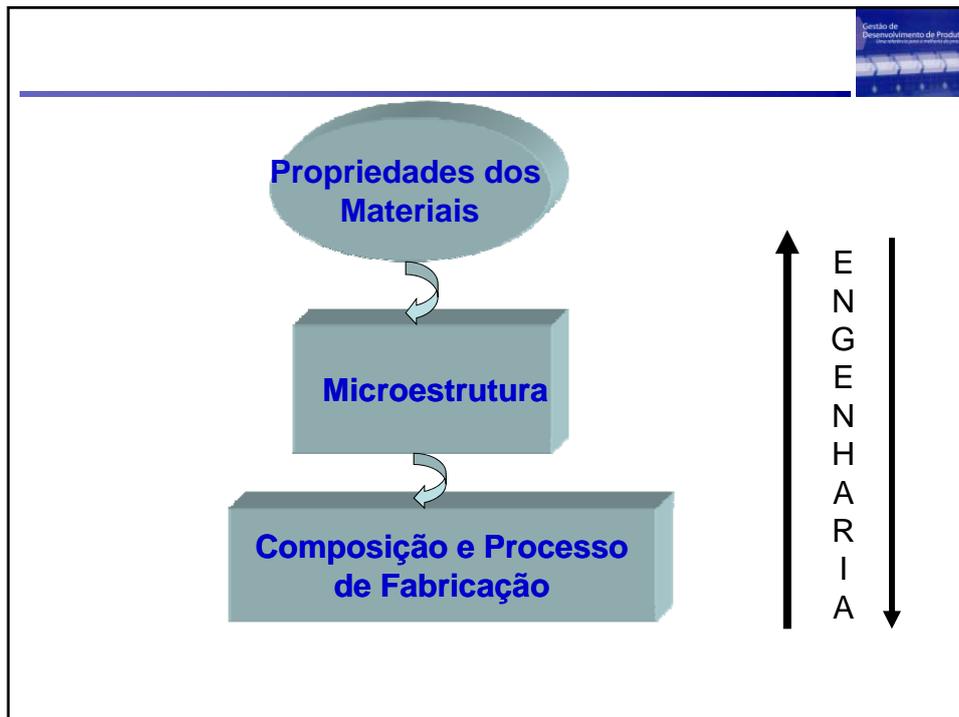
...COMPÓSITOS

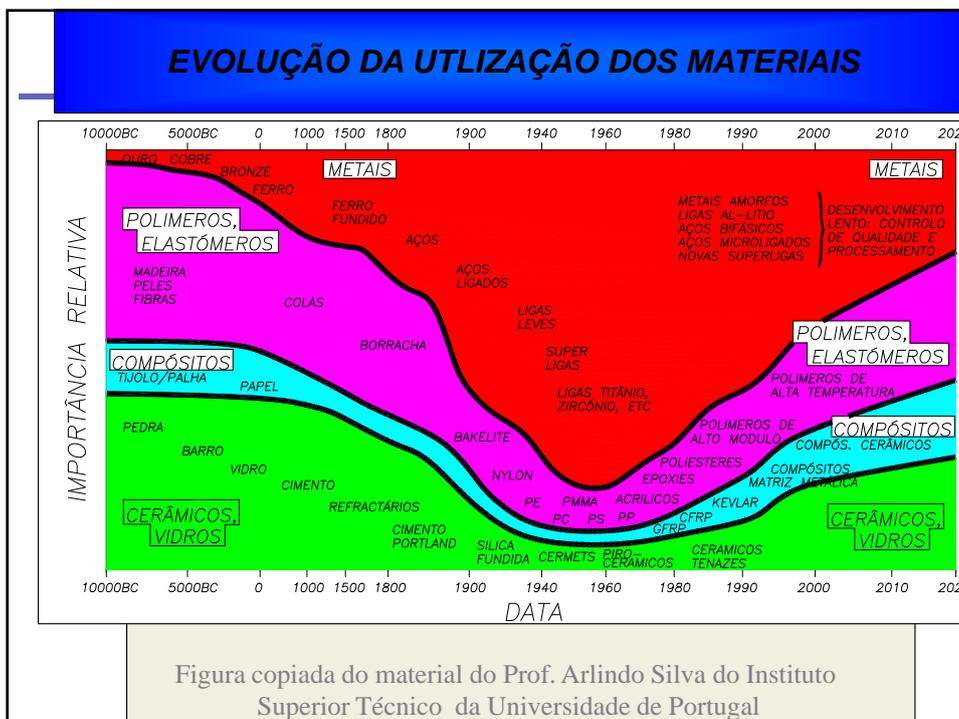
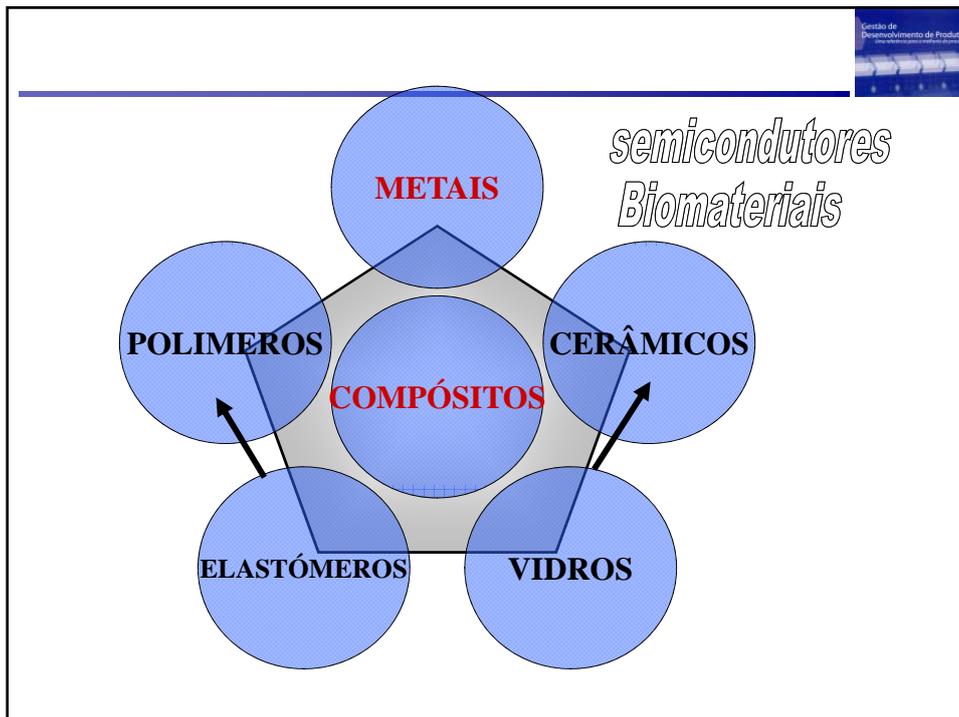


- As propriedades dos materiais são que definem a capacidade e estrutura de um determinado componente, bem como o processo de fabricação do mesmo



Gestão de  
Desenvolvimento de Produtos





## QUANTOS MATERIAIS DIFERENTES EXISTEM ?

Entre 40000 e 80000  
diferentes, contando as variantes  
de tratamento térmico e composição  
de cada material

**COMO ESCOLHER ??**

## Quais os critérios que um engenheiro deve adotar para seleccionar um material entre tantos outros?

- Em primeiro lugar, o engenheiro deve caracterizar quais as condições de operação que será submetido o referido material e levantar as propriedades requeridas para tal aplicação, saber como esses valores foram determinados e quais as limitações e restrições quanto ao uso dos mesmos.

— Quais os critérios que um engenheiro deve adotar para selecionar um material entre tantos outros?

- A segunda consideração na escolha do material refere-se ao levantamento sobre o tipo de degradação que o material sofrerá em serviço. Por exemplo, elevadas temperaturas e ambientes corrosivos diminuem consideravelmente a resistência mecânica.

— Quais os critérios que um engenheiro deve adotar para selecionar um material entre tantos outros?

- Finalmente, a consideração talvez mais convincente é provavelmente a econômica: ***Qual o custo do produto acabado???*** Um material pode reunir um conjunto ideal de propriedades, porém com custo elevadíssimo.

↑  
FILOSOFIA DO COMPROMISSO

**Quais os critérios que um engenheiro deve adotar para selecionar um material entre tantos outros?**

- Em raras ocasiões um material reúne uma combinação ideal de propriedades, ou seja, muitas vezes é necessário reduzir uma em benefício da outra.
- Um exemplo clássico são resistência e ductilidade, geralmente um material de alta resistência apresenta ductilidade limitada. Este tipo de circunstância exige que se estabeleça um compromisso razoável entre duas ou mais propriedades.

## SELEÇÃO DOS MATERIAIS

- Envolve principalmente:
  - Eng. Projetista
  - Eng. Materiais e/ou processo
  - Eng. Marketing

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

---

### SELEÇÃO DOS MATERIAIS POR ÍNDICE DE MÉRITO

- Ex. Resistência:

Material	Aço-liga (alta resist.)	Ti	Al (AA7074)	PRFC
Resist. (MPa) à tração	1000	800	500	700

PRFC= Polímero reforçado com fibra de carbono

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

---

### SELEÇÃO DOS MATERIAIS POR ÍNDICE DE MÉRITO

- Ex. Resistência/peso:

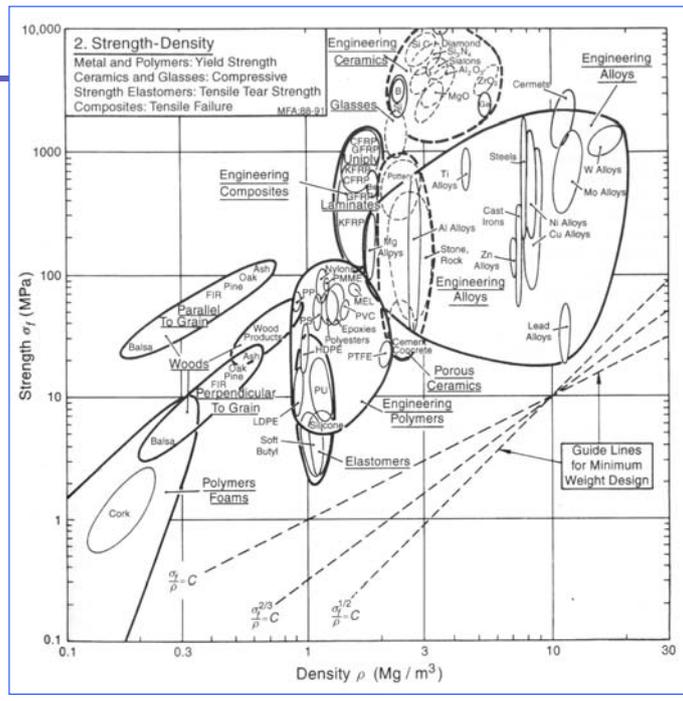
Material	Aço-liga (alta resist.)	Ti	Al (AA7074)	PRFC
	133	170	185	390



## SELEÇÃO DOS MATERIAIS POR ÍNDICE DE MÉRITO

- Ex. Custo p/Kg/US\$:

Material	Aço-liga (alta resist.)	Ti	Al (AA7074)	PRFC
	0,75	15	3	20

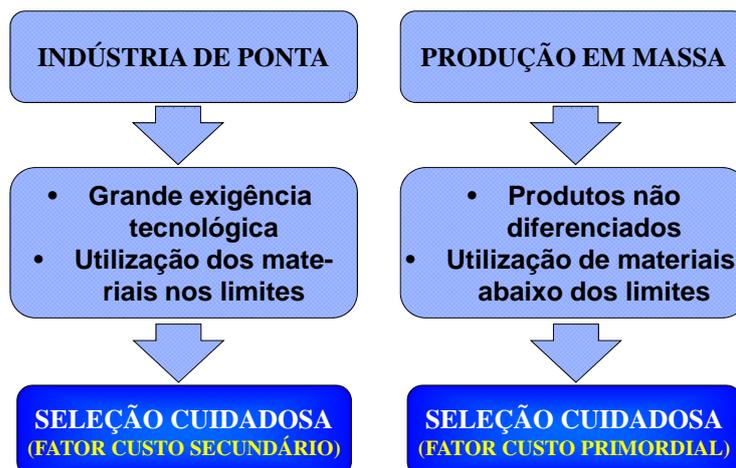


**RESISTÊNCIA VERSUS DENSIDADE**

## ALGUNS FATORES IMPORTANTES A CONSIDERAR

- Propriedades do material
- Considerações de forma, dimensões e peso
- Custo do material (disponibilidade)
- Facilidade de fabricação
- Escala de produção
- Durabilidade
- Viabilidade de reciclagem

### TIPOS DE INDÚSTRIA - INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS



FONTE: material do Prof. Arlindo Silva da Universidade de Portugal

### CAUSAS DE FALHAS EM GERAL

- Seleção incorreta de materiais 38%
- Defeitos de fabricação 15%
- Tratamento térmico incorreto 15%
- Falha de projeto 11%
- Condições imprevistas de operação 8%
- Controle inadequado condições de trab. 6%
- Prob. De inspeção e CQ 3%
- Troca equivocada de materiais 2%

### CAUSAS DE FALHAS EM PLANTAS INDUSTRIAIS

- Corrosão 29%
- Fadiga 25%
- Fratura frágil 16%
- Sobrecarga 11%
- Corrosão em alta temperatura 7%
- Corrosão sob tensão 6%
- Fluência 3%
- Desgaste 2%

## CAUSAS DE FALHAS EM COMPONENTES AERONÁUTICOS

- |                                |     |
|--------------------------------|-----|
| • Fadiga                       | 61% |
| • Sobrecarga                   | 19% |
| • Corrosão sob tensão          | 8%  |
| • Desgaste                     | 7%  |
| • Corrosão                     | 3%  |
| • Oxidação em alta temperatura | 2%  |

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A NECESSIDADE DE MATERIAIS MODERNOS

- Materias que apresentem:
  - Alto desempenho
  - Baixo peso e alta resistência
  - Resistência à altas temperaturas
  - Desenvolvimento de materiais que sejam menos danosos ao meio ambiente e mais fáceis de serem reciclados ou regenerados

# METAIS

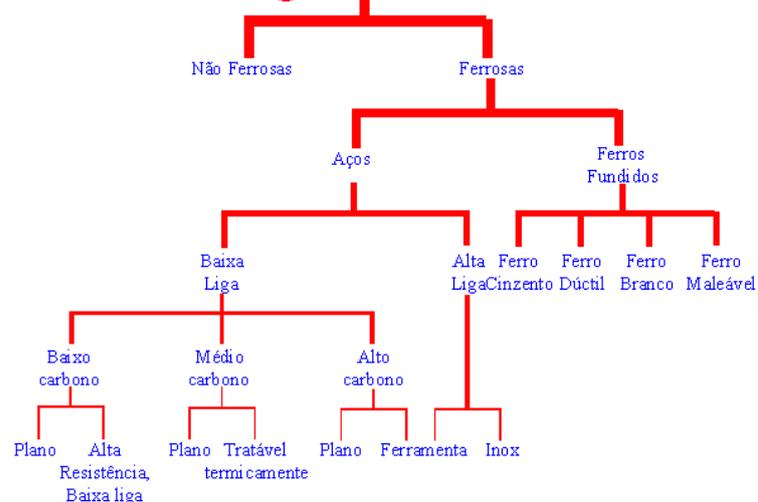
Gestão de  
Desenvolvimento de Produtos



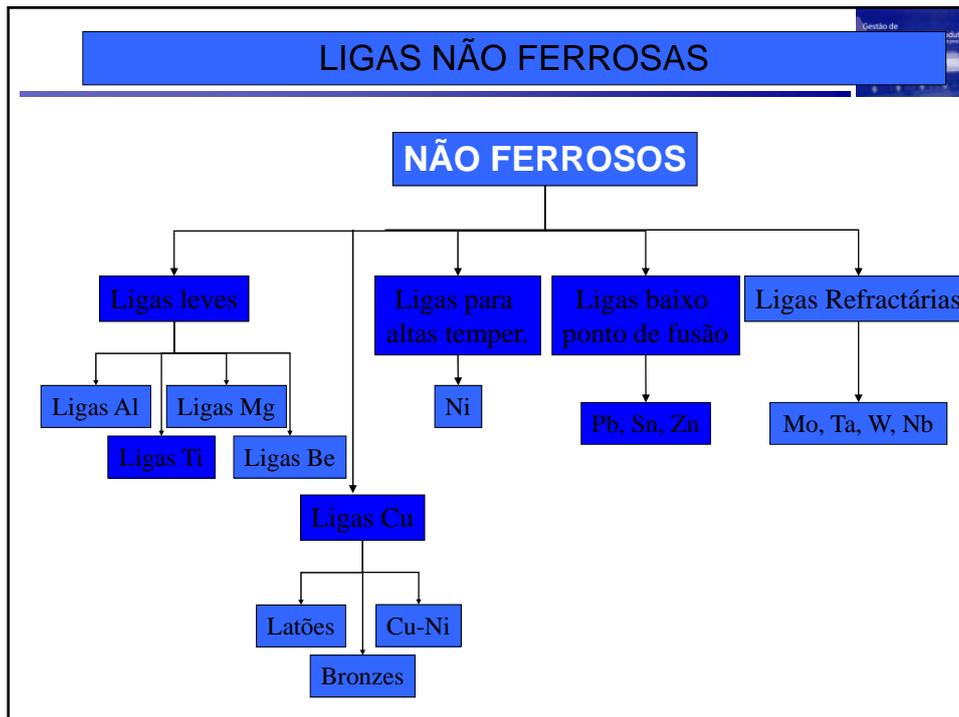
- Materiais metálicos são geralmente uma combinação de elementos metálicos.
- Os elétrons não estão ligados a nenhum átomo em particular e por isso são bons condutores de calor e eletricidade
- Não são transparentes à luz visível
- Têm aparência lustrosa quando polidos
- Geralmente são resistentes e deformáveis
- São muito utilizados para aplicações estruturais

## Ligas Metálicas

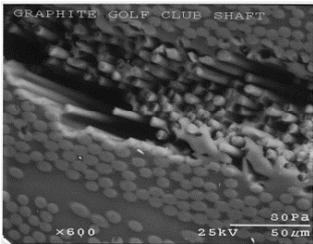
172



Fonte: Prof. Sidnei Paciornik do Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio



**COMPÓSITOS**



GRAPHITE GOLF CLUB SHAFT  
x600 25kV 50µm



- Materiais compósitos são constituídos de mais de um tipo de material insolúveis entre si.
- Os compósitos são “desenhados” para apresentarem a combinação das melhores características de cada material constituinte
- Muitos dos recentes desenvolvimentos em materiais envolvem materiais compósitos
- Um exemplo clássico é o compósito de matriz polimérica com fibra de vidro. O material compósito apresenta a resistência da fibra de vidro associada a flexibilidade do polímero

## INDUSTRIA AUTOMÓVEL (1)



O primeiro chassis totalmente em compósito apareceu em 1981 (McLaren MP4-1). O chassis da figura à direita é o Prost AP-01 em fibra de carbono/epoxy, depois de um acidente (Canadá 1997). O habitáculo é sujeito, por regulamento, a testes de impacto, tendo sofrido dois embates laterais nos muros de betão do Circuito, o primeiro dos quais a cerca de 180km/h. Num chassis em alumínio, o piloto teria certamente perdido a vida. Os compósitos vulgarizaram-se na F1 a partir de 1983.

## INDUSTRIA AUTOMÓVEL (2)



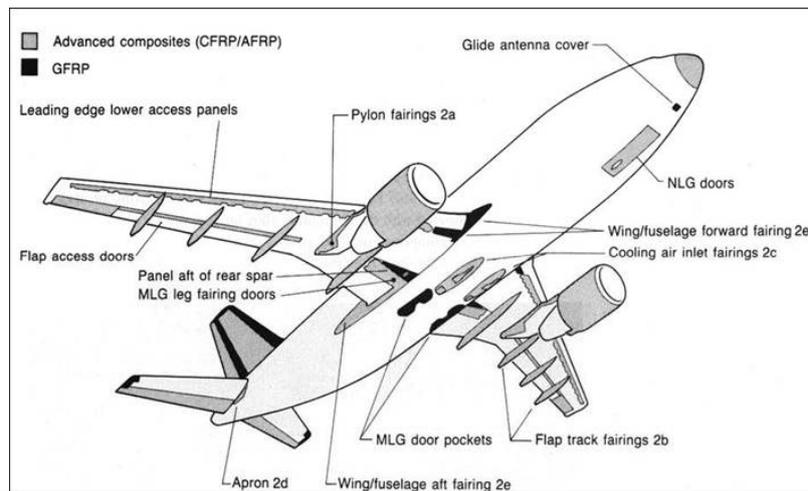
The Carrera GT chassis weighs just over 100 kg.

Safety concept: Carbon fibre structure with H400 stainless steel deformation elements.

## AIRBUS A300/310

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

No “fin” traseiro, reduziu-se o peso em 20%, em relação ao alumínio. É construído em 95 peças, enquanto anteriormente compreendia 2076 peças. Dimensões do fin: 8,3m de altura e 7,8m de largura.



## Indústria naval (1)

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

O casco do navio da figura é feito em estrutura sandwich com faces em Kevlar/epoxy e núcleo em espuma de PVC, obtendo-se uma maior resistência ao impacto com menor peso. As velas são também reforçadas com fibras



## Eletrodomésticos



- Durante o conflito no sudeste da Ásia, no Vietnã, em ambiente de floresta, novos desafios surgiram na área de materiais



- Como consequência, **novos polímeros (plásticos) foram desenvolvidos para atender a indústria de eletroeletrônicos**, que necessitava de maior resistência a climas úmidos