



Compósitos no Sector Aeronáutico

**Apresentação Organizada no âmbito da
Visita do Grupo de Aviação Experimental**

OGMA, SA - 22 de Abril, 2005

Aires de Abreu
aires.abreu@ogma.pt

Compósitos no Sector Aeronáutico

- Panorâmica
 - Descrição dos Materiais Compósitos
 - Processos de Fabricação em Materiais Compósitos
 - Consumo e Custo de Materiais
 - Os Materiais Compósitos na Indústria Aeronáutica
 - Futuro dos Materiais Compósitos

Características da Indústria Aerospacial

- Realização de conjuntos altamente integrados de materiais complexos, mediante a aplicação de tecnologias avançadas, destinados a funcionar nos ambientes mais duros e hostis, com a exigência de fiabilidade e segurança.
- É um mercado muito competitivo, sendo a qualidade do seu nível técnico um elemento decisivo da sua competitividade
- É uma indústria com grande valor tecnológico acrescentado

Eixos Tecnológicos da Indústria Aerospacial

- Estruturas e materiais
- Meios informáticos
- Equipamentos e materiais embarcados
- Tecnologias de Fabricação
- Aerodinâmica
- Sistemas de Propulsão

Características Básicas Compósitos/Metais

- Metais

- Propriedades do Projecto de engenharia definas explicitamente por especificação
- O fornecedor de materiais controla as propriedades

- Compósitos

- As propriedades do Projecto de Engenharia são afectadas tanto pelo fornecedor de material como o fabricante da peça
- As características e as instalações do processo são críticas
- Os materiais e os pre-impregnados são sensíveis à armazenagem e ao meio ambiente
- As variações da composição são críticas e mais prováveis que para os materiais
- As propriedades dependem da orientação e “layup” da fibra
- Muito sensível ao meio ambiente e envelhecimento
- Modos de fractura adicionais

Definição de compósito

- Define-se como compósito
 - O material que resulta da **associação de um ou vários materiais de reforço e um de ligação ou matriz**, sem que se produza uma reacção química entre eles.
 - Três pontos:
 - Consta de dois ou mais **materiais fisicamente distintos e separáveis mecanicamente**
 - Podem fabricar-se misturando os distintos materiais de tal maneira que a **dispersão de um material no outro pode efectuar-se de maneira controlada**
 - As propriedades resultantes são superiores e inclusivamente aparecem novas (em relação às que apresentavam os materiais em separado)

Tipos de compósito

Tipos

- Fibra aleatória ou orientada
- De Fibras, partículas, laminas, placas....
- A forma mais eficaz de reforço é a fibra, estando as propriedades mecânicas do “laminado” em proporção directa com a sua densidade










































Descrição dos Materiais Compósitos

- Material de Reforço
 - Fibras Orgânicas (nylon, poliéster)
 - Fibra de Vidro
 - Fibra de Kevlar
 - Fibra de Carbono
 - Fibra de Boro
 - Fibras Cerâmicas
 - Fibras de Carburo de Silício
 - Fibras de Alumina
 - Fibras de Quartzo
 - Fibras Metálicas
- Matriz
 - Polímera Termo estável (Fenólica, Epoxy,..)
 - Polímera Termoplástica (Policarbonato, Poliéster, ...)
 - Polímera Termoplástica-Alta Temperatura (PEEK, PPS, PEI..)
 - Metálica (Níquel, Titânio, Alumínio...)
 - Cerâmica (Vidro, Silício,...)
 - Carbono

Materiais Compósitos Fibrosos

- Plásticos reforçados
 - Fibras orgânicas (nylon, poliéster, vidro,...) + matriz polimérica (em especial poliéster)
- Compósitos
 - Fibras de vidro, aramida, carbono, boro+matriz polimérica termo-estável
- Material compósito avançado
 - Fibras de carbono, boro, cerâmicas + matriz termo-estável avançada, termo-plásticas- termo-estáveis, carbono, cerâmicas e metálicas

Processos de Fabricação em Materiais Compósitos

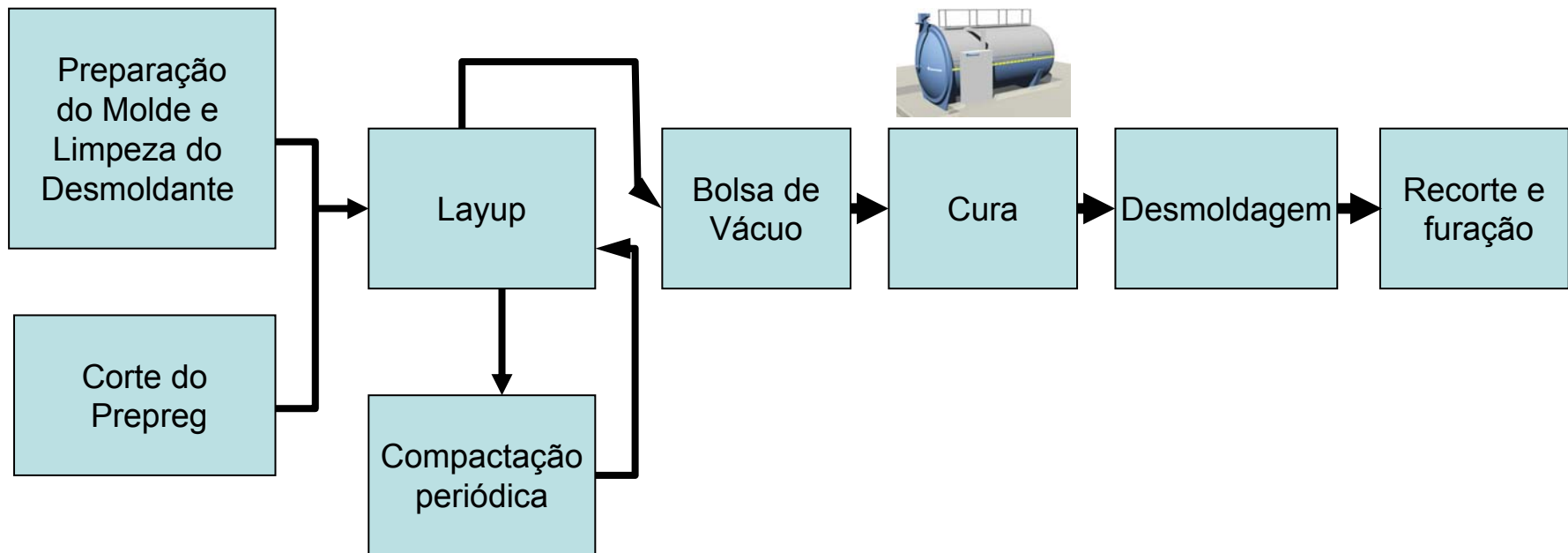
Forma da Fibra Proc. De Fabrico Molde por:	Fibras cortadas (trituradas)							
Injecção								
Pultrusão								
Rotacional								
Bobinagem								
Contacto								
Projecção								
Bolsas de vacuo								
Nucleo e Matriz								
Centrifuação								
Compressão								

Processos de Fabricação de Compósitos

- Polimerização em autoclave em ambiente de vacuo
- Enrolamento de filamentos
- RTM – Resin Transfer Molding
- Moldagem por compressão
- Pultrusão

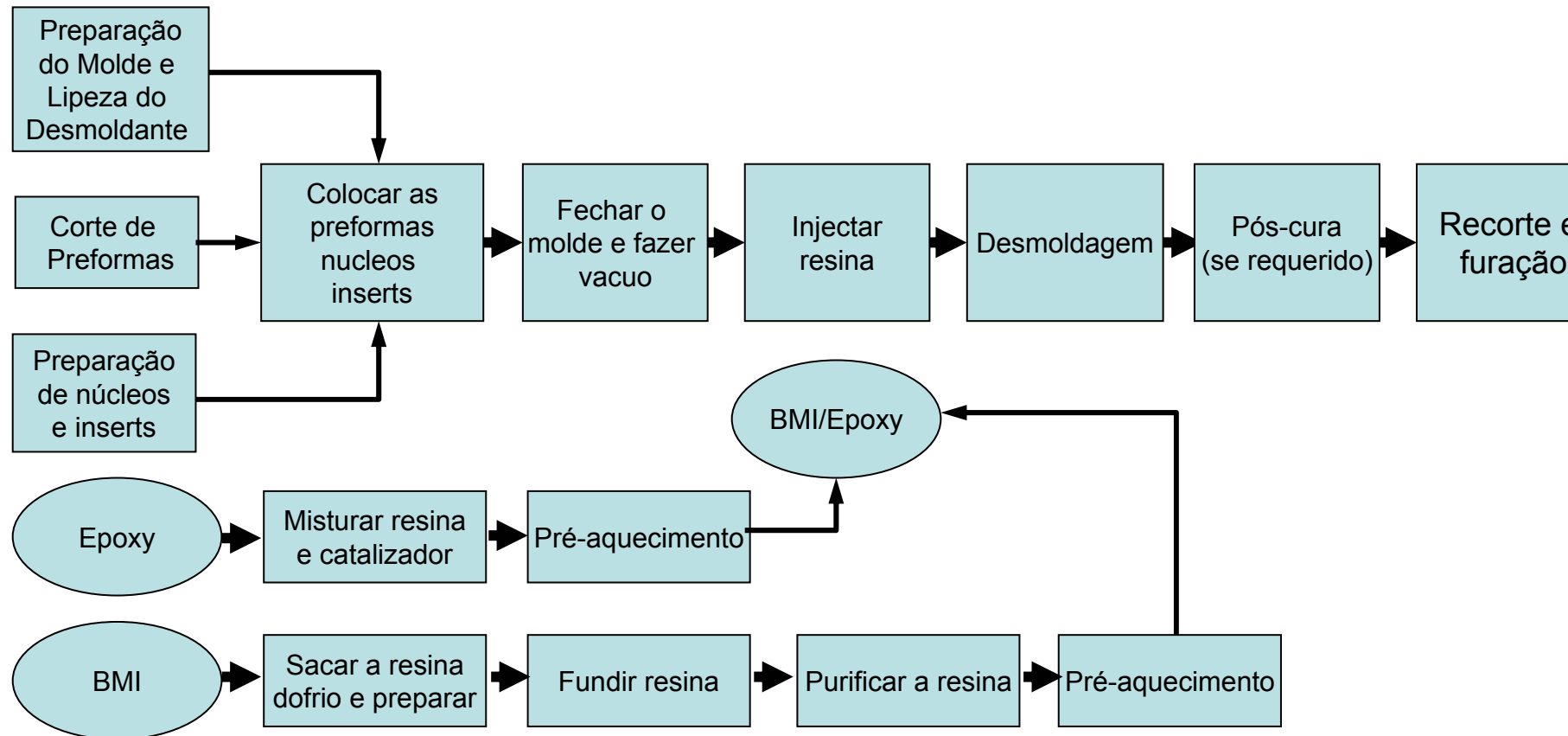
Processos de Fabricação de Compósitos

- Polimerização em autoclave em ambiente de vácuo



Processos de Fabricação de Compósitos

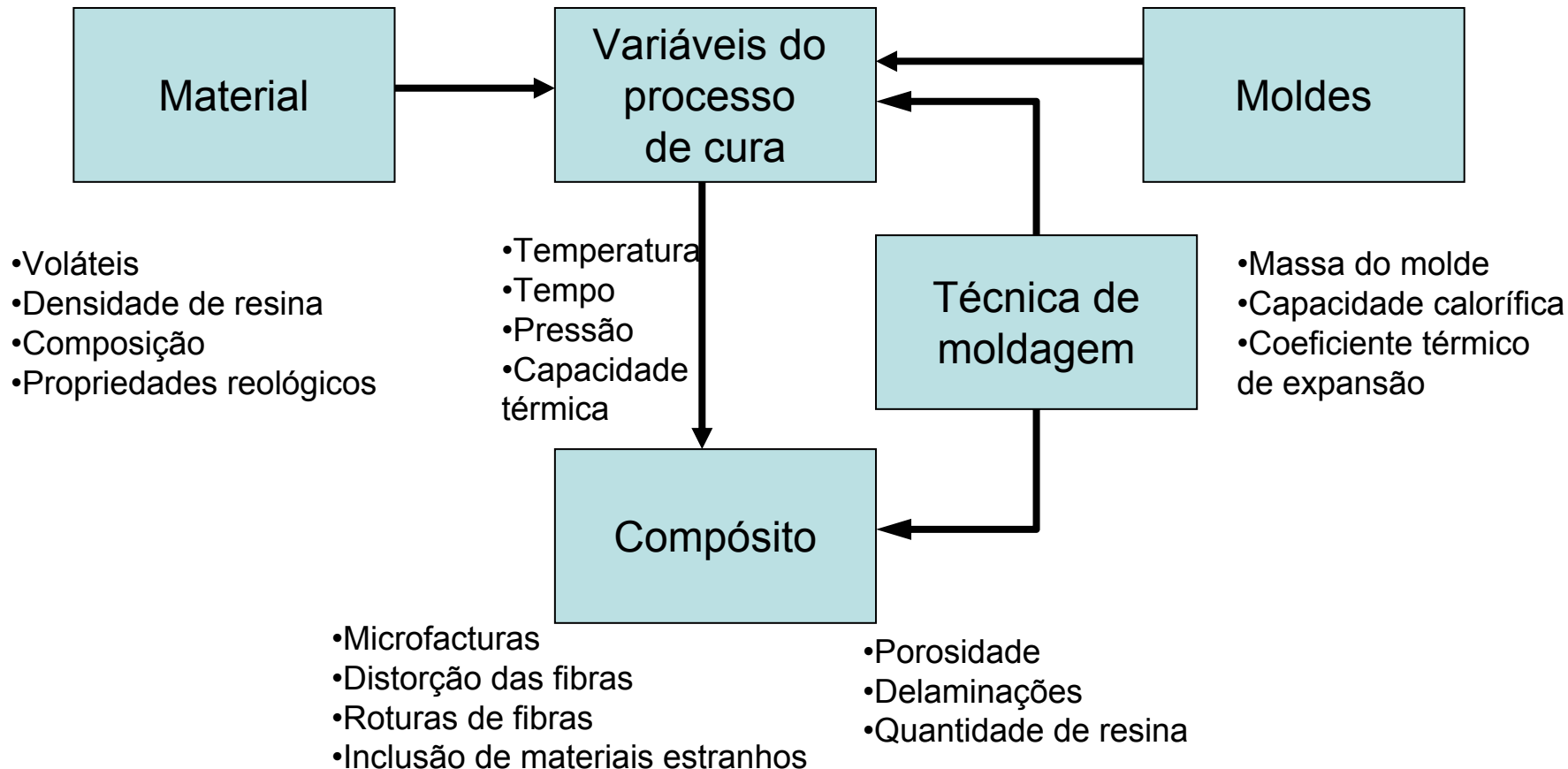
- Polimerização em RTM



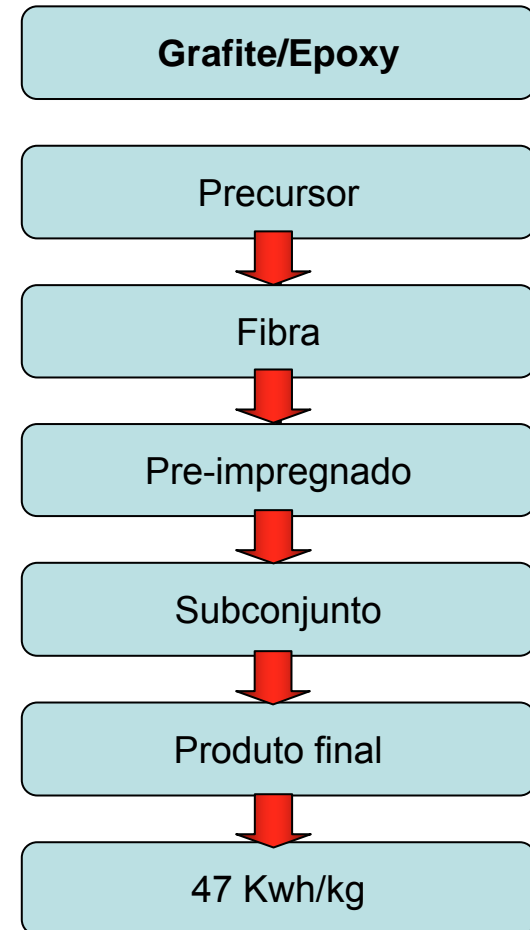
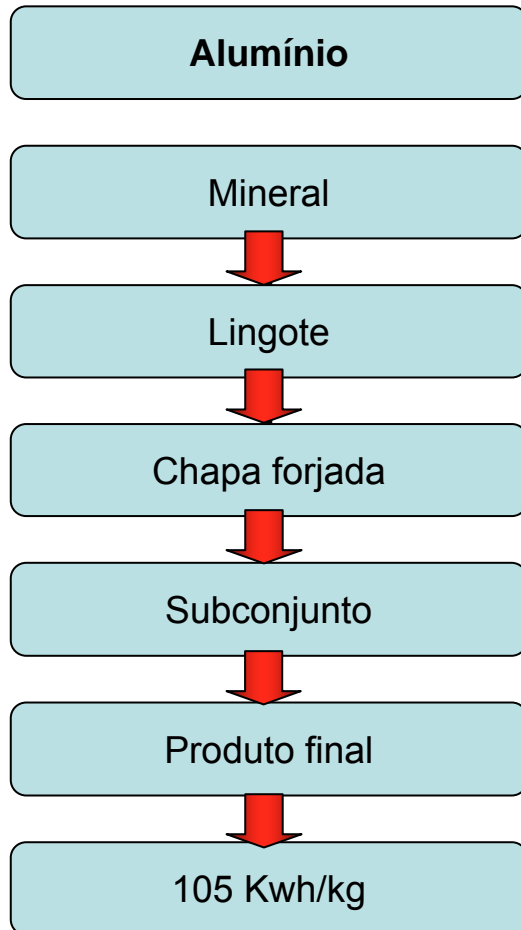
Comparação dos processos

Processo	Custo relativo do material	Custo relativo de fabricação	Custo relativo de ferramenta	Factor de desperdício de material	Volume típico de fibra	Porosidade típica	Cadência de fabricação	Repetitividade	Flexibilidade no projecto
Moldagem por autoclave	Alto	Alto	Baixo/ Médio	1.3 – 1.9	55 – 60%	1 – 3%	Baixa	Baixa	Alto
Moldagem por compressão	Baixo	Baixo	Alto	1.06 – 1.20	40 – 50%	2 – 4%	Alto	Alto	Médio
Enrolamento de filamentos	Baixo	Médio	Baixo/ Médio	Fibra 1.05 -1.30 Resina 1.2 -1.8	50 -60%	2 – 3%	Baixa/alta	Alto	Baixo/ Médio
RTM	Baixo/ Médio	Médio	Médio	Resina 2.2 - 4.9 Tecido 1.5 - 2.0	45 – 60%	1 – 3%	Baixo/ Médio	Médio	Alto
Pultrusão	Baixo	Baixo	Alto	115	45-55%	4-7%	Alta	Alta	Baixo

Variáveis do Processo de Polimerização



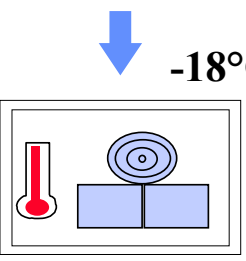
Energia Necessária Para Fabricar





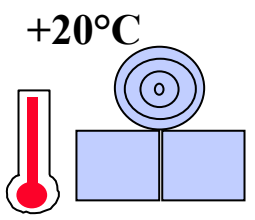
Processo de fabricação de peças em compósitos

Inspeção



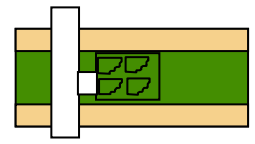
-18°C

Armazenagem



+20°C

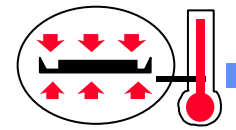
Débito de material



Corte tecidos



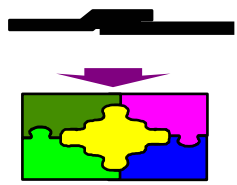
Lay up



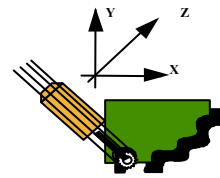
180°C

Polimerização

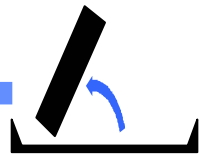
Montagem



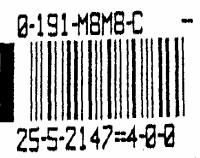
Montagem



Recorte/furação



Desmoldagem



Marcação



Inspeção final



Pintura

