

**Universidade Federal de São Carlos**  
**Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de**  
**Materiais**

**SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DE**  
**MATERIAIS NO INTERIOR DE AERONAVES EXECUTIVAS**

**Fábio Rodrigues Costa**

**São Carlos**  
**2009**



**Universidade Federal de São Carlos**  
**Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de**  
**Materiais**

**SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DE**  
**MATERIAIS NO INTERIOR DE AERONAVES EXECUTIVAS**

**Fábio Rodrigues Costa**

**Dissertação apresentada ao**  
**Programa de Pós-Graduação em**  
**Ciência e Engenharia de Materiais**  
**como requisito parcial à obtenção**  
**do título de MESTRE EM**  
**ENGENHARIA DE MATERIAIS**

**Orientador: Prof. Dr. José Angelo Rodrigues Gregolin**

**São Carlos**  
**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C837sa

Costa, Fábio Rodrigues.

Situação atual e perspectivas de utilização de materiais  
no interior de aeronaves executivas / Fábio Rodrigues  
Costa. -- São Carlos : UFSCar, 2009.  
100 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2009.

1. Engenharia de materiais. 2. Prospecção tecnológica. 3.  
Seleção de materiais. 4. Aeronaves. 5. Patentes. I. Título.

CDD: 620.11 (20<sup>a</sup>)

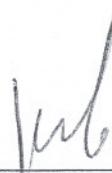
MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE

MESTRADO DE:

FÁBIO RODRIGUES COSTA

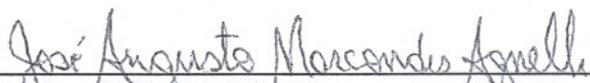
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
ENGENHARIA DE MATERIAIS, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO  
CARLOS, EM 4 DE AGOSTO DE 2009.

BANCA EXAMINADORA:



---

Prof. Dr. José Angelo Rodrigues Gregolin  
Orientador  
DEMa/UFSCar – São Carlos



---

Prof. Dr. José Augusto Marcondes Agnelli  
DEMa/UFSCar – São Carlos



---

Profa. Dra. Maria Helena Robert  
FEM/UNICAMP – Campinas



## **DEDICATÓRIAS**

Dedico esse trabalho especialmente a minha mãe, que, com sua compreensão, serenidade e valentia sempre me impulsionou a avançar e a evoluir como ser humano; ao meu pai, pela paciência, serenidade e tranqüilidade com que sempre me indicou boas direções a seguir e me apoiou em minhas escolhas.

## **VITAE DO CANDIDATO**

Engenheiro de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (2003).



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Iraelina e Messias, à minha irmã e à minha sobrinha, Cristina e Bruna, principalmente pelo constante apoio, compreensão e aceitação de minhas ausências na família, necessárias para dedicação a este trabalho.

Em especial ao meu orientador e amigo prof. Dr. José Angelo R. Gregolin, por aceitar me orientar nesse trabalho; por constantemente me encorajar e estimular no avanço e conclusão do estudo; pelo apoio e postura flexível em todos os momentos em que necessitei de suporte.

À Embraer, empresa de que tenho o grande orgulho e prestígio de ser um colaborador, por patrocinar e estimular trabalhos conjuntos com universidades e me ensejar a realização desse trabalho.

Aos especialistas e gestores que, com boa vontade e presteza, propiciaram-me a grande oportunidade de entrevistá-los e/ou consultá-los, conferindo valiosa contribuição para a realização desse trabalho.

Ao Vagner Proença, pelo suporte no fornecimento de informações acerca do mercado de aviação executiva e pelos comentários construtivos sobre o trabalho.



## RESUMO

A presente pesquisa aborda a situação atual e as perspectivas de seleção e utilização de materiais como compósitos, laminados e filmes decorativos e outros, em interiores de aeronaves executivas, particularmente no mobiliário e seu acabamento, muito relevantes nesse setor e pouco estudados de forma sistemática. Para levantar e analisar informações empregou-se técnicas de prospecção tecnológica e inteligência competitiva, via entrevistas com profissionais da área, consultas a bases de dados e de patentes, análise de estudos existentes e outras fontes. Foi conduzido um estudo de caso com materiais de acabamento, críticos na classe de aeronaves executivas. Foram verificadas forças motrizes tecnológicas relevantes nesse setor, dentre elas redução da poluição do ar, personalização e simplicidade de utilização. Verificou-se também que a seleção de materiais é afetada por fatores como: segmento de mercado envolvido, tempo e propósito do voo e diferenças culturais dos passageiros, especialmente em relação aos requisitos estéticos, sensitivos e de conforto; obrigatoriedade de atender a regulamentos de agências de segurança aeronáutica, especialmente em relação à inflamabilidade, resistência estrutural e segurança de cabine; necessidade de atender a requisitos de projeto, como baixo peso, alta relação resistência/peso, resistência à fadiga, resistência à degradação, dentre outros. Em patenteamento de tecnologias de cabines, interiores e mobiliários, empresas como Boeing, Airbus e Bombardier se destacaram, enquanto que outras fabricantes de aeronaves executivas ou interiores apresentaram um número relativamente pequeno de patentes. Foram identificadas empresas relevantes em acabamentos de interesse e suas respectivas tecnologias a partir da titularidade de patentes. Também se verificou a relevância da capacitação de fornecedores nacionais, de modo a atender aos requisitos do setor, e da realização de parcerias com as empresas de destaque em titularidade de patentes. Foi proposta uma metodologia de seleção de materiais para o contexto pesquisado, visando à maximização do valor agregado para o cliente.



## CURRENT SITUATION AND PERSPECTIVES OF MATERIALS UTILIZATION IN BUSINESS AIRCRAFT INTERIORS

### **ABSTRACT**

This study focuses on analyzing the current situation and perspectives of materials selection and utilization, like composites, decorative laminates and films, and others, in business aircraft, particularly in furnishings and its finishes, of great importance in this sector and systematically few studied. It was used technological prospective and competitive intelligence techniques like interviews with specialists, search in data and patents bases, analysis of existing studies and other sources. A case study was done on finishing materials, which are critical in the business aircraft class. Technological drivers for this sector, like air pollution reduction, personalization and simplicity of utilization, beyond others, were pointed out. It was verified that the materials selection is affected by several factors, namely: market segment involved, flight time and purpose and customer cultural differences, specially in relation to aesthetic, sensitive and comfort requirements; obligation to meet safety requirements from airworthiness agencies, specially in relation to inflammability and structural resistance and cabin safety; need of meeting design requirements, like low weight, high resistance/weight relation, fatigue resistance, degradation resistance, etc. In terms of patenting of cabin, interior and furnishings related technologies, Boeing, Airbus and Bombardier have been in highlighted position, while other business aircraft or interior manufacturers have appeared as owners of a relatively small number of patents. Important companies in key finishes (and their technologies) were identified by patents ownership. It was recommended that the materials selection and procurement process emphasizes the development and capability improvement of potential national suppliers, aiming at meeting business aviation requirements, as well as partnership with the relevant companies in patents ownership. A materials selection methodology was proposed, considering the researched context, which allows the maximization of aggregated value to the customer.



## Sumário

	Pág.
BANCA EXAMINADORA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
SUMÁRIO.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
SÍMBOLOS E ABREVIACÕES.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1 O segmento de aeronaves executivas.....	5
3.2 Mobiliário de interiores de aeronaves executivas e seus materiais de fabricação.....	10
3.2.1 Características gerais dos interiores e materiais empregados.....	10
3.2.2 Percepções dos clientes sobre a aviação executiva.....	15
3.2.3 Regulamentações de segurança contra incêndio a serem atendidas pelos componentes de interiores de aeronaves.....	17
3.2.4 Requisitos técnicos de projeto de engenharia para os materiais.....	20
3.2.5 Tecnologia de material composto empregada no interior de aeronaves.....	22
3.3 Seleção de Materiais e Processos.....	26
3.4 Métodos de prospecção tecnológica e inteligência competitiva e seleção de materiais para mobiliário de aeronaves executivas.....	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4.1 Planejamento.....	47
4.2 Levantamento de informações.....	48
4.2.1 Levantamento de campo.....	48
4.2.2 Levantamento de informações em documentos e bases de dados.....	51

4.3 Definição de estudo de caso.....	53
4.4 Análise de informações.....	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
5.1 Forças motrizes tecnológicas chaves no setor da aviação executiva	55
5.2 Fatores de influência no uso de diferentes materiais no interior de aeronaves executivas.....	58
5.3 Levantamento e análise exploratória do patenteamento de tecnologias relacionadas aos interiores de aeronaves e seus materiais.....	67
5.4 Estudo comparativo de materiais de acabamentos de interiores de aeronaves executivas.....	71
5.5 Proposta de metodologia para prospecção e seleção de materiais....	80
6 CONCLUSÕES.....	85
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	89
8 REFERÊNCIAS.....	91

## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
Tabela 3.1 - Categorização típica de jatos executivos e principais características dos jatos.....	6
Tabela 3.2 - Análise da utilização estratégica da aviação executiva no Brasil.....	9
Tabela 3.3 - Materiais utilizados e suas aplicações em mobiliários de aeronaves executivas.....	14
Tabela 3.4 - Principais regulamentações de segurança associadas aos materiais de interiores de aeronaves: ensaios de inflamabilidade, liberação de calor, e emissão de fumaça e toxicidade.....	19
Tabela 3.5 - Estrutura de painel sanduíche e comparativo de propriedades.....	23
Tabela 3.6 - Metodologias de seleção de materiais.....	26
Tabela 3.7 - Metodologias e abordagens de prospecção tecnológica e inteligência competitiva de maior relevância para o contexto do presente estudo.....	46
Tabela 4.1 - Questionário para levantamento de informações sobre a utilização de componentes e materiais no mobiliário do interior de aeronaves executivas (ênfase em acabamentos)	49
Tabela 4.2 - Materiais de acabamento selecionados para estudo de caso	53
Tabela 5.1 - Forças motrizes tecnológicas no setor de aviação executiva	55
Tabela 5.2 - (a) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Clientes.....	59
Tabela 5.2 - (b) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Requisitos Técnicos e Regulamentações.....	60
Tabela 5.2 - (c) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Tecnologia e Disponibilidade de Materiais.....	61

Tabela 5.3 - Número de patentes por empresa (sem considerar Boeing e Airbus/EADS).....	69
Tabela 5.4 - Características de tecnologias de acabamento de interiores de aeronaves executivas.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 3.1 - Porcentagem da frota de jatos executivos existentes por segmento.....	8
Figura 3.2 - Interiores típicos de aeronaves executivas comerciais. (a) imagem cedida pela empresa Embraer; (b) imagem cedida por Jerome Zbinden (Photo Copyright Jerome Zbinden - www.airimage.ch.vu).....	11
Figura 3.3 - Exemplos de detalhes do interior de uma aeronave executiva e materiais tipicamente empregados (imagens cedidas pela Embraer).....	12
Figura 3.4 - Construções típicas de painéis utilizados na confecção dos diferentes componentes de interiores de aeronaves.....	15
Figura 3.5 - Ilustração do processo de dobramento de painéis.....	24
Figura 3.6 - Ilustração do processo de conformação em bolsa de vácuo.....	24
Figura 3.7 - Ilustração do processo de prensagem a quente.....	25
Figura 3.8 - Exemplo de construção em painel sanduíche.....	25
Figura 3.9 - Exemplo de um processo para construção de mapa tecnológico (technology roadmap), empregado no setor aeronáutico canadense.....	42
Figura 3.10 - Esquema ilustrativo da metodologia Forças de Porter, exibindo as relações entre as 5 forças apontadas por Porter.....	46
Figura 5.1 - Número de patentes por empresa, total e nas tecnologias relativas a cabines, interiores e mobiliários de aeronaves, de 1963 a 2009, base de dados Derwent.....	68
Figura 5.2 - Empresas com patentes sobre acabamentos de interiores.....	70
Figura 5.3 - Exemplos de móveis com acabamento em veneer (cortesia Embraer).....	73
Figura 5.4 - Etapas do processo WTP.....	76
Figura 5.5 - Fluxograma representativo da metodologia proposta.....	80



## SÍMBOLOS E ABREVIações

$\alpha$  - alfa

$\rho$  - rô

ABAG - Associação Brasileira de Aviação Geral

AFRA - Aircraft Fleet Recycling Association (Associação de Reciclagem de Frotas de Aeronaves)

AMSTAT - Aviation Market Statistics (Estatísticas do Mercado de Aviação)

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

CEO - chief executive officer (diretor-executivo)

CFDs - corporate flight departments (corporações com departamentos de vôo)

EADS - European Aeronautic Defence and Space Company (Companhia Européia de Aeronáutica, Defesa e Espaço)

EASA - European Aviation Safety Agency (Agência Européia para a Segurança da Aviação)

Embraer - Empresa Brasileira de Aeronáutica

FAA - Federal Aviation Administration (Administração da Aviação Federal)

FAR - Federal Aviation Regulation (Regulamento da Aviação Federal)

FOC - Função Objetiva Composta

HNWI - high net worth individual (indivíduos super ricos)

IBAC - International Business Aviation Council (Conselho Internacional de Aviação Executiva)

IC - Inteligência Competitiva

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

NBAA - National Business Aviation Association (Associação Nacional de Aviação Executiva)

ONGs - Organizações Não Governamentais

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PAMELA - Process for Advanced Management of End of Life Aircraft (Processo para Gerenciamento Avançado de Aeronaves em Fim de Vida)

PC - polycarbonate (policarbonato)

PEKK - poly(ether ketone ketone) (poli(éter-cetona-cetona))

PMMA - poly(methyl methacrylate) (poli(metacrilato de metila))

PU - polyurethane (poliuretano)

PVA - poly(vinyl) alcohol (poli(vinil álcool))

PVC - poly(vinyl) chloride (poli(cloreto de vinila))

PVF - poly(vinyl) fluoride (poli(fluoreto de vinila))

QFD - Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade)

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

UV - Ultra-violeta

VOCs - Volatile Organic Compounds (Compostos Orgânicos Voláteis)

WTP - Water Transfer Printing (Impressão por Transferência em Água)

## 1 INTRODUÇÃO

A perspectiva de crescimento da aviação mundial ainda é bem expressiva, não obstante a crise econômica mundial e as questões ambientais recentes do cenário mundial. Segundo projeção de mercado realizada em 2009 pela Boeing, o desempenho da aviação mundial está atrelado ao crescimento do Produto Interno Bruto Mundial, projetado para crescer a uma taxa anual de 3,1% durante os próximos 20 anos (2009-2028). Baseando-se nesse indicador chave (Produto Interno Bruto Mundial), a Boeing estima um montante de US\$ 3,2 trilhões em oportunidades de negócios na aviação mundial (2009-2028) envolvendo novas aeronaves [1].

A aviação executiva é um ramo da indústria de aviação cujo foco é o desenvolvimento de aviões com características diferenciadas, voltados para clientes bem definidos que podem ser empresas privadas ou públicas, governos, autoridades, pessoas físicas de elevado poder aquisitivo e celebridades. Segundo estimativa da Bombardier, a venda de novas aeronaves executivas no período de 2009 a 2018 chegará a 11500 unidades, o que equivale a um montante de US\$ 256 bilhões [2].

Um dos componentes que conferem maior diferenciação a um avião executivo em comparação a outros aviões é o seu interior, que deve apresentar conforto, qualidade, exclusividade, luxuosidade e requinte, eminentemente superiores, para atender às demandas dos clientes, implicando no uso de materiais desenvolvidos especificamente para atender a esses tipos de requisitos especificados nos projetos.

Para o interior do seletto segmento de aeronaves executivas, o mobiliário desempenha um papel chave e os materiais empregados na sua confecção devem conferir uma alta diferenciação estética, tátil e outros requisitos de percepção muitas vezes subjetivos, além de atenderem às exigências técnicas básicas de engenharia e de regulamentação aeronáutica [3].

Há carência de informações técnicas e não técnicas relacionadas à aplicação e utilização dos materiais nos interiores para atender às necessidades das aeronaves executivas, que extrapolam inclusive as

abordagens melhor quantificadas e estabelecidas das relações entre estrutura, propriedades, processamento e aplicações de engenharia dos materiais. Há necessidade de ampliar a interdisciplinaridade da análise das opções de materiais disponíveis ou a serem desenvolvidos, levando em conta as percepções humanas, em muitos casos sendo necessário traduzir critérios subjetivos de escolha que podem estar entre os fatores mais importantes nas preferências do cliente e na diferenciação do produto. Apesar da carência das informações dessa natureza, elas são fundamentais para a seleção e uso adequado dos materiais, especialmente aqueles aplicados em acabamentos, sem perder de vista que também devem atender a exigências técnicas regulamentadas, apresentar desempenho de acordo com funcionalidades estabelecidas no projeto, mas, também, atender às preferências da clientela, em um mercado altamente exigente e competitivo.

## 2 OBJETIVOS

Diante das carências de informação em materiais para interiores de aeronaves executivas e sua importância para o contexto aeronáutico mundial e brasileiro, o objetivo da presente pesquisa é analisar a situação atual e as tendências relacionadas às tecnologias de materiais e o seu suprimento para o setor aeronáutico, com ênfase no mobiliário empregado nos interiores das aeronaves executivas. Os objetivos específicos são os seguintes:

- Identificar os materiais que são críticos na confecção do mobiliário de aeronaves, particularmente nos acabamentos, inclusive os possíveis fatores chave que os tornam críticos. Com base em experiência anterior, foi considerado como hipótese inicial, sujeita à revisão a partir dos resultados obtidos, que os materiais devem atender a fatores chave associados às expectativas dos clientes, *design*, modificações tecnológicas, atendimento a regulamentações técnicas e ambientais, certificação junto a órgãos competentes ligados à aviação, suprimento, custos, outros aspectos que poderão requerer atenção especial.
- Realizar estudo de caso com materiais e componentes identificados como críticos no atendimento aos fatores chave no acabamento do mobiliário no contexto de uma linha de aeronaves específicas em uma empresa brasileira.
- Desenvolver metodologia de elaboração de informação para o apoio à seleção e uso de materiais, que permita apresentar respostas inovadoras e viáveis técnica e economicamente, com base nos gargalos e oportunidades identificados, na realidade do estudo de caso focalizado, e nas tendências em materiais observadas para o setor. Também deverá ser feita a análise das possibilidades e limitações do uso da metodologia desenvolvida na seleção e uso de materiais para os interiores de aeronaves, extrapolando a aplicação em acabamento de mobiliário, conforme focalizado no caso estudado.



### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 O segmento de aeronaves executivas

A aviação executiva é um ramo da indústria de aviação cujo foco é o desenvolvimento de aviões com características diferenciadas, voltado para clientes bem definidos que podem ser empresas privadas ou públicas, governos, autoridades, pessoas físicas de elevado poder aquisitivo e celebridades. Segundo estimativa da Bombardier, a venda de novas aeronaves executivas no período de 2009 a 2018 chegará a 11500 unidades, o que equivale a um montante de US\$ 256 bilhões [2].

No contexto do Brasil, em 2008 havia cerca de 11.100 aeronaves homologadas, das quais 10.650 eram consideradas de aviação geral (como executivas, agrícolas, aeroclubes) e 450 de aviação regular (operadas pelas companhias aéreas). Das aeronaves de aviação geral, 1.650 eram de aviação executiva, sendo 350 jatos, 650 turboélices e 650 helicópteros.

Segundo a Associação Brasileira de Aviação Geral (ABAG), o setor de aviação executiva brasileiro deve registrar 1.800 aeronaves em 2009 e 1.950 em 2010. O faturamento anual deve ficar entre US\$ 400 milhões e US\$ 500 milhões de 2008 a 2010 [4].

Os principais fabricantes de aviões a jato e/ou turboélices são, em ordem alfabética, Airbus, Boeing, Bombardier, Cessna, Dassault Falcon Jet, Eclipse (em processo de concordata), Embraer, Emivest Aerospace, Gulfstream, Hawker Beechcraft, Piaggio, Pilatus, Piper e Socata [5]. Atualmente são fabricados jatos e turboélices executivos de diferentes tamanhos, alcances e desempenhos.

Com relação aos jatos executivos, uma típica categorização utilizada e as principais características típicas dos jatos de cada categoria são sumarizadas na tabela 3.1. É importante ressaltar que essa forma de categorização pode apresentar pequenas variações dependendo do fabricante de jatos executivos considerado.

Tabela 3.1 Categorização típica de jatos executivos e principais características dos jatos [6].

Categoria	Número de passageiros	Alcance (Km)	Faixa de custo (US\$ milhões)	Exemplos de jatos [6]
Personal Jets	3 a 4	1852 a 2408	< 3	 Eclipse 500  Diamond d-jet
Entry	4 a 6	2037 a 2778	3 a 6	 Cj1+  Phenom 100
Light	6 ou 7	2778 a 3334	6 a 9	 Cj3  Phenom 300
Mid-Light	7 ou 8	3148 a 4074	9 a 13	 Encore+  Legacy 450
Mid-Size	8 ou 9	4260 a 5556	14 a 17	 G150  Legacy 500
Super Mid-Size	10 a 14	5926 a 7038	20 a 28	 Challenger 850  Legacy 600
Large	12 a 15	7038 a 9260	27 a 39	 G350  Global 5000
Ultra-Long Range	12 a 15	10927 a 12964	40 a 56	 G500  Global xrs
Ultra Large	12 a 48	7408 a 11482	> 46	 BBJ  Lineage 1000

O mercado de aviação executiva pode ser segmentado com base no propósito de utilização da aeronave e no perfil do usuário e/ou dono da aeronave, do seguinte modo [7]:

- Indivíduos super ricos (“high net worth individual ou HNWI”): pessoas com mais de US\$ 1 milhão disponível para investimento. Compram por produtividade (uso em negócios) ou por privacidade (uso pessoal).
- Empresas (“Corporate”): empresas que compram para uso próprio, utilizando o jato para negócios e/ou uso pessoal dos seus principais executivos (normalmente o presidente).
- Corporações com departamentos de voo (“Corporate Flight Departments” ou CFDs): empresas grandes com frotas de jatos executivos para transporte de executivos e pessoas-chave entre suas unidades de negócio.
- Operadores de propriedade compartilhada (“Fractional”): dois ou mais proprietários dividindo a utilização do jato e com gerenciamento, manutenção e operação realizados por um operador (terceiro) frotista.
- Operadores charter: operadores que alugam seus jatos (ou de terceiros) para pessoas e empresas.
- Operadores de táxi-aéreo por assento: alugam o assento do jato executivo para transporte de pessoas de um local A para um local B.

Em fevereiro de 2008, uma análise feita pela empresa Embraer a partir da base de dados da AMSTAT (“Aviation Market Statistics”, empresa especialista em pesquisa de mercado em aviação executiva) identificou a porcentagem da frota mundial de jatos executivos existente em cada segmento,

sendo os maiores segmentos os de aviões corporativos (42% da frota), os departamentos de vôo (21% da frota) e a categoria charter (15% da frota), que somam 78% do mercado, conforme figura 3.1[7].

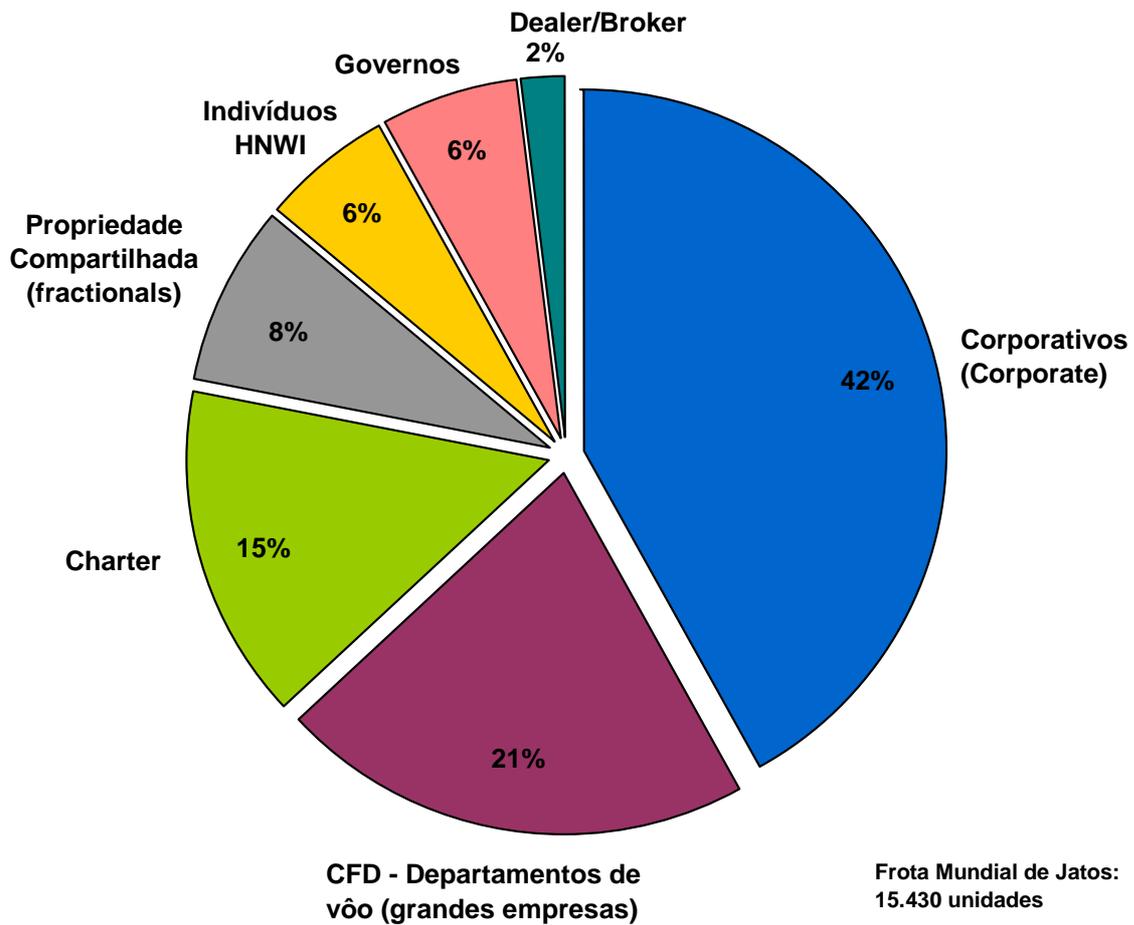


Figura 3.1 Porcentagem da frota de jatos executivos existentes por segmento [7].

Menezes [8] estudou a aviação executiva e identificou as utilizações estratégicas, as fraquezas e os benefícios da mesma no Brasil, os quais estão sintetizados na tabela 3.2:

Tabela 3.2 Análise da utilização estratégica da aviação executiva no Brasil [8].

Principais fraquezas da Aviação Executiva no Brasil	1 - O custo do serviço
	2 - A média de idade das aeronaves
	3 - A infra-estrutura aeroportuária
	4 - A regulamentação excessiva
	5 - Os serviços de apoio ao produto
	6 - A capacitação e o treinamento de pessoal
Utilizações estratégicas da Aviação Executiva	1 - Transporte de funcionários-chave
	2 - Transporte de clientes
	3 - Facilidade de conexões
	4 - Transporte de equipes gerenciais
	5 - Vôos por causas humanitárias
	6 - Visitas a clientes
	7 - Atração e retenção de pessoas-chave
	8 - <i>Blitz</i> de vendas e marketing
	9 - Escritório a bordo
	10 - Ponte aérea
	11 - Expansão de mercado
	12 - Equipes de engenharia
	13 - Vôos internacionais
	14 - Serviço ao cliente
	15 - Segurança pessoal e industrial
	16 - Disponibilização da aeronave para fretamento
Benefícios advindos das utilizações estratégicas	1 - Economia de tempo dos funcionários
	2 - Incremento da produtividade porta-a-porta e em rota
	3 - Eficiência nas transações estratégicas
	4 - Proteção da propriedade intelectual
	5 - Incremento na retenção ou atração de cliente
	6 - Incremento na cadeia de suprimento
	7 - Incremento no ciclo de produção e do produto
	8 - Segurança do funcionário
	9 - Gerência do risco

## 3.2 Mobiliário de interiores de aeronaves executivas e seus materiais de fabricação

### 3.2.1 Características gerais dos interiores e materiais empregados

As aeronaves apresentam uma série de componentes constitutivos do seu interior e que são fabricados com distintos materiais. Os componentes típicos do interior de aeronaves são o mobiliário, as poltronas, o teto, as paredes, o piso, os compartimentos de carga, os isolamentos termo-acústicos, as fiações, as iluminações, os dutos e as janelas. Esses componentes são fabricados com materiais específicos, que devem atender a requisitos que incluem: baixo peso, resistência estrutural e resistência ao fogo, além de aspectos estéticos e sensitivos [9]. Cabe destacar que quanto menor o peso agregado à aeronave pelo seu interior, maior será a distância alcançada pela mesma e/ou maior será a carga paga possível de ser transportada e/ou menor será o consumo de combustível (e decorrente emissão de gases de combustão) pela aeronave.

Em aeronaves executivas, o mobiliário é um item de extrema relevância, que deve apresentar características em geral personalizadas e que estão associadas à afinidade, sensação de satisfação e conforto nos proprietários e passageiros. O mobiliário de aeronaves executivas é constituído por divisórias, cozinhas (armários), toaletes, guarda-roupas, assentos, mesas, sofás, estantes, gabinetes lavatórios, bordas e consoles laterais, dentre outros componentes [10]. Interiores típicos de aeronaves executivas são mostrados na figura 3.2, enquanto que detalhes de um toailete e de um armário são mostrados respectivamente nas figuras 3.3a e 3.3b.



(a)



(b)

Figura 3.2 Interiores típicos de aeronaves executivas comerciais. (a) imagem cedida pela empresa Embraer; (b) imagem cedida por Jerome Zbinden (Photo Copyright Jerome Zbinden - [www.airimage.ch.vu](http://www.airimage.ch.vu)).



(a) Toailete



(b) Armário de cozinha

Figura 3.3 Exemplos de detalhes do interior de uma aeronave executiva (imagens cedidas pela empresa Embraer).

O mobiliário de aeronaves executivas é tipicamente confeccionado com materiais leves, com a resistência estrutural e a resistência ao fogo necessárias, e que atendem a padrões estéticos e sensitivos exigidos pelos clientes. Os materiais mais freqüentemente utilizados e respectivas aplicações são exibidos na tabela 3.3 [9, 10, 11, 12, 13].

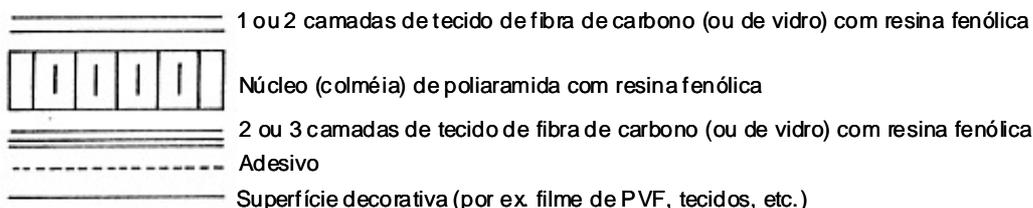
Cada um dos principais componentes do interior das aeronaves (divisórias, pisos, tetos, móveis) é formado tipicamente por painéis sanduíche, que constituem sua estrutura de sustentação, combinados com um revestimento de acabamento, como mostrado na figura 3.4 [9].

É importante destacar a forte tendência de aumento da diversidade de materiais utilizados na confecção de interiores de aeronaves, especialmente as executivas. Materiais como compósitos [14], termoplásticos, filmes, em especial os decorativos, com destaque para o processo de impressão por transferência em água (“water transfer printing”) [15-19], nanomateriais [20] e materiais inteligentes [21, 22] estão dentre os mais proeminentes e promissores de utilização. Inclusive, a utilização de nanomateriais (tais como fibras de carbono e de polímeros, nano partículas de ligas metálicas e de aço, etc.) em conjunção com técnicas recentes de manufatura rápida tem se constituído como potencial causador de salto tecnológico na metodologia de fabricação de peças, podendo contribuir expressivamente na redução do ciclo de projeto e produção [23, 24, 25].

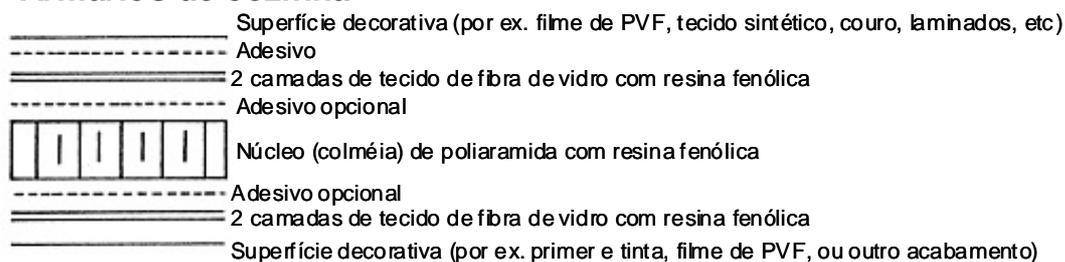
Tabela 3.3 Materiais utilizados e suas aplicações em mobiliários de aeronaves executivas.

APLICAÇÃO	MATERIAIS
<p><u>Peças estruturais, peças auxiliares e estofamentos não expostos</u></p>	painéis sanduíche constituídos por núcleo de fibras de aramida (em estrutura de favo de mel) e faces de tecido (1 a 3 camadas) de fibras de vidro impregnadas com resina fenólica
	painéis sanduíche constituídos por núcleo de fibra de carbono (em estrutura de favo de mel) e faces de tecido (1 a 3 camadas) de fibras de vidro ou de carbono impregnadas com resina epóxi
	painéis sanduíche constituídos por núcleo de alumínio (em estrutura de favo de mel) e faces de alumínio ou de tecido (1 a 3 camadas) de fibras de vidro
	espumas de poliuretano (estofamento em geral) e de poliimidas (isolamento termo-acústico)
	peças metálicas, como insertos e suportes de fixação, feitos de ligas de alumínio e de outros metais não ferrosos ou aço
	peças plásticas, como grelhas de evaporadores, carenagens e pias, painéis sombreiros, dentre outros, feitas com plásticos de engenharia, como poli(metacrilato de metila) (PMMA), policarbonato (PC), poli(cloreto de vinila) (PVC), poli(éter-cetona-cetona) (PEKK), nylon e outros
<p><u>Adesivos</u></p>	resinas fenólicas para a junção nos painéis sanduíches do núcleo às lâminas, e outras junções
	adesivos à base de polipropileno, poliuretano, resorcinol e policloroprene (neoprene) para colagem de tecidos, couro e laminados em geral
	resinas epóxi para a colagem estrutural entre painéis, na montagem estrutural de componentes do mobiliário
	adesivos à base de silicone para selagem e vedação de portas, dutos de ar e móveis em geral
<p><u>Acabamentos / revestimentos</u></p>	encabeçamentos de madeira, como acabamentos laterais de móveis
	lâminas de madeira, conhecidas como veneer, utilizadas como revestimento dos móveis de alto valor agregado
	laminados plásticos decorativos (como o produto Fómica), utilizados como revestimento dos móveis de menor valor agregado
	vernizes e tintas (normalmente poliuretânicos e/ou à base de poliéster)
	filmes poliméricos decorativos
	couro natural, tecido sintético (poliuretano, poliéster e rayon) ou lã, utilizados principalmente como revestimentos de assentos e encostos
	filmes de poli(fluoreto de vinila) (PVF)
	tratamentos superficiais para efeito de acabamento (cromaço - acetinado, escovação, pintura emborrachada, banhado a ouro, galvanoplastia comum, anodização, dentre outros)

## Tetos



## Armários de cozinha



## Divisórias

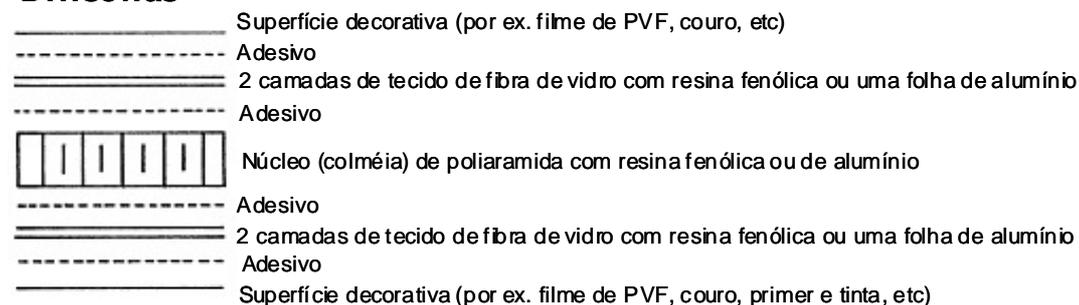


Figura 3.4 Construções típicas de painéis utilizados na confecção dos diferentes componentes de interiores de aeronaves [9].

### 3.2.2 Percepções dos clientes sobre a aviação executiva

Estudos realizados por fabricantes de aeronaves indicam diferenças significativas na valorização dada pelos clientes de diferentes segmentos com relação aos atributos dos produtos da aviação executiva [7]. Constata-se, por exemplo, que há clientes em que o fator emoção é preponderante na

valorização do produto da aviação executiva, ao passo que em outros o fator funcionalidade apresenta maior relevância [7].

O interior das aeronaves executivas é susceptível às diferenças dos segmentos e sua concepção, sua configuração de materiais devem condicionar-se ao perfil do grupo de clientes a que a aeronave deverá atender.

De modo geral, os clientes procuram nos produtos da aviação executiva benefícios específicos, tais como [7]:

- **Flexibilidade na missão:** ir onde precisam e onde quiserem, quando quiserem, sem percalços e esperas.

- **Velocidade:** ir mais rapidamente que qualquer alternativa viável de transporte aéreo.

- **Privacidade e Exclusividade:** ir do seu jeito e com quem interessa.

- **Conforto:** ir mais confortavelmente que “os outros”.

- **Produtividade:** “tempo é dinheiro” e dinheiro é “qualidade de vida”.

Quanto aos serviços da aviação executiva de jatos, os clientes têm procurado as seguintes características:

- **Presença global e local:** deve estar onde possam precisar.

- **Prontidão:** sem percalços e esperas.

- **Simplicidade e exclusividade:** simplicidade na solução do problema e exclusividade no atendimento.

As percepções dos clientes sobre os produtos da aviação executiva também são influenciadas por acontecimentos ou marcos relevantes que

impactam a imagem formada pela opinião pública a respeito desse segmento da aviação e da reputação de seus usuários. Por exemplo, pode-se mencionar o fato negativo dos CEOs (“Chief Executive Officers”) das três principais montadoras americanas de automóveis terem ido (separadamente) com seus jatos executivos particulares a uma reunião no congresso norte-americano, em Washington, em Novembro de 2008, com o propósito de pedir 25 bilhões de dólares emprestados, em caráter emergencial, para socorrer as montadoras, como foi intensa e negativamente comentado pela mídia americana e mundial [26].

Outro fator que deve cada vez mais impactar a percepção sobre a aviação executiva é a questão ambiental, por exemplo, sobre a emissão de CO<sub>2</sub> per capita, a qual sofrerá grande pressão para ser reduzida, em detrimento das mudanças climáticas evidenciadas atualmente pela comunidade científica e das legislações ambientais decorrentes que deverão entrar em vigor, principalmente nos países mais desenvolvidos economicamente (EUA e Europa) [27, 28, 29, 30]. Nesse sentido, cabe destacar o anúncio recente da fabricante de aeronaves Bombardier, que sinaliza a possibilidade de biocombustíveis serem utilizados em aeronaves executivas antes mesmo do seu uso em aeronaves comerciais [31].

### 3.2.3 Regulamentações de segurança contra incêndio a serem atendidas pelos componentes de interiores de aeronaves

Os materiais utilizados no interior de aeronaves devem atender a regulamentações específicas relacionadas à segurança dos passageiros quando da ocorrência de incêndios nas aeronaves. A Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (Federal Aviation Administration – FAA) [32] determina as regulamentações naquele país no tocante à segurança aeronáutica, incluindo-se as relacionadas à segurança no caso de ocorrência de incêndio. Essas regulamentações geralmente servem de referência para os regulamentos das agências competentes de todos os países e regiões do

mundo [11]. No Brasil, as regulamentações sobre a segurança aeronáutica estão a cargo da ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil [33], enquanto que na Europa, o órgão competente é a EASA - European Aviation Safety Agency [34].

Os componentes de interiores devem atender às regulamentações de segurança, especialmente no que se refere às propriedades relacionadas à combustão, à emissão de fumaça e à toxicidade desta, considerando uma condição de incêndio após ocorrência de acidente aéreo. Após uma aterrissagem que é acompanhada da ocorrência de incêndio, os passageiros devem ser aptos a abandonar uma aeronave grande dentro de cinco minutos, sem que sejam incapacitados, debilitados e tampouco sofram ferimentos em decorrência da liberação de calor, de gases tóxicos ou fumaças resultantes da combustão dos materiais da cabine [11].

Todos os materiais não metálicos utilizados no interior de aeronaves são submetidos às regulamentações de inflamabilidade da FAA. Os ensaios de inflamabilidade aplicáveis são especificados nas normas FAR 25.853 e FAR 23.853, que consideram como propriedades chaves a inflamabilidade, a liberação total de calor, a taxa de liberação de calor e a emissão de fumaça, conforme sintetizado na tabela 3.4.

A FAA estabelece limites de desempenho para liberação de calor e fumaça pelos materiais da cabine, de modo a retardar a ignição súbita generalizada (“flashover”) desta e com isso aumentar o tempo de escape para os passageiros.

“Flashover” consiste em um evento de combustão em que ocorre ignição da camada de gases quentes situados logo abaixo do teto da cabine, camada esta que contém os produtos da combustão incompleta liberados pela queima lenta e sem chamas (“smouldering”) dos materiais da cabine. Com a ocorrência de “flashover” a temperatura na cabine aumenta rapidamente, assim como o espalhamento das chamas, e com isso as chances de sobrevivência dos passageiros e da tripulação se tornam praticamente nulas [11, 36].

Tabela 3.4 Principais regulamentações de segurança associadas aos materiais de interiores de aeronaves: ensaios de inflamabilidade, liberação de calor, e emissão de fumaça e toxicidade [9, 35].

Características	Normas	Teste	*Critério de Aceitação	Grupos de componentes do interior da aeronave		
				(a)(1)(i)	(a)(1)(ii)	(a)(1)(iv)
Inflamabilidade	FAR 25.853	Teste de queima vertical com bico de Bunsen	Tempo de aplicação de chama (segundos)	60	15	
			Comprimento de queima (polegadas)	$\leq 6$	$\leq 8$	
			Tempo de extinção de chama do corpo de prova (segundos)	$\leq 15$	$\leq 15$	
			Tempo de extinção da chama de materiais desprendidos do corpo de prova (segundos)	$\leq 3$	$\leq 5$	
	FAR 25.853	Teste de queima horizontal com bico de Bunsen	Tempo de aplicação de chama (segundos)			15
			Taxa de queima (polegada/minuto)			$\leq 2,5$
Liberação de calor	ASTM E906	Liberação de calor utilizando o teste do calorímetro (operado a uma taxa de calor de 35 kW/m <sup>2</sup> )	Pico da taxa de liberação de calor (durante um teste de 5 minutos) (kW/m <sup>2</sup> )	$\leq 65$		
			Liberação total de calor durante os 2 primeiros minutos (kW/m <sup>2</sup> )	$\leq 65$		
Fumaça e Toxicidade	ASTM E662, ASTM F814-83	Densidade de fumaça através da câmara de fumaça do NBS	Densidade ótica específica (durante um teste de 4 minutos)	$\leq 200$		

\* Foram considerados, para efeito ilustrativo, apenas três grupos de componentes do interior ((a)(1)(i) e (a)(1)(ii) compreendem a maior parte dos componentes do interior, como estruturas de armários, divisórias, tetos, pisos, etc., para (a)(1)(i); e revestimentos de pisos, estofamentos, tecidos, couros, dutos de ar, etc., para (a)(1)(ii). (a)(1)(iv) compreende componentes das janelas da cabine, dos sinais luminosos e outros, conforme o apêndice F do regulamento Part 25 da FAA). Há outros grupos (como assentos, etc.) sobre os quais incidem outros testes e critérios de aceitação.

Os requisitos de inflamabilidade tendem a se tornar cada vez mais críticos na utilização (e custo) de materiais em aeronaves, uma vez que o uso de materiais orgânicos de baixo peso (e combustíveis) tende a aumentar drasticamente, com a meta de desenvolver estruturas e interiores de menor peso e com alta resistência mecânica. Adicionalmente, o conhecimento do comportamento desses materiais durante e após exposição ao fogo, e a tendência de proibição de alguns aditivos anti-chamas eficientes (por exemplo, à base de halogênios), são fatores que reforçam ainda mais a importância dos requisitos de inflamabilidade e seu impacto na utilização de materiais e evolução tecnológica da aviação [10].

A segurança aeronáutica é um fator chave cada vez mais relevante e uma das grandes preocupações das agências como FAA e EASA, contribuindo muito para isso o iminente e expressivo crescimento de aeronaves pequenas em circulação, das categorias Personal Jets, Entry e Light, principalmente nos EUA e Europa a partir de 2009, [37, 38].

#### 3.2.4 Requisitos técnicos de projeto de engenharia para os materiais

Uma vez atendidos os requisitos de segurança (inflamabilidade, liberação de calor e fumaça), os materiais estão habilitados ao uso em interiores e precisam também atender aos requisitos de projeto especificados. Baixo peso aliado à boa resistência mecânica e estrutural são indubitavelmente os requisitos básicos a serem atendidos pelos materiais típicos de construção de interiores, o que se obtém principalmente com as combinações de materiais estruturados na forma de painel sanduíche, conforme ilustrado na Figura 3.5 [9].

Há componentes que requerem o emprego de materiais resistentes à fadiga como um dos principais requisitos [9], por exemplo, em mecanismos de portas deslizantes ou basculantes, dobradiças, porta-copos, painéis de material composto e/ou suportes de fixação que fazem interface direta com a fuselagem e susceptíveis às solicitações da mesma.

Os materiais de acabamento, por sua vez, apresentam requisitos peculiares, muitas vezes qualitativos, principalmente relacionados à conservação da sua qualidade sensitiva, visual (como uma região pintada ou envernizada); tátil (como couro e tecido sintético); ou outras. Nestes tipos de materiais, são importantes as seguintes características e propriedades, individualizadas ou combinadas [9]:

- a) resistência à degradação química, por ação de raios ultravioleta e de líquidos, como café, sucos, produtos de limpeza e outros;
- b) resistência à abrasão e aos riscos inerentes;
- c) compatibilidade química dos adesivos utilizados na colagem dos revestimentos, bem como a resistência deles ao descolamento durante seu tempo de vida útil.

Para materiais utilizados em regiões em que temperatura e umidade sofrem variações mais significativas (como em dutos de ar condicionado, por exemplo), a compatibilidade dos coeficientes de expansão térmica dos materiais utilizados é requisito importante, bem como a resistência à corrosão [9].

Existe também a tendência do emprego de materiais conhecidos como ambientalmente amigáveis, e a reciclabilidade e a não utilização de componentes químicos tóxicos são requisitos cada vez mais presentes. Por exemplo, a utilização de tintas e vernizes à base de água, e de resinas e espumas isentas de componentes à base de bromo (ou halogênios de modo geral), são opções de materiais cada vez mais disseminadas.

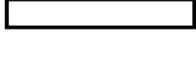
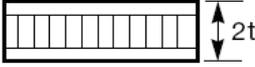
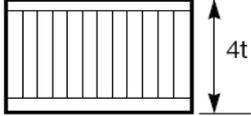
As normas internacionais, especialmente as européias, têm-se tornado cada vez mais rígidas no que tange à utilização de materiais ou produtos químicos, impondo uma série de restrições ou limitações de uso que têm obrigado as empresas a se adequarem [39].

Cabe destacar que a indústria aeronáutica tende a ser impactada por maiores pressões ou novas regulamentações acerca da utilização de materiais recicláveis e da responsabilização por todo o ciclo de vida de seus produtos, incluso a disposição e reciclagem dos mesmos. Para a indústria automobilística esse nível de responsabilidade com seus produtos já vem sendo exigido, principalmente na União Européia, conforme a Diretiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro de 2000, relativa aos veículos em fim de vida, a qual responsabiliza as montadoras pelo ciclo de vida, da montagem à reciclagem dos veículos, e fixa em 95% a taxa de reciclabilidade (incluindo a reutilização e a recuperação energética) até 2015 [40]. Na indústria aeronáutica já há programas de destaque relacionados à reciclagem de materiais de seus produtos, como o PAMELA (“Process for Advanced Management of End of Life Aircraft”), empreendido pela Airbus [41], e o AFRA (“Aircraft Fleet Recycling Association”), conduzido pela Boeing e outras empresas desse setor [42].

### 3.2.5 Tecnologia de material composto empregada no interior de aeronaves

A configuração do material empregado na maior parte dos componentes do interior, inclusive no mobiliário de aeronaves executivas, é tipicamente em estrutura do tipo painel sanduíche (vide Fig. 3.5) que consiste em um núcleo com formato de colméia e 2 camadas planas de materiais que o sobrepõem [9, 12]. Quando comparado com uma placa sólida, o painel sanduíche possui rigidez e resistência mecânica à flexão bem maiores, com a vantagem de seu peso não ser demasiadamente maior, conforme mostrado na tabela 3.5 [43].

Tabela 3.5 Estrutura de painel sanduíche e comparativo de propriedades [43].

	Placa sólida	Construção em painel sanduíche	Painel sanduíche mais espesso
			
Rigidez relativa	100	700 7 vezes mais rígido	3700 37 vezes mais rígido
Resistência à flexão (relativa)	100	350 3,5 vezes mais resistente	925 9,25 vezes mais resistente
Peso relativo	100	103 3% de aumento de peso	106 6% de aumento de peso

O núcleo funciona como a alma de uma viga de perfil I e as faces como as abas da viga. A rigidez à flexão no painel sanduíche é proporcional à espessura do núcleo (colméia).

Existem três diferentes processos para a fabricação dos painéis sanduíches na geometria desejada para a construção do mobiliário de aeronaves executivas, com base no emprego de materiais (conforme indicados na tabela 3.3), que podem ser descritos da seguinte forma [43]:

- 1) Prensagem a quente: utilizado na fabricação de painéis planos, consistindo na prensagem a quente dos materiais superficiais com o núcleo. Os painéis planos podem, *a posteriori*, passar por um processo de dobramento [44], que consiste na remoção de uma faixa da face, aplicação de adesivo no núcleo exposto, dobramento do painel no local em que foi aplicado o adesivo, e fixação na posição dobrada até cura da resina e manutenção do formato, conforme ilustrado na figura 3.5.

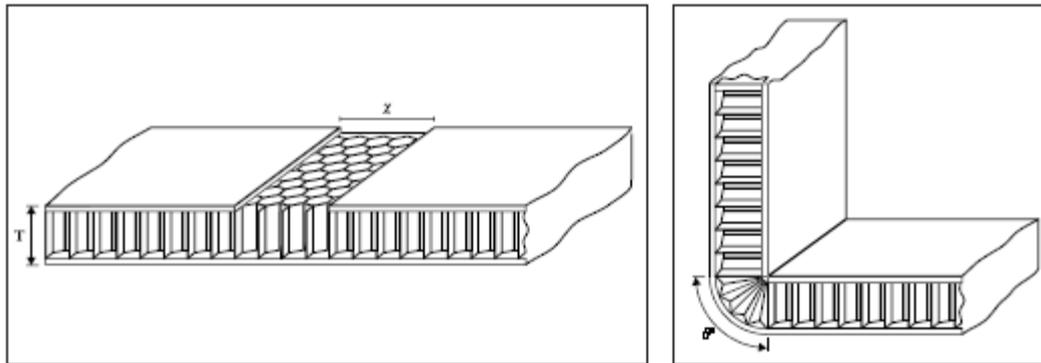


Figura 3.5 Ilustração do processo de dobramento de painéis [44].

- 2) Conformação em bolsa de vácuo: obtenção do painel sanduíche via junção (com adesivo) das faces de tecido de fibra de vidro com o núcleo, realizada sobre um gabarito de conformação e seguida de cura em bolsa de vácuo (em estufa ou autoclave), com posterior retenção do formato desejado (possibilitado pelo uso do gabarito). Utilizado para fabricação de painéis curvos ou de formatos complexos, conforme ilustrado na figura 3.6.

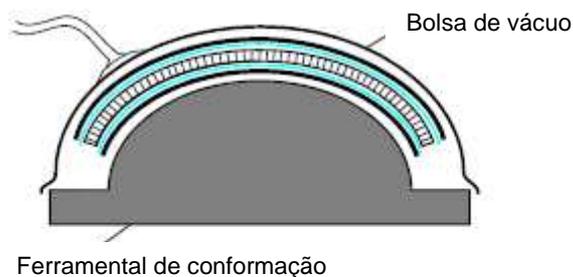


Figura 3.6 Ilustração do processo de conformação em bolsa de vácuo [43].

- 3) Conformação por prensagem a quente em ferramental de conformação: consiste na prensagem das faces de tecido de fibra de vidro, mais adesivo e o núcleo em um molde com o formato desejado. O ajuste da temperatura pode ocorrer via aquecimento do molde, ou realização da prensagem em estufa. Utilizado para fabricação em lote de painéis com formato complexo, conforme ilustrado na figura 3.7.

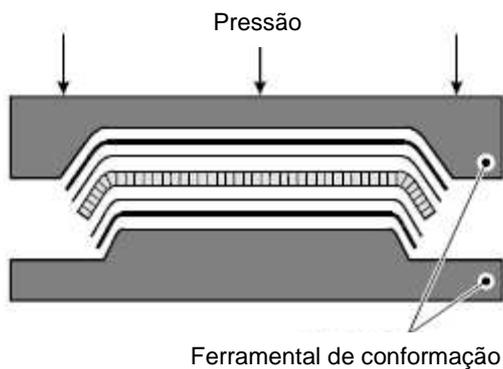


Figura 3.7 Ilustração do processo de prensagem a quente [43].

A figura 3.8 apresenta ilustração exemplificando uma construção feita com painel sanduíche.

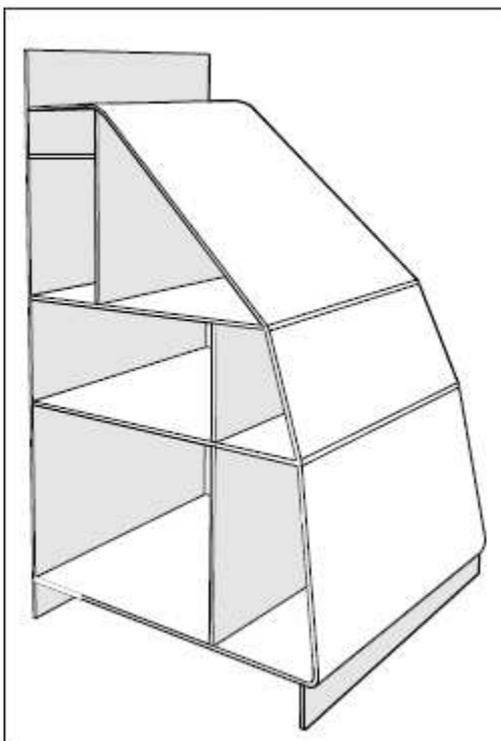


Figura 3.8 Exemplo de construção em painel sanduíche [44].

### 3.3 Seleção de Materiais e Processos

A seleção de materiais é cada vez mais importante na indústria aeronáutica, por conta da crescente complexidade e diversidade das demandas dos diferentes segmentos de mercado e clientes do setor, das regulamentações governamentais cada vez mais rigorosas, da crescente diversidade de materiais e processos disponíveis para o atendimento a essas demandas e das dificuldades para a articulação de todas essas realidades.

Existem várias abordagens e metodologias que têm sido empregadas, como, por exemplo, as sumarizadas na tabela 3.6 e apresentadas a seguir.

Tabela 3.6 Metodologias de seleção de materiais.

<b>Abordagem principal</b>	<b>Etapas e/ou características da metodologia</b>	<b>Ref.</b>
Seleção por etapas eliminatórias	Com a definição de requisitos de projeto (função, objetivo, restrições), e determinação de índice de desempenho do material	[45]
Seleção para produto ou projeto novo	Determinação de funções, requisitos de manufatura, pesquisa e análise de materiais e/ou processos, definições de projeto	[46]
Seleção para produto ou projeto existente	Definição do material empregado atualmente; função a melhorar; pesquisar, analisar e listar materiais ou processos alternativos; avaliar alternativas	[46]
Substituição de material	Exame das vantagens de desempenho técnico, vantagem econômica, mudanças nas características do produto e considerações legislativas e ambientais	[48]
Método do Desempenho / Custo	Quantificação do desempenho a partir da ponderação, com um fator de peso, das propriedades de interesse, dividido pelo custo calculado pela soma dos custos de fabricação, operação, descarte, etc.	[48]
Método da Função Objetiva Composta	Análise comparativa de materiais candidatos com base no índice de Função Objetiva Composta (FOC), calculado como no método de desempenho/custo, mas levando em conta também o custo total dos materiais, com um peso atribuído a ele.	[48]
Engenharia e análise de valor	Melhoria na relação atendimento aos requisitos de desempenho (funções) versus recursos (custos) envolvidos, a partir da preparação de estudo, execução (informação, análise de funções, criação, avaliação, desenvolvimento e apresentação), documentação e implantação	[49- 52]

Por exemplo, de acordo com Ashby [45], o processo de seleção de materiais geralmente abrange três etapas, todas elas eliminatórias:

→ **Etapa 1:** aplicação de limites de propriedades para realizar uma primeira seleção de materiais, após a qual os materiais selecionados são ranqueados (com base no índice do material).

→ **Etapa 2:** utilização de informações de suporte, por exemplo, disponibilidade dos materiais, impacto ambiental, características ou propriedades específicas ou peculiares, etc., que permitem eliminar materiais e restringir a análise aos candidatos mais promissores.

→ **Etapa 3:** escolha do material a ser utilizado, considerando as condições locais, como infraestrutura ou equipamentos, detenção de conhecimento (“know-how”) sobre o material ou processo, dentre outros fatores de decisão relevantes para a escolha final do material.

Ashby também ressalta que, antes de se realizar o processo de seleção de materiais, os seguintes requisitos de projeto devem ser definidos [45]:

- 1) **Função** a ser executada pelo componente (por exemplo, suportar uma carga, transmitir calor, isolar eletricamente, etc.)
- 2) **Objetivo** do projeto do componente (por exemplo, fazê-lo o mais leve possível; com o menor custo possível; maximizar a resistência mecânica, etc.)
- 3) **Restrições** a que o componente estará sujeito (por exemplo, dimensões fixadas previamente; faixa de temperatura de operação; limite superior do custo admissível, etc.)

Uma vez definidos os requisitos de projeto, deve-se obter subsídios para determinar um índice de desempenho do material, que deve representar uma combinação de propriedades que caracteriza o desempenho do material para uma dada aplicação focalizada. Por exemplo, para uma viga que deve ser leve e resistente, pode-se estabelecer como um índice de desempenho do material (M) a relação  $E^{1/2} / \rho$ , onde E é a rigidez do material e  $\rho$  é a sua densidade. Os materiais que apresentarem maior valor para esse índice propiciarão a obtenção de uma viga mais leve [45].

Outro autor ressalta que, no contexto de empresas industriais, a sistemática da seleção de materiais é importante principalmente nas seguintes situações [46]:

Seleção de materiais e processos de manufatura (ou tecnologias)

- 1) para um novo produto ou projeto
- 2) para produto ou projeto já existente

Para a situação 1, voltada para um novo produto ou projeto, a seleção de materiais, para ser eficaz, deve ser feita por um processo que envolve as seguintes etapas [46]:

→ **Etapa 1: Determinar as funções** a serem executadas pelo produto e traduzi-las em características e propriedades de materiais.

→ **Etapa 2: Definir requisitos de manufatura**, como demanda de peças, tamanho e complexidade destas, tolerâncias requeridas, acabamento superficial, nível geral de qualidade e fabricabilidade do material / peça.

→ **Etapa 3: Pesquisar e buscar materiais** existentes, disponíveis e viáveis para uso industrial com as propriedades e características e requisitos de manufatura desejados, e selecionar uma gama de materiais promissores para a aplicação desejada. Valores limites de parâmetros de materiais devem ser utilizados como critério para essa seleção.

→ **Etapa 4:** Analisar os materiais e/ou processos pré-selecionados mais detalhadamente, especialmente em termos de balanceamento de parâmetros, como desempenho, custo, fabricabilidade, disponibilidade no mercado, etc. Testes e ensaios de materiais normalmente ocorrem nessa etapa como subsídio para a escolha final.

→ **Etapa 5:** Definir dados de projeto e criar especificações para o material escolhido na etapa 4, provendo subsídio para que o mesmo seja reprodutível.

Analogamente, para a situação 2, voltada para substituições de materiais em produtos ou projetos já existentes, as seguintes etapas devem ser seguidas para que a seleção seja eficaz [46]:

→ **Etapa 1:** Caracterizar o material atualmente utilizado, no que diz respeito ao seu desempenho, requisitos de manufatura e custo.

→ **Etapa 2:** Determinar a função que deve ser melhorada e, conseqüentemente, quais características e propriedades correlatas.

→ **Etapa 3:** Pesquisar e buscar materiais e/ou processos de manufatura alternativos. Nessa etapa recomenda-se utilizar valores limites de parâmetros de materiais como critério de seleção.

→ **Etapa 4:** Compilar lista de materiais e/ou processos de manufatura de interesse e utilizá-la para estimar o custo da peça fabricada. Nessa etapa pode-se utilizar metodologias de solução de problemas, como a Engenharia de Valor, que tem por objetivo identificar a(s) função(s) chave(s) de um projeto / produto e permitir que custos desnecessários possam ser removidos sem comprometer a qualidade do projeto / produto.

→ **Etapa 5: Avaliar os resultados** obtidos na etapa 4 e fazer uma recomendação de material substituto para o atualmente utilizado, provendo dados e/ou especificações de projeto para o novo material.

Outros autores propõem procedimento que se inicia ou pela seleção de material, ou pela seleção de processo, para a fabricação de uma determinada peça, de acordo com um dos seguintes procedimentos [47]:

- Seleção inicial do material: Primeiramente seleciona-se uma classe de material, procedendo-se conforme etapas descritas na sistemática de seleção de materiais anteriormente descrita [46]. Por fim, processos de manufatura consistentes com o material selecionado são identificados e avaliados. Fatores chave como volume de produção e tamanho, formato e complexidade da peça devem ser considerados.
- Seleção inicial do processo: Primeiramente seleciona-se um processo de manufatura, com base em fatores chave como os anteriormente citados. Depois são identificados e avaliados os materiais consistentes com o processo de manufatura selecionado, com base nos requisitos de desempenho para a peça em questão.

Para um processo eficaz de seleção de materiais, além de se conhecer as características e propriedades dos materiais, Farag [48] indica que se deve também conhecer ou ter histórico confiável do desempenho dos materiais e das peças ao longo do tempo, de preferência no longo prazo, de modo a prever e prevenir eventuais falhas e/ou defeitos durante o ciclo de uso [48].

Também existe a necessidade de se reavaliar o projeto de uma peça ou produto quando ocorre substituição de material. Geralmente, a simples substituição de um material por outro não permite a utilização otimizada do novo material, por conta do mesmo apresentar propriedades e características de manufatura distintas. Há de se considerar também a compatibilidade

mecânica, física e química do novo material com a sua vizinhança (peças / materiais com os quais tem algum tipo de contato) [48].

Quando a seleção de materiais tem o propósito de substituição, Farag [48] recomenda principalmente os seguintes parâmetros para um exame mais cuidadoso:

- i) Vantagem de desempenho técnico, que pode incluir maior resistência mecânica, menor peso, maior vida útil, etc.
  
- ii) Vantagem econômica ao longo do ciclo total de vida do produto: resultado da utilização de materiais mais baratos, de processos de menor custo, de materiais mais facilmente recicláveis, de menor custo de descarte, de menor custo de utilização.
  
- iii) Mudanças nas características do produto acarretando maior atratividade estética, maior conforto, maior satisfação e contentamento ao usuário, como, por exemplo, maior isolamento termo-acústico.
  
- iv) Considerações legislativas e ambientais, incluindo menor (ou ausência de) dano ao meio ambiente e ao ser humano e cumprimento com as regulamentações vigentes (de segurança, ambientais, etc.)

Além desses parâmetros, há também outros fatores mais complexos que influenciam a seleção de materiais, tais como, projeções de mercado atual e futuro, tendências de utilização de materiais, suprimento e outros.

Com base nos parâmetros mais evidentes e nos fatores de influência mais complexos, Farag propõe os seguintes dois métodos semi-quantitativos de seleção de materiais [48]:

- 1) Método do Desempenho / Custo, que considera separadamente o desempenho (D) e o custo total ( $C_t$ ) dos materiais candidatos na comparação e escolha de materiais, por meio das seguintes equações:

$$D = \sum_{i=1}^n \alpha_i B_i \quad (3.1)$$

onde  $\alpha$  é um fator de ponderação de um determinado peso e  $B$  é uma propriedade normalizada, alocada como uma porcentagem em relação ao melhor valor para essa propriedade dentre os materiais considerados.

e

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (3.2)$$

onde  $C_1$  é o custo do material utilizado na fabricação do componente;  $C_2$  é o custo de fabricação e acabamento do componente;  $C_3$  é o custo de operação ao longo do tempo de vida do componente; e  $C_4$  é o custo de descarte e reciclagem. Neste método faz-se a seleção do material conforme o propósito de projeto, seja menor custo (menor  $C_t$  dentre materiais com índice  $D$  semelhante ou não), seja maior desempenho (maior  $D$  ou relação  $D/C_t$ ).

2) Método da Função Objetiva Composta, empregado para comparar os materiais candidatos, pela Função Objetiva Composta (FOC) de cada material, obtida a partir do desempenho  $D$  calculado pela equação (3.1), com a diferença de que  $D$  pode considerar também o custo total do material, com seu respectivo peso  $\alpha$ . Por este método, os materiais mais recomendados para a aplicação serão aqueles com maior FOC, sendo possível analisar vários cenários de seleção ou substituição de materiais, conforme se altera os pesos associados aos diferentes requisitos de desempenho ou propriedades, ou ao custo.

Os métodos propostos por Farag foram considerados em trabalho de destacada expressão no contexto de seleção de materiais para interiores de automóveis, de publicação recente [48], podendo haver bom potencial de extrapolação para interiores de aeronaves.

Cabe destacar que Ashby [45] recomenda cuidados na aplicação de métodos desse tipo, especialmente na determinação dos fatores de ponderação ( $\alpha$ ) de pesos relacionados a cada requisito, de modo a minimizar a subjetividade e fortalecer a validade dos resultados. Outra dificuldade apontada para o emprego de métodos desse tipo é a dependência dos resultados em relação ao universo de materiais sendo considerado [45]. Se um material passa a ser considerado na seleção, ou se um material é eliminado, dependendo dos valores de suas propriedades, pode acarretar alterações nos valores D ou FOC que levem a diferentes ranques de materiais.

Uma outra técnica que pode ser empregada na seleção de materiais e em outras decisões industriais é a Engenharia e Análise de Valor, que atualmente é utilizada, por exemplo, no setor automobilístico e em outros setores [49, 50]. A Engenharia / Análise de Valor representa uma atividade de solução de problemas intensiva e interdisciplinar que focaliza a melhoria do valor das funções requeridas para executar a meta ou objetivo de um produto, processo, serviço ou organização [51]; consiste em identificar as funções de um produto ou serviço, estabelecer o valor dessas funções e possibilitar que essas funções atendam aos requisitos de desempenho, no menor custo global possível, a partir da aplicação sistemática de técnicas reconhecidas [51, 52].

Essa técnica foi concebida no início da década de 1940 por Lawrence D. Miles, na época um funcionário da General Electric, com o propósito de lidar com a problemática da escassez de materiais estratégicos ocorrida durante a 2ª Guerra Mundial [49]. Miles interpretou que os produtos são adquiridos pelo que eles podem fazer, seja desempenhar um trabalho (ou função) ou prover qualidades estéticas e sensitivas agradáveis. O conceito de valor pode ser definido conforme a seguinte relação [49]:

$$\text{Valor} = \text{Função} / \text{Recursos} \quad (3.3)$$

onde a **Função** é medida pelos requisitos de desempenho exigidos ou desejados pelo cliente e os **Recursos** são medidos em materiais, trabalho,

dinheiro, tempo, preço, etc. necessários para executar a **função** em questão (**recurso** tem sido mais freqüentemente representado por **custo**).

A análise de funções é a base da Engenharia e Análise de Valor, sendo a atividade chave que diferencia essa técnica de outras práticas de solução de problemas ou de melhoria. Normalmente, essa técnica compreende três estágios:

- 1) Preparação (Pré-Workshop): Planejamento e organização do estudo de valor, sendo as principais atividades a determinação do escopo e objetivo do estudo; definição de equipe, responsabilidades e prazos; coleta e análise de informações relacionadas ao cliente, projeto, concorrentes.
  
- 2) Execução do plano de trabalho (Workshop): Esse estágio abrange as seguintes seis fases.

2.1) Fase de Informação: Que objetiva conhecer o estado atual do projeto e restrições que influenciaram as decisões do projeto. Atividades normalmente executadas nessa fase são análise de SWOT, QFD (Quality Function Deployment), análise de pareto, benchmarking, análise de dados de qualidade, de parâmetros de desempenho, dentre outras.

2.2) Fase de Análise de Funções: Que consiste em entender o projeto sob uma perspectiva funcional, analisando-se o que o projeto deve fazer (e não como ele está atualmente concebido). As atividades fundamentais nessa fase são identificar as funções do projeto e as relações entre elas, e realizar a análise função / custo.

2.3) Fase de Criação: Que consiste em gerar uma quantidade de idéias relacionadas a outras maneiras de desempenhar as funções. As atividades principais são exercícios que estimulam a criatividade e geração de idéias, como o “brainstorming”.

2.4) Fase de Avaliação: Que tem por objetivo reduzir a quantidade de idéias que foram identificadas, consolidando-se uma curta lista de idéias com maior potencial de melhoria do projeto. As idéias selecionadas são elucidadas, classificadas e seus efeitos em custos de projeto e parâmetros de desempenho são determinados.

2.5) Fase de Desenvolvimento: Na qual ocorre a análise e desenvolvimento das idéias selecionadas, com grande foco no conceito de alternativas de valor. Análises de riscos e de relação custo – benefício também são realizadas nessa fase, desenvolvendo-se, ao final, um plano de ação para validação e implementação de cada alternativa.

2.6) Fase de Apresentação: Na qual ocorre a apresentação das alternativas aos gerentes e/ou pessoas que atuam na tomada de decisões. Caracteriza-se por atividades como comparação das conclusões do estudo com os requisitos de sucesso junto aos clientes, propostas de cenários de inovação “risco - recompensa” como subsídio à seleção de alternativas para implementação; seleção final de alternativa(s).

3) Documentação e implementação (Post-Workshop): Consiste em assegurar que as alternativas de valor sejam implementadas e que os benefícios previstos sejam obtidos. Nessa fase ocorrem atividades como elaboração e execução de planos de ação; documentação dos resultados do estudo; validação dos benefícios da mudança implementada; avaliação final do estudo e identificação de novas oportunidades para estudos futuros.

### 3.4 Métodos de prospecção tecnológica e inteligência competitiva e seleção de materiais para mobiliário de aeronaves executivas

Nos levantamentos de informação para os processos de seleção de materiais, que são essencialmente processos de tomada de decisão, é possível

empregar os métodos de prospecção tecnológica e inteligência competitiva. A prospecção tecnológica abrange metodologias fundamentais para a elaboração de informações e conhecimento sobre o desenvolvimento e utilização de tecnologias chave e portadoras de futuro, e é muito adequada para a área de materiais e energia [53, 54].

As tecnologias de materiais para mobiliário de aeronaves executivas possuem diferentes estágios de desenvolvimento e de condições de utilização, e a dinâmica de evolução deve ser acompanhada para a realização de P&D e incorporação de inovações no processo produtivo em momento oportuno. A análise e o acompanhamento dessa evolução podem ser realizados pela aplicação da prospecção tecnológica, como subsídio a decisões, por exemplo, na ampliação de oportunidades de utilização de novos materiais, preparação para contingências como a interrupção de suprimentos, e outros objetivos [9, 53].

A prospecção tecnológica geralmente emprega metodologias e ferramentas combinadas e abrange, por exemplo, a elaboração de cenários tecnológicos, a elaboração de mapas tecnológicos (“technology roadmaps”), a análise de patentes, de ciência e tecnologia, de novas tecnologias, de tendências e trajetórias tecnológicas, além de outras técnicas [55, 56, 57].

As metodologias são empregadas extensivamente, mas é ainda necessário grande esforço de pesquisa e desenvolvimento para o aperfeiçoamento metodológico [53, 57]. A importância estratégica da prospecção tecnológica tem propiciado o seu fortalecimento na gestão tecnológica de empresas de diferentes setores como o de energia, o de aeronáutica, o automobilístico, dentre outros, e também em instituições que possam contribuir para o desenvolvimento de estudos específicos, competências, metodologias e ferramentas para o contexto das empresas brasileiras e do país [58, 59].

Em inglês, a prospecção tecnológica pode ser compreendida como Technology Forecasting, ou Technology Foresight ou simplesmente Foresight. Inicialmente esses métodos foram empregados como instrumento de política de inovação em diversos países e por órgãos governamentais de defesa [60].

Hoje em dia empresas privadas têm recorrido à prospecção tecnológica para orientar seus processos de inovação e investimentos relacionados. Essas empresas têm identificado a necessidade de atuar em rede e interagir com outros atores dos sistemas de inovação para manter e ampliar sua capacidade de inovar e competir [61].

Diversas abordagens de prospecção tecnológica procuram envolver os diferentes atores do sistema de inovação e promover comunicação entre eles para construir um entendimento compartilhado sobre os possíveis fatores que orientam o futuro, e o futuro das tecnologias, da pesquisa, desenvolvimento e inovação. Pretende-se também, muitas vezes, coordenar o estabelecimento de prioridades e a obtenção de compromissos dos atores frente às prioridades estabelecidas.

Muitas metodologias caracterizadas como de Foresight abrangem três etapas que procuram construir uma estrutura crescente de valor em termos de conhecimento [62], sendo elas:

- **Pré-Foresight ou Mobilização de insumos:** Compreendendo as tarefas de coleta, organização e resumo das informações disponíveis sobre determinada tecnologia ou demanda; de identificação e mobilização de competências (especialistas) e de mapeamento dos demais atores relevantes ao sistema de inovação alvo. O objetivo dessa etapa é transformar as informações em conhecimento.
- **Foresight ou Visões de Futuro:** Que consiste na aplicação de metodologias que promovam interação entre os atores na discussão dos temas levantados no item anterior, visando obter conclusões ou opiniões sobre caminhos futuros. Aqui se pode recorrer ao uso da técnica Delphi ou de painéis para a consulta a especialistas, dentre outras metodologias existentes. Processos de tradução e interpretação acerca das tendências correntes e das possibilidades futuras ocorrem nessa etapa. O objetivo dessa etapa é enriquecer o conhecimento existente, possibilitando um melhor entendimento dos pontos-chaves que são

determinantes no processo de inovação e evolução tecnológica e das reais oportunidades de futuro.

- **Pós-Foresight ou Decisões e Ação:** Que consiste em reforçar o comprometimento dos atores que participaram da etapa anterior com as decisões que decorrerem dela. Utiliza-se aqui procedimentos de validação e de divulgação e assimilação junto à rede de atores envolvidos. O objetivo é transformar o entendimento acumulado em ações que, por serem resultantes do envolvimento da rede de atores, apresentem maior garantia de efetividade.

Uma forma de planejamento tecnológico muito empregada na atualidade por empresas e/ou instituições públicas e privadas é o mapeamento tecnológico (conhecido em inglês como “technology roadmapping”). De acordo com Galvin [63], esse método de prospecção tecnológica consiste na construção de uma visão estendida de futuro de um campo de investigação (por exemplo, o campo de materiais), possível de ser obtida mediante a análise do conhecimento coletivo e das informações sobre os elementos direcionadores (fatos, tendências, etc.) do campo considerado. É comum em mapeamentos tecnológicos a identificação de forças motrizes tecnológicas (requisitos chave de mercado) que direcionam o campo tecnológico sendo considerado.

Um estudo sobre o setor aeroespacial canadense [64] construiu um mapa tecnológico do setor, tendo empregado a seguinte metodologia para o mapeamento tecnológico:

#### → **Etapa 1: Mercado**

- Desenvolver previsões de requisitos de mercado para um setor industrial em um determinado período no futuro. Consiste em definir os parâmetros de custo e desempenho que os clientes têm, bem como quaisquer requisitos ambientais e regulatórios

que impactarão os produtos do setor industrial considerado. As seguintes forças motrizes tecnológicas foram identificadas como direcionadores das tecnologias no setor aeronáutico:

Forças relacionadas ao ambiente regulatório:

- Redução do ruído externo
- Redução da emissão de gases durante a utilização das aeronaves
- Redução ou eliminação do uso de materiais perigosos na fabricação, reparo e manutenção de aeronaves
- Eliminação de processos de fabricação que usam ou produzem materiais ou rejeitos tóxicos
- Melhoria da segurança de vôo
- Redução da inflamabilidade de cabines e outras estruturas
- Melhorar a capacidade de atenuação dos efeitos de acidentes, através de novos materiais que absorvem energia e novos projetos de aeronaves

Forças relacionadas aos clientes:

- Aumento da carga paga (ou redução do peso da aeronave vazia) e da autonomia da aeronave.
- Redução de custos (de desenvolvimento, fabricação, operação e manutenção das aeronaves)
- Viagens mais rápidas
- Maior conforto

**→ Etapa 2: Produtos**

- Determinar as implicações dos requisitos de mercado sobre os produtos do setor industrial considerado. Essa etapa compreende

investigar o plano estratégico de negócios de empresas do setor e identificar suas próximas gerações de produtos (podendo haver limitação de acesso a informações ou restrição a divulgações nessa etapa, por conta do caráter estratégico das informações e, portanto, confidencial para as empresas).

### → Etapa 3: Tecnologias

- Examinar as tecnologias chave e/ou críticas que serão necessárias para desenvolver, produzir e suportar aqueles produtos que irão satisfazer os requisitos de mercado. O estudo em questão identificou 8 áreas tecnológicas e respectivas tecnologias críticas. As 8 áreas tecnológicas são elencadas a seguir e, para algumas delas, são indicadas as tecnologias consideradas críticas / chaves:

- 1) Projeto
- 2) Meio ambiente
  - 2.1) Redução do ruído de aeronaves – desenvolvimento de tecnologias que propiciam motores com menor ruído
  - 2.2) Redução das emissões das aeronaves
  - 2.3) Substituição de coberturas (“coatings”) a base de cádmio
  - 2.4) Substituição de coberturas (“coatings”) a base de cromo
- 3) Manutenção, reparo e revisão
- 4) Gestão
- 5) Fabricação
  - 5.1) Sistemas de informação sobre fabricação
  - 5.2) Tecnologias de conformação
  - 5.3) Junção de materiais

- 5.4) Inspeção durante processo
- 5.5) Processos de coberturas (“coatings”)
- 5.6) Processamento de materiais com laser
- 5.7) Compósitos com fibras
- 5.8) Usinagem em alta velocidade
- 5.9) Conformação avançada de metais
- 5.10) Controle inteligente de processo
- 5.11) Compósitos de matrizes metálicas
- 5.12) Compósitos de matrizes cerâmicas
- 6) Materiais e estruturas
  - 6.1) Coberturas (“coatings”) e tratamentos de modificação superficial
  - 6.2) Estruturas híbridas e em compósitos
  - 6.3) Estruturas inteligentes
  - 6.4) Estruturas que absorvem energia
  - 6.5) Materiais metálicos
- 7) Sistemas
- 8) Visualização

A figura 3.9 ilustra as etapas e as interações recomendadas na metodologia empregada pelo estudo em questão.

### Mapa Tecnológico: Principais Etapas

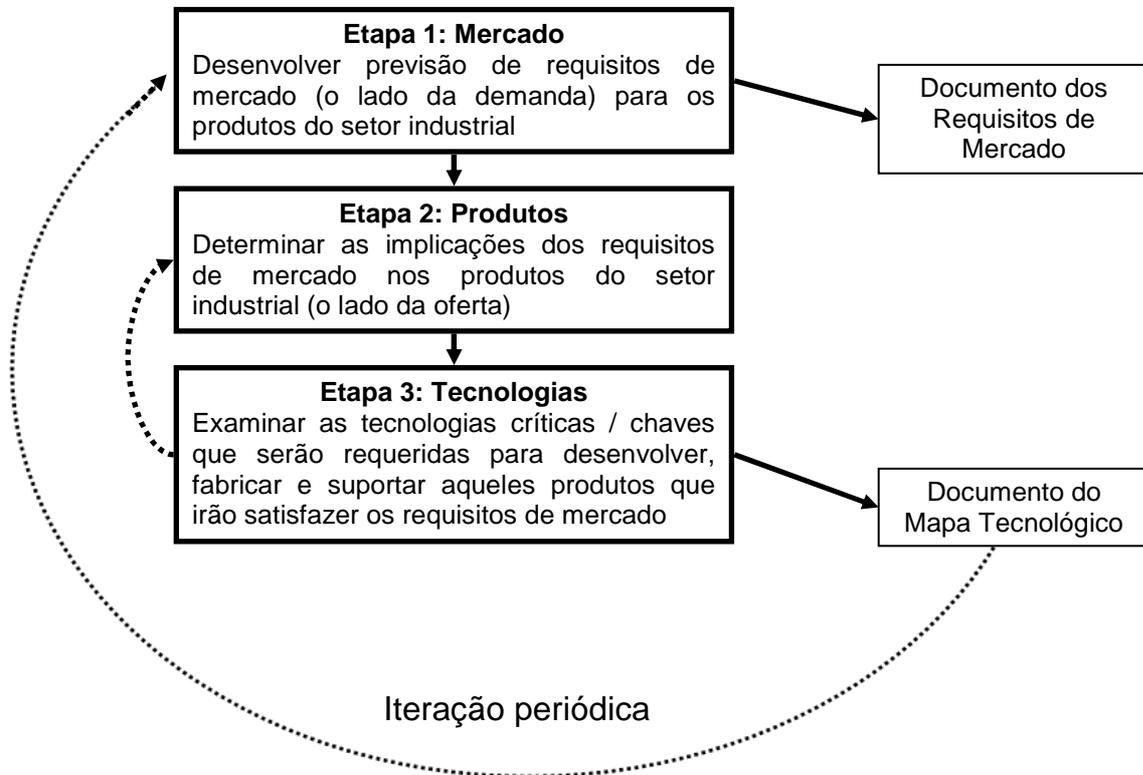


Figura 3.9 Exemplo de um processo para construção de mapa tecnológico (“technology roadmap”), empregado no setor aeronáutico canadense [64].

Meyer [54] realizou estudo prospectivo baseado na construção de mapa tecnológico na área de interiores de automóveis, tendo empregado as seguintes etapas no processo utilizado:

1. Criar uma visão do objeto de análise (interior de automóveis) em 2003.
2. Analisar as principais tendências que direcionam o *design* do produto, os materiais utilizados e os desenvolvimentos tecnológicos chaves.

3. Especificar as transformações majoritárias, atribuindo a elas uma data de maior probabilidade de ocorrência, considerando uma ampla abrangência da indústria.

4. Analisar as tecnologias promissoras que permitirão obter os aspectos desejados do produto.

5. Desenhar uma representação gráfica da evolução vislumbrada para as próximas duas gerações do produto, em termos de *design* de produto, materiais e principais tecnologias.

6. Identificar possíveis trajetórias de pesquisas para cada módulo (subconjunto do interior), de modo a alcançar o futuro desejado.

7. Construir uma visão do futuro desejado para cada módulo.

Nesse estudo, Meyer [54] identificou forças motrizes tecnológicas que direcionam o futuro de possibilidades para o interior de automóveis, especialmente no que concerne à utilização de materiais, tais como:

- Redução de custo
- Redução de peso
- Meio ambiente
- Conforto
- Padronização / Variabilidade
- Segurança
- Arquitetura de produto

Outro estudo que realizou um mapeamento tecnológico sobre a utilização de nanomateriais no setor automotivo destaca que nessa indústria há concentração de esforços do emprego desse novo tipo de tecnologia de materiais em duas frentes de atuação [20]:

- 1) Redução de custos, ou
- 2) Soluções para os altos preços com melhoria do desempenho e/ou atendimento a legislações ambientais

Esse estudo também apontou as seguintes forças motrizes tecnológicas impactando a setor automotivo:

- Redução da poluição do ar
- Redução de peso
- Reciclabilidade
- Segurança
- Melhor desempenho e eficiência de motor (economia de combustível)
- Estética
- Maior vida útil (tempo de serviço)
- Melhor qualidade superficial
- Eficiência de custo

Normalmente, os métodos de prospecção tecnológica são empregados de maneira combinada e requerem a coleta e análise de grandes volumes e diversidade de informação, de cunho tecnológico, sobre organizações, sobre mercados e setores, sobre políticas públicas, sobre questões econômicas e sociais, nacionais e internacionais, etc. Por essa razão, é importante também o emprego de métodos que tornem eficiente o processo de coleta e análise de informação. Nesse sentido, a inteligência competitiva (IC) é um campo metodológico muito importante para a definição de necessidades, coleta de informações de múltiplas fontes, sua análise e preparação de recomendações, e pode ser entendida como informação analisada para auxílio à tomada de decisão, em geral estratégica e tática [65]. Segundo Garcia [66], inteligência competitiva (IC) pode também ser vista como um sistema de monitoramento, constituído por procedimentos de coleta e análise de informação sobre o macro ambiente que possibilitam à organização um processo de aprendizagem contínuo, voltado para o planejamento e decisões estratégicas. A IC é bastante

aplicada para monitorar tendências tecnológicas e de inovação, inclusive na área de materiais, tendo sido instrumento utilizado por empresas para eticamente identificar, coletar, sistematizar e interpretar informações relevantes para a competitividade em seu ambiente de atuação.

No processo de coleta de informações, as fontes que podem ser empregadas incluem: universidades e centros de pesquisa, fornecedores (de equipamentos, matérias-primas, materiais secundários, partes complementares e insumos), clientes, concorrentes, órgãos governamentais, ONGs, catálogos técnicos, publicações, relatórios, bancos de dados, bancos de patentes, contratos de assessoria, empresas de consultoria, internet, extranet, intranet, eventos (feiras, congressos e conferências), dentre outros [67].

As técnicas da IC podem e devem ser aplicadas em atividades de prospecção tecnológica, principalmente nas primeiras etapas, que geralmente são as mais trabalhosas e desafiadoras, pela disponibilidade de enormes volumes de informações e desarticulação das mesmas [68]. Para a seleção de materiais em ambiente industrial, a aplicação das técnicas da IC também é pertinente e recomendável.

Na etapa de análise e interpretação das informações coletadas no processo de IC, pode-se empregar metodologias como tratamentos estatísticos, classificações, linhas do tempo, Forças de Michael Porter, análise de SWOT, análise de patentes, dentre muitas outras [55, 65]. Por exemplo, o modelo de Michael Porter permite situar a empresa no cenário em que atua, identificando seus pontos fortes e fracos, seus principais concorrentes, as ameaças existentes ou que estão na iminência de surgirem em termos de substituições e novas tecnologias, seu cenário de fornecedores e conseqüente poder de negociação destes [69]. A figura 3.10 ilustra o modelo de Michael Porter.

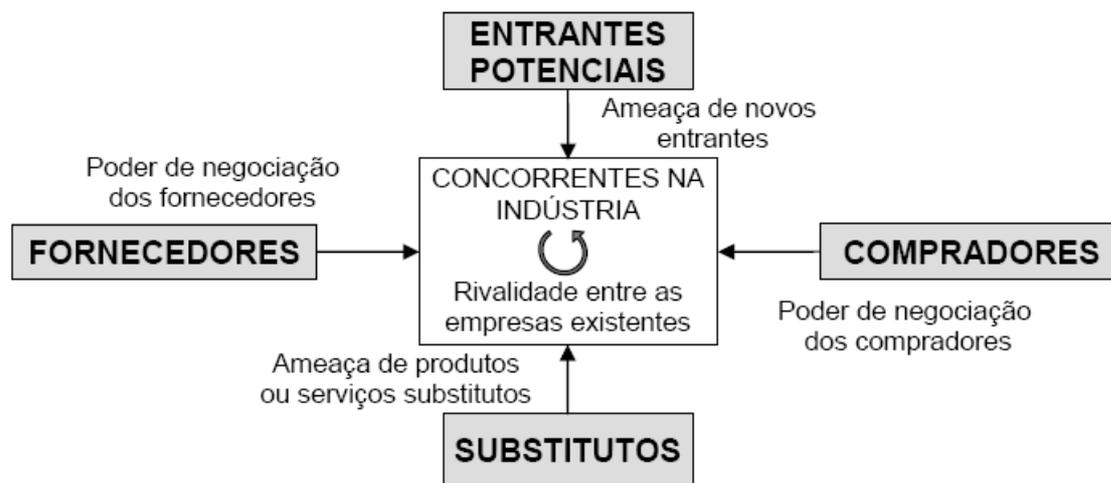


Figura 3.10 Esquema ilustrativo da metodologia Forças de Porter, exibindo as relações entre as 5 forças apontadas por Porter [69].

Uma síntese das principais metodologias e abordagens consideradas no processo de prospecção tecnológica e inteligência competitiva, tratados nesse capítulo, é exibida na tabela 3.7.

Tabela 3.7 Metodologias e abordagens de prospecção tecnológica e inteligência competitiva de relevância para o presente estudo.

<b>Metodologia</b>	<b>Ref.</b>
Construção de mapa tecnológico (technology roadmap)	[20, 54, 56,63, 64]
Análise das forças motrizes tecnológicas	[20, 54, 56, 64]
Análise de tendências	[55, 57, 59]
Entrevistas com especialistas	[62, 65,70]
Pesquisas documentais (artigos, patentes, etc.)	[55]
Análise de patentes	[55]
Análise SWOT	[55]
Análise de Forças de Porter (ou Análise da Indústria)	[55, 69]

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o propósito de investigar o cenário atual e as tendências relacionadas às tecnologias de materiais e o seu suprimento para o setor aeronáutico, com ênfase no mobiliário do interior de aeronaves executivas, o estudo abrangeu as seguintes atividades:

### 4.1 Planejamento

O trabalho foi planejado de acordo com as seguintes etapas:

- Definição dos objetivos
- Levantamento de informações: identificação e definição das fontes de informação (documentais e de campo) empregadas e dos instrumentos de coleta de informação (como questionário e meios de aplicação deste)
- Detalhamento do processo de análise de informações empregado
- Definição de um estudo de caso para aprofundar o entendimento dos fatores relevantes para a seleção de materiais
- Tratamento dos dados coletados
- Análise, comparação e combinação de informações
- Elaboração de conclusões e recomendações

## 4.2 Levantamento de informações

### 4.2.1 Levantamento de campo

O levantamento de campo teve como objetivo levantar as opiniões e percepções de especialistas com base no seu conhecimento e experiências, observando os diferentes fatores chaves que exercem maior influência no processo de tomada de decisão quanto à utilização dos materiais. Como auxílio para nortear a realização das entrevistas foi elaborado e utilizado um questionário, mostrado na tabela 4.1, tendo sido utilizado como referência o trabalho de Vanston [70] para subsidiar as definições dessa etapa de levantamento de informações.

Tabela 4.1 Questionário para levantamento de informações sobre a utilização de componentes e materiais no mobiliário do interior de aeronaves executivas (ênfase em acabamentos).

- 1) Quais componentes / acabamentos do interior de aeronaves executivas são mais importantes do ponto de vista do cliente? Há tendência de mudanças no grau de importância?
- 2) Quais os atributos nesses componentes / acabamentos (ou na aeronave?) que o cliente mais valoriza?
- 3) Quais componentes / acabamentos do interior de aeronaves executivas são mais importantes do ponto de vista do *Design* e da Engenharia (de Interiores, de Estrutura, de Materiais e de Produção)? Há tendência de mudanças no grau de importância?
- 4) Quais os atributos nesses componentes / acabamentos (ou na aeronave?) que são mais importantes no ponto de vista do *Design* e da Engenharia (de Interiores, de Estrutura, de Materiais e de Produção)?
- 5) Na seleção de um material para acabamento (e de modo geral), quais características e propriedades são avaliadas para que o material seja aprovado para utilização na aeronave?
- 6) Quais são os principais regulamentos que precisam ser cumpridos por esses componentes / acabamentos?
- 7) Quais os atributos nesses componentes / acabamentos (ou na aeronave?) que são mais importantes no ponto de vista dos certificados e regulamentos?
- 8) Quais materiais são utilizados ou poderão ser utilizados na fabricação desses componentes / acabamentos identificados como mais importantes (ou de relevância mais pronunciada)?
- 9) Qual o nível de atendimento (incluindo o fator custo) dos materiais em relação aos requisitos do *Design* e da Engenharia (de Interiores, de Estrutura, de Materiais e de Produção)?
- 10) Qual o nível de atendimento dos materiais (incluindo o fator custo) em relação aos requisitos necessários para regulamentação e certificação junto aos órgãos competentes de segurança aeronáutica?
- 11) Qual o nível de atendimento dos materiais (incluindo o fator custo) em relação a regulamentações ambientais e outras relevantes?
- 12) Quais materiais são considerados críticos do ponto de vista de Suprimentos (cadeia de fornecedores, prazos de entrega, qualidade, etc.)?
- 13) Quais são os aspectos de maior criticidade na aquisição atual de materiais para o interior de aeronaves (para materiais de acabamentos e outros)?

Ao todo foram realizadas entrevistas face-a-face com 9 especialistas, selecionados de acordo com a experiência, posição profissional e áreas funcionais onde atuam, com relação à problemática do objeto de estudo do presente trabalho. Foram abrangidos especialistas e gestores das seguintes áreas funcionais:

- *Design* e Mercado (que interage e faz prospecção junto a clientes, acompanha tendências tecnológicas e de mercado, conceitua o produto, seleciona materiais de acabamento, etc.)
- Projeto de Interiores (que desdobra o conceito do produto em projeto)
- Engenharia de Interiores (responsável pelo desenvolvimento do interior e das tecnologias envolvidas e por detalhar o atendimento dos requisitos técnicos e não técnicos do projeto, incluso o atendimento às regulamentações aeronáuticas de segurança)
- Engenharia de Materiais (responsável pelas caracterizações e ensaios de materiais e atendimento aos requisitos de regulamentação e de projeto relacionados à utilização de materiais, além de participar na etapa de seleção de materiais)
- Engenharia de Produção (responsável pela fabricação do mobiliário de aeronaves executivas)
- Suprimentos (responsável pelo processo de compra de peças e materiais para fabricação do mobiliário, bem como pela avaliação, desenvolvimento e gestão de fornecedores)

#### 4.2.2 Levantamento de informações em documentos e bases de dados

Foi realizada uma busca de informações documentais visando à análise do estado da arte e das tendências em materiais para mobiliário. As seguintes revistas especializadas, publicações técnicas, sites e bases de dados foram consultadas:

##### Revistas

- Aircraft Interiors International
- BusinessJet Interiors International

##### Sites

- Transport & VIP Interiors (<http://www.transport-interiors.com/>)
- Aviation Today (<http://www.aviationtoday.com/>)
- Aviation Week (<http://www.aviationweek.com>)
- <http://www.aerospace-technology.com>
- International Business Aviation Council (<http://www.ibac.org/>)
- National Business Aviation Association (<http://www.nbaa.org/>)
- Associação Brasileira de Aviação Geral (<http://www.abag.org.br/2008/>)
- CompositeWorld (<http://www.compositesworld.com>)
- Hexcel (<http://www.hexcel.com>)
- FAA (<http://www.faa.gov/>)
- ANAC (<http://www.anac.gov.br/>)
- EASA ([http://www.easa.eu.int/ws\\_prod/index.html](http://www.easa.eu.int/ws_prod/index.html))
- AeroStrategy (<http://www.aerostrategy.com>)
- Flightglobal (<http://www.flightglobal.com>)
- Outros sites acessados via Google ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)), indicados no capítulo 8 (Referências)

#### Bases de dados

- Derwent (registros de patentes)
- Espacenet (patentes na integra)
- Web of Science (registros de publicações técnico - científicas gerais)

Com o propósito de desenvolver uma referência sobre o posicionamento tecnológico e a inovação de empresas relacionadas direta ou indiretamente à fabricação de aeronaves executivas ou aos interiores destas, foi feito um levantamento de patentes na base Derwent, que contém registros efetuados no mundo desde 1963, sendo empreendidas as seguintes pesquisas:

- 1) Pesquisa de patentes de empresas selecionadas de maior relevância na fabricação de aeronaves executivas ou dos interiores destas. As empresas pesquisadas foram selecionadas por intermédio dos resultados das entrevistas com especialistas e da relação de fabricantes de aeronaves executivas indicada pela NBAA (National Business Aviation Association), associação dos EUA de grande relevância no setor de aviação geral (inclusive e especialmente a aviação executiva) e que representa mais de 8 mil empresas. As expressões de busca utilizadas foram o **nome da empresa** (no campo "Assignee Name & Code") e **furnish\* or furniture or cabin or interior** (no campo "Topic").
- 2) Pesquisa de patentes relacionadas ao acabamento de interiores de aeronaves, em tecnologias atualmente consolidadas no contexto de interiores de aeronaves, tais como: veneer, verniz, pinturas, laminados e o processo impressão por transferência em água, dentre outras. As expressões de busca utilizadas foram **aircraft** (no campo "Topic"), **interior** (em outro campo "Topic") e **finish\* or lining\* or paint\* or varnish\* or coat\* or veneer\* or laminate\* or water transfer process\* or water transfer print\* or 3-dimensional print\* or 3D print\* or**

**immersion print\* or object print\* or cubic print\* or hydro print\* or hydrographic print\* or dip print\*** (em outro campo “Topic”).

#### 4.3 Definição de estudo de caso

Para aprofundar o entendimento dos fatores relevantes para a seleção de materiais específicos, como estudo de caso, recorreu-se à análise detalhada de três tipos de acabamentos utilizados em interiores de aeronaves executivas, abrangendo veneer + verniz, laminado plástico decorativo e impressão por transferência em água, cujos materiais constituintes são apresentados na tabela 4.2:

Tabela 4.2 Materiais de acabamento selecionados para estudo de caso.

<b>Acabamento estudado</b>	<b>Material constituinte</b>
Veneer + verniz	Laminado de madeira + vernizes à base de PU / Poliéster
Laminado plástico decorativo	papéis Kraft impregnados com resina fenólica; papel decorativo impregnado com melamina; filme superficial de proteção impregnado com melamina
Impressão por transferência em água	Filme polimérico decorativo + camada de verniz para proteção e acabamento

Esses tipos de acabamentos e materiais foram escolhidos por 3 motivos principais:

1) São materiais empregados em quantidade expressiva no acabamento do mobiliário do interior de aeronaves executivas;

2) Abrangem acabamentos de uso consolidado, como é o caso do veneer e do laminado plástico decorativo, ou, no caso do processo impressão

por transferência em água, a adoção é recente mas já ganhou expressiva disseminação no uso.

3) São todos materiais essenciais para o desempenho funcional e estético do acabamento.

#### 4.4 Análise de informações

As informações obtidas no levantamento de campo mediante entrevistas foram tratadas, analisadas, comparadas e combinadas, entre si e com informações de outras fontes, para validação e complementação.

A análise se baseou no modelo geral de mapeamento tecnológico e foi voltada para a identificação das forças motrizes que direcionam a trajetória tecnológica de interiores de aeronaves executivas; identificação dos fatores chaves decorrentes, que norteiam a seleção e utilização de materiais; a identificação e relacionamento dos componentes e respectivos materiais que merecem maior foco na exploração de possibilidades e tendências de utilização e / ou substituição.

A análise de patentes foi voltada para a identificação de pontos relevantes de empresas e tecnologias no contexto considerado e foi consolidada em tabelas e gráficos.

Com base nos resultados dos levantamentos e análises e nos fundamentos da seleção de materiais, foi também elaborada uma proposta de metodologia para prospecção e seleção de materiais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Forças motrizes tecnológicas chaves no setor da aviação executiva

A partir das entrevistas e consultas realizadas e das informações documentais levantadas, foram identificadas as principais forças motrizes de grande influência sobre o desenvolvimento tecnológico no setor de aviação executiva, as quais estão sintetizadas na tabela 5.1.

Tabela 5.1 Forças motrizes tecnológicas no setor de aviação executiva.

<b>Forças motrizes tecnológicas</b>
✓ Redução da poluição do ar (emissão de CO <sub>2</sub> / passageiro)
✓ Alcance ou autonomia de vôo
✓ Redução de peso
✓ Segurança aeronáutica
✓ Personalização
✓ Conforto
✓ Estética
✓ Similaridade do interior com ambientes amigáveis (carros, casas, escritórios, etc.)
✓ Simplicidade de utilização
✓ Reciclabilidade
✓ Eficiência de custo

Redução da poluição do ar / alcance ou autonomia de vôo / redução de peso

Essas três forças motrizes estão relacionadas à necessidade de minimizar o impacto da aviação executiva no meio ambiente e nas transformações que este vem sofrendo, principalmente com os efeitos percebidos sobre o aquecimento global. Nesse sentido, a redução de peso

também contribui para um melhor rendimento global das utilizações de aeronaves executivas, por exemplo, permitindo levar mais pessoas ou carga paga de um local a outro, com o mesmo consumo de combustível. Com isso, na área de materiais, o desenvolvimento e a utilização de novos materiais mais leves (inclusive os utilizados nos interiores) se apresentam como diretrizes-chaves relacionadas a essas forças motrizes. No caso de materiais estruturais, que demandam certa resistência mecânica em suas aplicações (inclusive os utilizados nos interiores), a maximização da relação resistência / peso é prioritária e de suma importância nesse contexto.

### Segurança aeronáutica

O crescimento iminente do número de aeronaves pequenas em circulação no mundo (como verificado também na revisão bibliográfica), somado à tendência de ampliação do uso de materiais mais leves, em sua maioria orgânicos e combustíveis, tais como compósitos de matriz polimérica, termoplásticos e termorrígidos, são fatores importantes da área de segurança aeronáutica como força motriz para desenvolvimentos tecnológicos e medidas que minimizem os riscos de falhas e acidentes.

### Personalização, conforto, estética e similaridade com ambientes amigáveis

O segmento de aeronaves executivas envolve o estreito contato e a interação do passageiro com a aeronave, especialmente em seu interior, com um inerente caráter de particularidade e privacidade. Em consequência, forças como personalização, estética e conforto se despontam. Também foi verificada a aplicabilidade do conceito de similaridade com ambientes amigáveis, que será abordada no subcapítulo 5.2.

### Simplicidade de utilização

A simplicidade de utilização é uma força motriz para a tendência tecnológica de se minimizar a complexidade da interface homem-máquina ou da utilização de tecnologias por si só complexas, como é o caso de aeronaves. Sob o ponto de vista das tecnologias de materiais, isso implica em conciliar o emprego de materiais avançados (para atender aos requisitos aeronáuticos) com concepções de produto e projeto que propiciem a simplificação da utilização e robustez, especialmente no tocante aos componentes do interior de aeronaves.

### Reciclabilidade

A reciclagem de materiais já está se consolidando como um fato na indústria de transporte, com destaque para a automobilística, já sujeita a algumas legislações, como a Diretiva 2000/53/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro de 2000, relativa aos veículos em fim de vida, que responsabiliza as montadoras pelo ciclo de vida, da montagem à reciclagem dos veículos, e fixa em 95% a taxa de reciclabilidade (incluindo a reutilização e a recuperação energética) até 2015 [40]. A aviação em geral (inclusive a executiva) tende a seguir essa diretriz, como já tem sido o caso de programas de destaque, como o PAMELA (“Process for Advanced Management of End of Life Aircraft”), empreendido pela Airbus [41], e o AFRA (“Aircraft Fleet Recycling Association”), conduzido pela Boeing e outras empresas desse setor [42].

Essa força motriz será abordada no subcapítulo 5.2.

### Eficiência de custo

A eficiência de custo, para o segmento de aeronave executiva, constitui-se em uma força muito relacionada à necessidade das empresas de serem competitivas e lucrativas, com a crescente tendência de redução de custos e

maior acessibilidade a tecnologias, especialmente frente à atual crise financeira global. Delineiam-se desafios que deverão surgir em várias frentes tecnológicas, inclusive na área de materiais em geral e para os interiores de aeronaves executivas, por exemplo, a redução dos custos relacionados a acabamentos de mobiliários (como processos de envernizamento, de pintura, etc).

De um modo geral, as forças motrizes identificadas no presente estudo e sintetizadas na tabela 5.1 se mostram em sua maioria similares às verificadas em estudos prospectivos existentes para o setor automobilístico [20, 54] e para o setor aeronáutico [64]. No entanto, há complementarmente forças motrizes importantes que são peculiares ao segmento da aviação executiva, associadas à personalização, similaridade do interior com ambientes amigáveis, simplicidade de utilização e outros.

## 5.2 Fatores de influência no uso de diferentes materiais no interior de aeronaves executivas

Os resultados dos levantamentos de informação por entrevistas combinados com informações documentais permitiram também verificar os principais fatores que influenciam a escolha de materiais para uso no interior de aeronaves executivas, conforme tabela 5.2, os quais têm correlação com as forças motrizes tecnológicas do setor de aviação executiva, indicadas na tabela 5.1. Os fatores indicados na tabela 5.2 foram divididos conforme o elemento chave com o qual se relacionam, a saber:

- A) Necessidades e preferências dos clientes
- B) Regulamentações de órgãos nacionais e internacionais e requisitos técnicos de produto e/ou processo
- C) Tecnologia e disponibilidade de materiais para adequação ao atendimento das necessidades do uso

Tabela 5.2 (a) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Clientes.

<b>Elemento chave</b>	<b>Fatores de influência</b>	<b>Ref.</b>
Clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Existência de diferentes segmentos de mercado para a aviação executiva: por exemplo, para os segmentos de HNWI e Corporate, pode haver preferência por materiais com maior valor e luxo agregados, enquanto que para os segmentos Operadores Charter e de Táxi Aéreo, pode haver preferência para materiais de manutenção ou intercambialidade mais fácil</li> <li>➤ O conceito de valor, os requisitos e a percepção do interior variam conforme o segmento de mercado: por exemplo, o HNWI pode valorizar mais os detalhes de acabamento, enquanto que Operadores de Táxi Aéreo podem valorizar mais a funcionalidade</li> <li>➤ Existência de clientes de diferentes países e com culturas específicas (japoneses, árabes, russos, etc), fator que impacta a utilização de materiais</li> <li>➤ Duração e frequência de vôo x impacto na interação do cliente com os componentes do interior</li> <li>➤ Duração e intensidade de interação com os componentes do interior</li> <li>➤ Tendências associadas a alterações de preferências e comportamentos dos clientes, por exemplo, alterações culturais, de gerações, etc.</li> </ul>	Entrevistas e referências 3, 7 e 8

Tabela 5.2 (b) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Requisitos Técnicos e Regulamentações.

Elemento chave	Fatores de influência	Ref.
<p>Requisitos Técnicos e Regulamentações</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Obrigatoriedade de atendimento a determinadas regulamentações, como fator determinante para utilização ou não de qualquer material. Como exemplo, as regulamentações da FAA referentes à inflamabilidade</li> <li>➤ Atendimento aos requisitos de projeto definidos por áreas funcionais de <i>Design</i>, Engenharia de Interiores, Engenharia de Materiais, Peso, etc., por exemplo, os requisitos de peso, os requisitos de acabamento, etc.</li> <li>➤ Atendimento a requisitos de fabricabilidade</li> <li>➤ Tendências das legislações e/ou órgãos de regulamentação, por exemplo, segurança aeronáutica, mudança climática, proibição de materiais, etc.</li> </ul>	<p>Entrevistas e referências 11, 32, 33, 34 e 36</p>

Tabela 5.2 (c) Fatores de influência no uso de materiais em interiores de aeronaves executivas – elemento chave Tecnologia e Disponibilidade de Materiais.

<b>Elemento chave</b>	<b>Fatores de influência</b>	<b>Ref.</b>
Tecnologia e Disponibilidade de Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Existência de materiais chave no atendimento às exigências e/ou necessidades dos clientes e da engenharia (exemplo: verniz, veneer, tinta)</li> <li>➤ Existência de materiais / tecnologias promissoras, com forte tendência de utilização (no presente e no curto, médio e longo prazo). Como exemplos, o processo impressão por transferência em água, os nanomateriais, os materiais inteligentes e os “ambientalmente corretos”</li> <li>➤ Atendimento a restrições orçamentárias relacionadas ao programa da aeronave</li> <li>➤ Tendências induzidas pelos fabricantes, por exemplo, associadas a carências de matérias primas ou aumentos de custos de produção, e conseqüente substituição das mesmas</li> </ul>	Entrevistas, análise de patentes e referências 14, 20-22, 27-30

Verifica-se uma ampla gama de possibilidades de utilizações e segmentações aplicáveis no mercado de aviação executiva, que trazem diferentes necessidades e exigências com relação à utilização de materiais em interiores das aeronaves, que devem ser considerados no processo de seleção de materiais.

Na seleção de materiais, essa diversidade de fatores pode permitir a exploração mais ampla da relação entre o conceito de valor para o cliente versus os materiais disponíveis e a serem utilizados.

Por exemplo, a diversidade de perfis de clientes (ou conceitos de valor) e de finalidade de utilização da aeronave (ou fatores como duração do voo, propósito do voo, etc.) são elementos fundamentais para serem considerados na seleção de materiais focalizada, e podem contribuir para o estabelecimento de diferencial competitivo para as empresas fabricantes de aeronaves executivas ou dos interiores das mesmas.

A duração do voo é um exemplo de oportunidade importante a ser considerado na seleção de materiais que podem diferenciar o produto. As aeronaves poderiam ser sub-divididas entre as que realizam voos de curta duração (até 2 horas, como uma referência), voos de média duração (de 2 a 4 horas, como referência) e voos de longa duração (acima de 4 horas, como referência), conforme enfatizado por entrevistados de diferentes áreas funcionais (engenharia, *design* e vendas). Prolongando-se o tempo de permanência dentro da aeronave (ou da duração do voo), a interação do passageiro com o interior se torna mais intensa, e o mesmo tende a se tornar mais detalhista, criterioso e perfeccionista em sua percepção dos componentes do interior, bem como com relação ao conforto de que está desfrutando. Essa variação nas necessidades e anseios dos passageiros em função do tempo de permanência dentro da aeronave pode também ser utilizada como subsídio no processo de seleção de materiais, uma vez que a utilização de diferentes materiais poderá propiciar maior ou menor satisfação (em sentido amplo) aos passageiros.

Por exemplo, para um voo de 1 hora de duração, um descanso de braço (metálico) de uma poltrona que seja apenas pintado poderá eventualmente satisfazer ao passageiro; por outro lado, em se tratando de um voo de 4 horas, esse suporte provavelmente causaria desconforto, nesse caso sendo mais adequado que fosse revestido com um tecido sintético (ou mesmo couro) almofadado.

A diferenciação por região (América do Norte, Europa, América Latina, Ásia, Oriente Médio, África, etc.) também foi identificada como pertinente, por conta das possibilidades de variações culturais e de outros aspectos entre os clientes das diferentes regiões.

Por exemplo, supondo que o(s) passageiro(s) seja(m) do segmento Corporate e que se trata(m) de alto(s) executivo(s) do Japão, e considerando um voo de longa duração, a seleção de materiais, especialmente para os acabamentos, deverá considerar fortemente a cultura japonesa (valores, percepções, conceitos de qualidade, etc.), expressa em alto nível de requinte e luxo. Se considerada uma aeronave de voo curto, a gama possível de utilização de materiais poderia ser diferente (por exemplo, mesmo mantendo alto requinte e luxo, uma mesa de conferência poderia ser acabada com uma pintura decorativa em vez de veneer envernizado).

Como outro exemplo, para passageiros que utilizam a aeronave com fim lucrativo ou em que a particularidade e exclusividade do voo não sejam tão relevantes (por exemplo, operadores de táxi-aéreo e CFDs), robustez e funcionalidade tendem a ser mais valorizados do que detalhes de acabamento e estética, de modo geral, podendo-se, por exemplo, utilizar um puxador de gaveta feito de plástico e com uma pintura metálica. Já para passageiros em que a particularidade e exclusividade do voo sejam relevantes (por exemplo, HNWI e “Corporate”), os detalhes de acabamento e a estética passam, de modo geral, a ser valorizados tanto quanto robustez e funcionalidade, não raro podendo até mesmo se tornar fatores de maior relevância para o passageiro. Nesse caso, o puxador de gaveta mencionado atenderia melhor à necessidade e anseio do cliente se fosse feito, por exemplo, em alumínio e com um acabamento diferenciado (polimento químico, escovação, etc.)

Esses exemplos mostram que as possibilidades de uso de distintos materiais podem ser exploradas, tanto em diferentes segmentos por tipo de aeronave, mas também para uma sub-segmentação de diferentes durações de voo e culturas regionais.

Quanto a classificar os componentes do interior em termos de relevância para o cliente ou passageiro, uma possibilidade seria adotar como critérios indicadores a duração e a intensidade da interação do passageiro com os componentes do interior. Embora alguns especialistas acreditem não ser possível fazê-lo, um especialista da área de *design* considerou factível e essa possibilidade foi mencionada por um entrevistado da área de vendas. Nesse

sentido, o assento poderia ser considerado o item de maior relevância, seguido pelo revestimento interno à fuselagem da aeronave (paredes), seguido pela mesa executiva, e assim por diante. Com o prolongamento do tempo na aeronave, esses componentes passariam a ser observados e avaliados em mais detalhes. A adoção de critérios desse tipo permitiria, de um modo prático e relativamente simples, verificar quais os componentes de maior vulnerabilidade à percepção e julgamento pelo passageiro, por exemplo, para aeronaves pequenas ou vôos curtos, o assento, a mesa e as paredes provavelmente seriam os componentes mais susceptíveis a essa vulnerabilidade. Por outro lado, para aeronaves maiores ou vôos mais longos, outros componentes do interior poderiam ter maior vulnerabilidade, como, por exemplo, um armário de cozinha ou de roupas, ou um gabinete lavatório.

Ainda com base nesse critério, para passageiros de segmentos como HNWI e “Corporate” (em que a particularidade e a exclusividade do vôo sejam relevantes) a duração e a intensidade da interação com os componentes do interior é muito maior comparativamente, podendo-se perder a representatividade da definição de itens de maior relevância.

Com relação aos requisitos a serem atendidos na concepção e projeto de interiores executivos, pôde-se constatar que o fator norteador de maior importância deve ser os requisitos e anseios dos clientes, os quais são consolidados em conceito de produto pela área de *design*. Na seqüência, vêm os requisitos técnicos e de segurança, que em muitos casos são mandatórios e decisivos para a utilização de um material ou componente no interior. Esses requisitos são o de inflamabilidade, o de cálculo estrutural (mais ligado a projeto do componente / peça), e os de segurança de cabine.

Vale lembrar a necessidade dos materiais a serem explorados atenderem aos requisitos técnicos e de regulamentação com base na engenharia de materiais. Deve-se atender aos requisitos de projeto, destacadamente os específicos de utilização / aplicação, como resistência à abrasão (por exemplo, de uma tinta ou verniz), resistência à fadiga ou uso cíclico (por exemplo, de um mecanismo de porta-copos), resistência ao intemperismo (variações de temperatura, umidade, por exemplo), etc., e os

requisitos de peso (visando garantir a autonomia definida para a aeronave). Também se deve atender aos requisitos de fabricabilidade do componente / peça, principalmente no que tange à viabilidade técnico-econômica do processo de fabricação.

Uma vez atendidos todos esses requisitos, ainda assim o material ou o componente ou o interior terão de ter seus custos enquadrados dentro do orçamento proposto pelo programa (o qual varia e tem suas peculiaridades conforme o produto final – aeronave - sendo desenvolvido).

Houve manifestação por parte de entrevistado da área de engenharia de interiores indicando que um dos maiores desafios é conciliar a robustez do interior com a alta qualidade de acabamento demandada. Frente a esse desafio, incluso as limitações de custos, a utilização dos métodos quantitativos propostos por Farag [48] pode contribuir substancialmente para a seleção de materiais e obtenção de êxito e equilíbrio no atendimento aos requisitos do cliente, técnicos, das regulamentações e das tecnologias viáveis de materiais.

Quanto ao suprimento e aquisição de materiais, foi constatado que a grande maioria dos materiais utilizados em interiores não é nacional. O número de fornecedores é relativamente pequeno e é comum a existência de terceiros intermediando a relação comercial. As exigências técnicas (de certificação e de projeto) e o volume relativamente baixo de compra (comparado com outras indústrias, como a automobilística) limitam a quantidade de fornecedores qualificados e interessados em fornecer para as montadoras de aeronaves executivas.

Materiais como painel sanduíche, componentes de verniz, seladores, tintas, para citar alguns, podem apresentar tempo de entrega (“lead time”) muito elevado (por exemplo, de 4 a 6 meses). Quanto a materiais naturais (como couro e veneer), por serem mais susceptíveis a variações de composição química e conseqüentemente de qualidade, podem implicar na necessidade de um maior número de ensaios de inflamabilidade e até mesmo maior porcentagem de reprovação nesses ensaios, o que torna mais crítico o fornecimento e disponibilidade para fabricação.

Conforme destacado por um especialista entrevistado da área de Suprimentos, o nível de importância atribuído por esta área a uma peça ou material é diretamente proporcional ao seu custo. Segundo o especialista, um dos fatores que mais elevam o custo de peças ou materiais de interior é a ocorrência de revisões / modificações no projeto.

Um dos entrevistados, da área de engenharia, reforçou o fato de que a maior parte do consumo dos materiais já consolidados e o impacto na disponibilidade e preço dos mesmos no mercado são decorrentes da atuação das maiores empresas da aviação (Airbus e Boeing), que consomem uma grande parte desses materiais, impactando a relação demanda x oferta x custos para os mesmos, bem como o desenvolvimento de novas peças / materiais. Painel sanduíche e componentes secundários ou auxiliares (como insertos, suportes ou placas amortecedores, pinos, etc.) são exemplos de materiais / peças que são impactadas pela atuação das maiores empresas.

Com relação às tendências que orientam a utilização de materiais, pôde-se notar que elas são inter-relacionadas, como é o caso em que o fator chave é a mudança climática, que impacta legislações e regulamentações, fabricantes (tecnologias) e clientes.

Sob o ponto de vista dos clientes, foi verificada uma grande tendência de utilização de materiais similares aos encontrados nos ambientes freqüentados pelo cliente, como casas, carros, iates e ambientes de trabalho e de lazer, conforme indicado por diversos especialistas. Nesse sentido, a prospecção de novos materiais, para ser bem sucedida, deve levar em consideração as tendências também nesses ambientes vivenciados pelos clientes.

Sob o ponto de vista de tendências em legislações e/ou órgãos de regulamentação que influenciam a utilização de materiais em interiores, um ponto chave verificado é a identificação de trajetórias evolutivas existentes, os marcos e metas importantes para a aviação executiva e os fatores e/ou acontecimentos no mundo que os originaram ou estimularam. Essa análise retrospectiva contribui para a prospecção de cenários possíveis em termos de legislação e/ou regulamentações, a partir dos fatores e/ou acontecimentos

atuais e os possíveis e prováveis no futuro, muitas vezes com base em extrapolações do presente.

Por exemplo, devido à necessidade (e exigência) cada vez maior da redução do descarte de materiais no meio ambiente, a reciclagem de materiais poderá se tornar mandatória no futuro, via novas legislações e regulamentações, impulsionando a utilização de materiais recicláveis e de novas tecnologias de reciclagem de materiais em aeronaves, inclusive as executivas e o interior delas.

O acompanhamento da tendência de disponibilidade de matérias primas junto aos fabricantes é também um elemento importante em estudos prospectivos, principalmente para a antecipação de eventual escassez de matérias primas ou substituições prováveis de ocorrerem; alterações de processos de produção, utilização de novos materiais em comum por dois ou mais fabricantes, dentre outros.

É importante destacar a forte tendência de aumento da diversidade de materiais utilizados na confecção de interiores de aeronaves, especialmente as executivas, como também indicado por diferentes estudos existentes revisados no presente trabalho, particularmente o aumento da utilização de materiais compósitos [14], termoplásticos, filmes finos, nanomateriais [20] e materiais inteligentes [21, 22], além de técnicas de manufatura rápida [23, 24].

### 5.3 Levantamento e análise exploratória do patenteamento de tecnologias relacionadas aos interiores de aeronaves e seus materiais

Os fabricantes de aeronaves executivas ou dos interiores das mesmas possuem número expressivo de patentes em geral e especificamente relacionados a essa área, como mostra a figura 5.1, com maior destaque para a empresa Boeing.

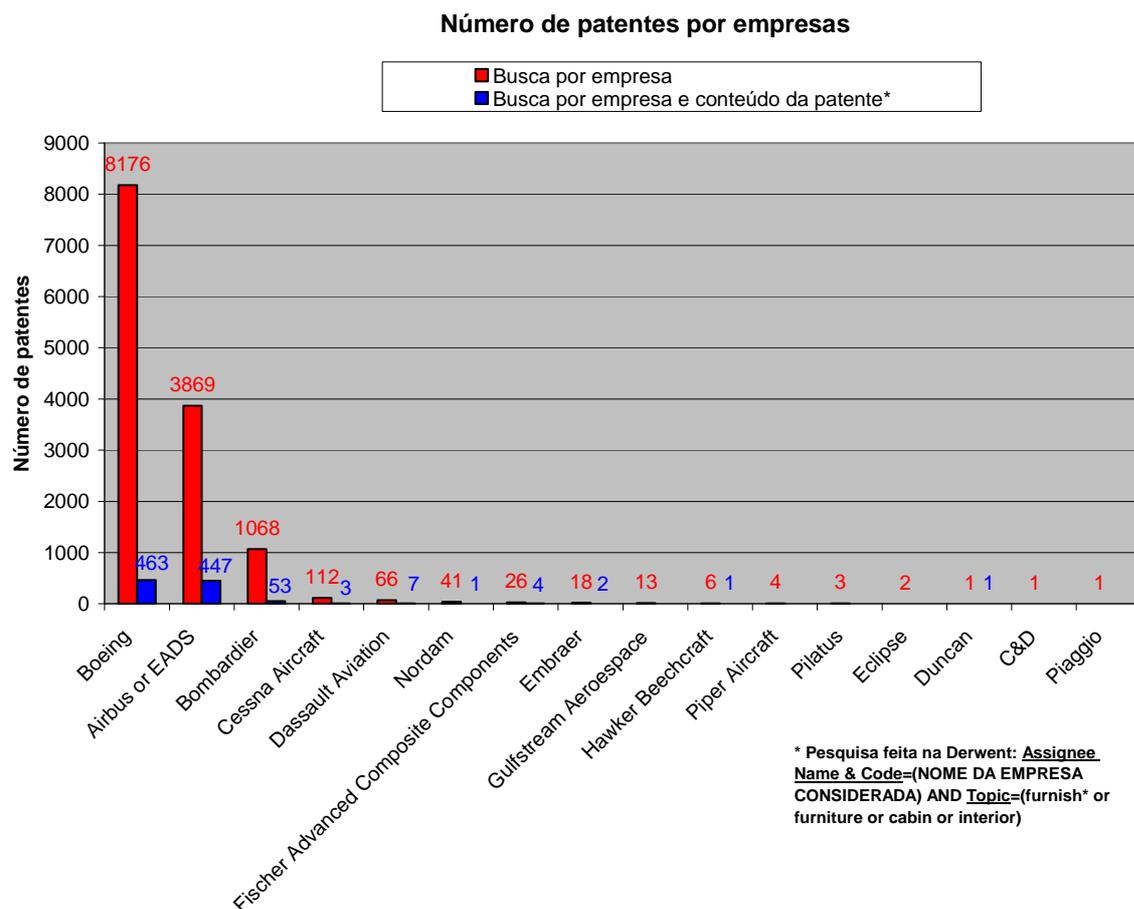


Figura 5.1 Número de patentes por empresa, total e nas tecnologias relativas a cabines, interiores e mobiliários de aeronaves, de 1963 a 2009, base de dados Derwent.

Nota-se que a maioria do total de patentes das empresas selecionadas, mais de 97% das patentes, provém de apenas 3 empresas - Boeing, Airbus/EADS e Bombardier - de um total de 16 empresas pesquisadas.

Com relação aos patenteamentos de tecnologias relacionadas a cabines, interiores e mobiliários de aeronaves, verificou-se um número expressivamente menor de patentes por empresa, sendo que ainda prevalecem a Boeing e a Airbus como as duas empresas líderes em número de patentes, e, para 6 empresas (Gulfstream, Piper, Pilatus, Eclipse, C&D e Piaggio) nenhuma patente foi encontrada, apesar das mesmas atuarem nesse segmento. A Bombardier também apresentou um número expressivo de patentes, enquanto que as demais estudadas são titulares de no máximo 7

patentes de tecnologias relacionadas a cabines, interiores e mobiliários de aeronaves, caso da Dassault Aviation. A tabela 5.3 apresenta dados similares excluindo-se as empresas Boeing e Airbus/EADS, para facilitar a análise das demais empresas estudadas.

Tabela 5.3 Número de patentes por empresa (sem considerar Boeing e Airbus/EADS).

<b>Empresa</b>	<b>n° de registros de patentes (geral)</b>	<b>n° de registros de patentes (relacionadas a cabines, interiores e mobiliários)</b>
Bombardier	1068	53
Cessna Aircraft	112	3
Dassault Aviation	66	7
Nordam	41	1
Fischer Advanced Composite Components	26	4
Embraer	18	2
Gulfstream Aerospace	13	
Hawker Beechcraft	6	1
Piper Aircraft	4	
Pilatus	3	
Eclipse	2	
Duncan	1	1
C&D	1	
Piaggio	1	

Por outro lado, muitas outras empresas não necessariamente envolvidas diretamente na fabricação de aeronaves ou interiores destas, possuem registros de patentes relacionadas a tecnologias de acabamentos de interiores, como pode ser observado na figura 5.2.

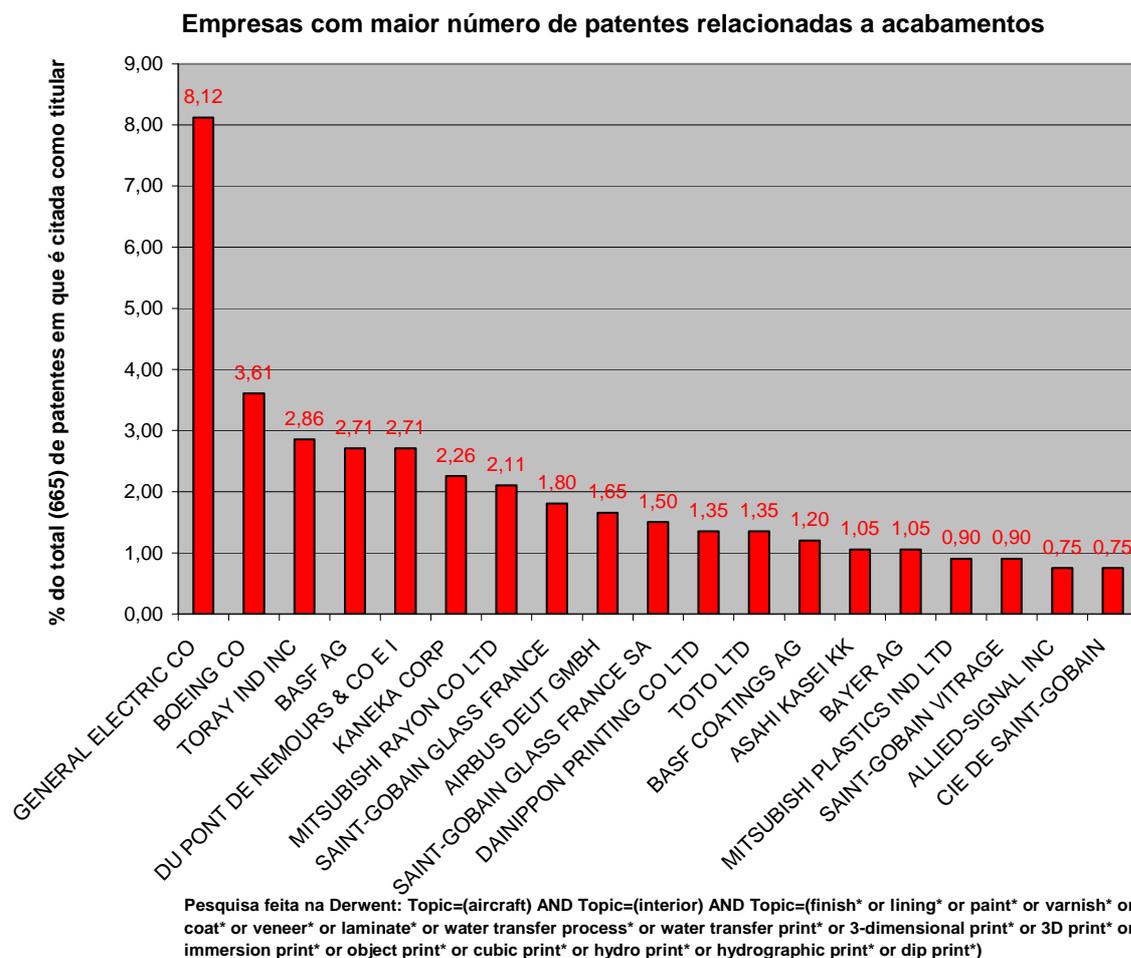


Figura 5.2 Empresas com patentes sobre acabamentos de interiores.

Há destaque para a presença da empresa General Electric como titular de patentes relacionadas a acabamentos (em mais de 8% dos registros). Empresas como Boeing, Toray, Basf, Du Pont, Kaneka, Mitsubishi, Saint Gobain, Airbus, dentre outras, apareceram como titulares expressivas de patentes.

Cabe destacar também a presença de patentes de empresas especialistas em tecnologias mais recentes de acabamentos, como filmes decorativos aplicados pelo processo impressão por transferência em água, além de outros processos, como é o caso da empresa Dainippon Printing, especialista nessas tecnologias; empresas especialistas em materiais compostos, plásticos de engenharia, nanotecnologia, coberturas (“coatings”) e filmes também apareceram como titulares de patentes (como Toray, Basf, Mitsubishi e Bayer); especialistas em fibras, especialmente têxteis (como a

Asahi Kasei e a Toray); a empresa Allied Signal, especialista em materiais especiais, e de outros ramos (que não mais existe com esse nome, mas sim como Honeywell, após fusão ocorrida em 1999 [71]).

Com relação aos resultados exibidos na figura 5.1, pode-se notar que há grande distância entre as empresas no que se refere a números de registros de patentes. Também é possível apontar a quantidade relativamente baixa de patentes relacionadas a tecnologias de interiores de aeronaves. Isto pode ser um indicador de oportunidades de P&D nessa área, como diferencial competitivo para as empresas.

Os resultados exibidos na figura 5.2 apontam para o fato de existirem empresas de destaque direcionando P&D e liderando as inovações em acabamentos para interiores de aeronaves. Essa constatação pode indicar oportunidades de formação de parcerias estratégicas entre essas empresas e as fabricantes de aeronaves executivas ou dos interiores dessas, como diferencial competitivo no mercado de aviação executiva. Pesquisas, desenvolvimentos e utilizações de novos materiais relacionados a (ou com possibilidade de uso em) interiores de aeronaves executivas podem ser promovidas por empresas que não necessariamente são as fabricantes de aeronaves executivas ou do interior dessas.

#### 5.4 Estudo comparativo de materiais de acabamentos de interiores de aeronaves executivas

Com o objetivo de melhor entender os fatores que impactam e delineiam a utilização de materiais no interior de aeronaves executivas, foi realizado um estudo de caso com maior aprofundamento sobre os materiais de acabamento utilizados nos mobiliários dessas aeronaves.

Os acabamentos veneer + verniz, laminado plástico decorativo e impressão por transferência em água, conforme exibido na tabela 4.2, foram estudados com maior profundidade.

Esses materiais de acabamento foram analisados e comparados em termos de características que impactam sua utilização (e seleção) em interiores de aeronaves executivas.

O veneer é um material muito utilizado e consolidado em mobiliários de aeronaves executivas, sendo o acabamento que mais representa luxuosidade e distinção dentre os selecionados. A aplicação desse material ao substrato (painel sanduíche) ocorre por colagem com uso de um adesivo (normalmente à base de policloroprene). Uma vez colado ao substrato, o veneer recebe aplicação de verniz (à base de PU e/ou poliéster), que age como um isolamento protetor e, principalmente, confere beleza ao produto final, realçando as texturas e desenhos do veneer. O acabamento final com o verniz pode ser brilhante ou fosco. Alguns exemplos de acabamentos com veneer são exibidos na figura 5.3.



Painel sanduíche + veneer + verniz  
à base de PU / Poliéster

Painel de material composto  
conformado + veneer + verniz



Figura 5.3 Exemplos de móveis com acabamento em veneer (cortesia Embraer).

Como se percebe, os acabamentos em veneer apresentam uma continuidade de texturas ao longo dos móveis, possível de ser obtida devido à colagem dos laminados ser feita obedecendo à seqüência em que foram cortados do tronco de madeira de que se originaram. Essa continuidade, conhecida como “matching”, confere uma beleza peculiar a esse tipo de acabamento.

O acabamento com laminado plástico decorativo consiste na utilização de laminados sintéticos (como a Fórmica), produzidos nas mais diversas texturas e tonalidades ou imitando vários tipos de madeiras e respectivas texturas.

A aplicação de laminados plásticos decorativos ocorre de maneira semelhante a do veneer, com a diferença de que aqui não ocorre aplicação de verniz. Após a colagem do laminado já se tem o acabamento final.

A utilização de laminados plásticos decorativos ainda não é tão difundida na aviação executiva, ocorrendo em alguns segmentos específicos, nos quais o fator custo tem um peso maior e/ou a luxuosidade e diferenciação do interior não são fatores tão preponderantes. É o caso, por exemplo, dos segmentos de taxi aéreo e de vôos corporativos, e de aeronaves pequenas de menor custo (com capacidade para 4 a 6 passageiros).

O acabamento obtido pelo processo impressão por transferência em água (WTP), por sua vez, permite a aplicação de uma infinidade de desenhos e padrões de acabamentos, como imitação de madeiras, veneers, figuras geométricas variadas, etc. Em mobiliários de aeronaves executivas, esse processo tem sido muito aplicado a carenagens ou peças de formatos complexos, que impossibilitam a aplicação de acabamentos laminados (como o veneer e o laminado plástico decorativo). Apesar de menos difundido que os outros acabamentos, o processo WTP tem sido cada vez mais empregado, substituindo tanto o laminado plástico decorativo como o veneer.

O processo WTP consiste em aplicar um determinado acabamento em um substrato, mergulhando o substrato (ex.: painel sanduíche) em um tanque contendo água e sobre sua superfície uma camada bem fina de partículas de tintas dispostas constituindo um desenho e padrão determinado de

acabamento, conforme etapas de processamento sintetizadas na figura 5.4. A produção dessa camada decorativa de tinta ocorre primeiramente pela impressão da mesma sobre um filme polimérico (normalmente de PVA) e, em seguida, pela dissolução do filme na água.

Com a imersão do substrato, a camada decorativa de tintas adere à superfície do mesmo (sob a ação da pressão da água) e, após remoção deste, tem-se uma peça com o acabamento desejado, como se este tivesse sido impresso sobre o substrato. Na seqüência, a peça é submetida à lavagem, secagem e aplicação de verniz.

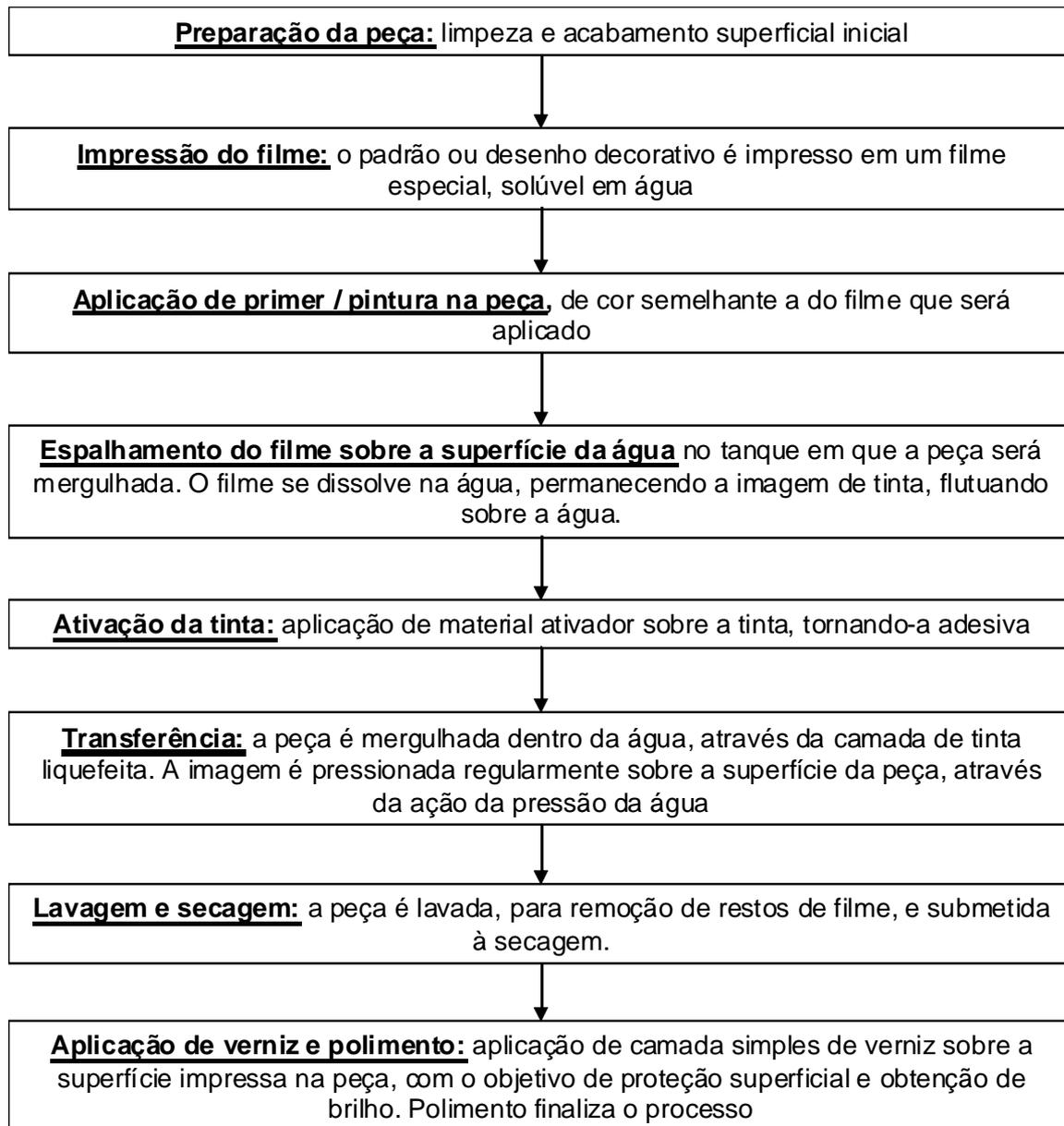


Figura 5.4 Etapas do processo WTP.

É possível sintetizar algumas principais características e aplicabilidade dos acabamentos estudados, bem como possíveis percepções (sob uma ótica ampla, de cliente, de fabricante, de opinião pública, de agências reguladoras, etc.) sobre os mesmos, conforme exposto na tabela 5.4.

Tabela 5.4 Características de tecnologias de acabamento de interiores de aeronaves executivas (\*).

Tecnologia de acabamento estudada	Principais materiais constituintes	Principais características da utilização	
		Favoráveis	Desfavoráveis
Veneer + verniz	laminado de madeira e vernizes à base de PU e/ou poliéster	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ alta luxuosidade e beleza;</li> <li>✓ exclusividade;</li> <li>✓ quando danificado ou riscado, aceita retrabalho;</li> <li>✓ percepção favorável por ser material natural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ custo relativo alto;</li> <li>✓ difícil reposição (cada lâmina tem textura e desenho únicos, além da necessidade de haver continuidade de textura);</li> <li>✓ requer diversas aplicações de verniz (aumento da complexidade de produção, emissão de VOCs);</li> <li>✓ não se aplica a peças com formatos complexos (ex.: dupla curvatura acentuada, etc.);</li> <li>✓ percepção de não ambientalmente amigável (consumo de árvores)</li> </ul>
Laminado plástico decorativo	papéis Kraft impregnados com resina fenólica + papel decorativo impregnado com melamina + filme superficial de proteção impregnado com melamina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ baixo custo relativo;</li> <li>✓ reposição relativamente fácil;</li> <li>✓ possibilidade de uso de diversos padrões de acabamento;</li> <li>✓ simplicidade de utilização (continuidade de textura bem simples e não requer aplicação de verniz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ luxuosidade e beleza medianas;</li> <li>✓ não exclusividade;</li> <li>✓ não aceita retrabalho quando danificado ou riscado (tendo de ser trocado);</li> <li>✓ apresenta variação dimensional em função da umidade relativa do meio, o que pode limitar sua utilização ou gerar defeitos a longo prazo;</li> <li>✓ não se aplica a peças com formatos complexos (ex.: dupla curvatura acentuada, etc.);</li> <li>✓ percepção desfavorável por ser material sintético</li> </ul>
Impressão por transferência em água	filme polimérico decorativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ simula bem o acabamento desejado, conferindo alta luxuosidade e beleza;</li> <li>✓ exclusividade;</li> <li>✓ reposição relativamente fácil (a camada decorativa pode ser re-impressa sobre o filme de PVA e o processo reproduzido);</li> <li>✓ possibilidade de uso de diversos padrões de acabamento;</li> <li>✓ a obtenção de continuidade de texturas é mais simples e independe de material (somente da impressão correta sobre o filme de PVA);</li> <li>✓ possibilidade de aplicação em peças com formatos complexos;</li> <li>✓ requer aplicação de menos demãos de verniz (apenas camada protetora), sendo considerado mais ambientalmente amigável (menor emissão de VOCs);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ custo relativo alto;</li> <li>✓ não aceita retrabalho (devendo-se re-aplicar o processo), exceto sobre o verniz;</li> <li>✓ não recomendável para aplicação em peças com cantos pontiagudos (estes podem romper o filme);</li> <li>✓ percepção desfavorável por ser material sintético</li> </ul>

(\*) Determinado com base no resultado das entrevistas, conteúdo disponível em sites de fabricantes dos acabamentos considerados, e na experiência do pesquisador no trabalho com interiores de aeronaves executivas.

Os três tipos de acabamento estudados diferem significativamente entre si, conforme a tabela 5.4, em termos de nível de aceitação, características estéticas, físicas, químicas, ambientais, de processamento, de custo, de durabilidade e de percepção. Cada tipo de característica tem maior ou menor relevância para a escolha desses materiais, de acordo com o tipo de do cliente ou passageiro que utilizará as aeronaves (suas necessidades e anseios), bem como com base nos requisitos técnicos e regulamentações a serem atendidos.

Por exemplo, para o segmento de HWNI, características como luxo, beleza e exclusividade normalmente têm um peso destacado. Se a característica ou percepção de produto “ambientalmente amigável” também prevalecer, a utilização do processo impressão por transferência em água poderá ser uma boa escolha de processo / material de acabamento.

Em se tratando, por outro lado, do segmento de Táxi Aéreo, características como custo, manutenção, capacidade e facilidade de retrabalho e reposição têm importância pronunciada. Nesse caso, por exemplo, a utilização de fórmica pode ser uma opção satisfatória pelo baixo custo. No entanto a utilização de veneer pode também ser atrativa, devido à possibilidade de se retrabalhar esse acabamento (reparo ou troca de verniz), o que pode compensar o maior custo intrínseco ao material. A utilização do veneer aqui pode ser ainda mais aplicável se luxo e beleza também forem fatores preponderantes.

Dada a complexidade e diversidade de fatores a serem considerados na seleção de materiais para acabamentos de interiores de aeronaves, as metodologias de seleção de materiais baseadas na ponderação de fatores, tais como, os índices de desempenho do material [45] e o método da função objetiva composta [49], parecem apropriados para essa situação.

O estabelecimento de uma metodologia de decisão para seleção de materiais a utilizar, neste caso, deve levar em conta as forças motrizes tecnológicas atuantes na aviação executiva e os fatores de influência no uso de diferentes materiais (tabela 5.1 e tabelas 5.2 (a), (b) e (c)), aliados à estratégia de atuação da empresa no mercado ou segmento considerado, como contribuição importante para a tomada de decisão. Por exemplo, se a redução

de peso é considerada uma força motriz majoritária, para aumento de performance e redução de consumo de combustível (inclusive impacto ambiental), o processo WTP pode se sobressair como candidato. Se a estética, por outro lado, for uma força motriz de relevância muito destacada, a opção pelo uso de veneer poderá se despontar em relação às outras opções.

Uma metodologia de seleção de materiais, neste caso, deve também levar em conta as tendências de utilização de materiais e de surgimento de novas tecnologias de materiais. Por exemplo, acabamentos produzidos através do processo WTP têm sido cada vez mais empregados na aviação executiva, fato que deve ter seu peso no processo de seleção de materiais.

Outro aspecto importante é o valor atribuído pelo cliente ao acabamento e a possibilidade de utilização da técnica Engenharia de Valor [49-52] para maximizar a agregação de valor, seja via redução de custos ou via melhora da função almejada pelo cliente. Por exemplo, um cliente que busca por facilidade de manutenção, de retrabalho e de reposição, propiciará a utilização de Engenharia de Valor para a exploração das características de materiais que permitem a maximização dessas funções e a eliminação das características (custos) desnecessárias sob a ótica colocada. Nesse caso, por exemplo, o uso do laminado plástico decorativo, dada a facilidade de reposição e aquisição no mercado desse produto, poderia se tornar mais vantajoso em relação ao uso do processo WTP, se hipoteticamente apenas algumas empresas especializadas dominassem essa tecnologia, o que poderia tornar o processo de retrabalho ou reposição mais complicado, quando necessário durante manutenção da aeronave.

Com base nos exemplos acima, verifica-se que a seleção de materiais e processos não é trivial e depende da análise combinada de múltiplas características, propriedades e fatores, com a ponderação do peso ou da relevância que cada uma delas tem frente às condicionantes do mercado e da regulamentação aeronáutica.

## 5.5 Proposta de metodologia para prospecção e seleção de materiais

Com base nos resultados do estudo de caso e nos resultados gerais obtidos, é possível propor uma metodologia para prospecção e seleção de materiais e processos para uso em interiores de aeronaves executivas, com as seguintes etapas, também sintetizadas de maneira simplificada na Figura 5.5:

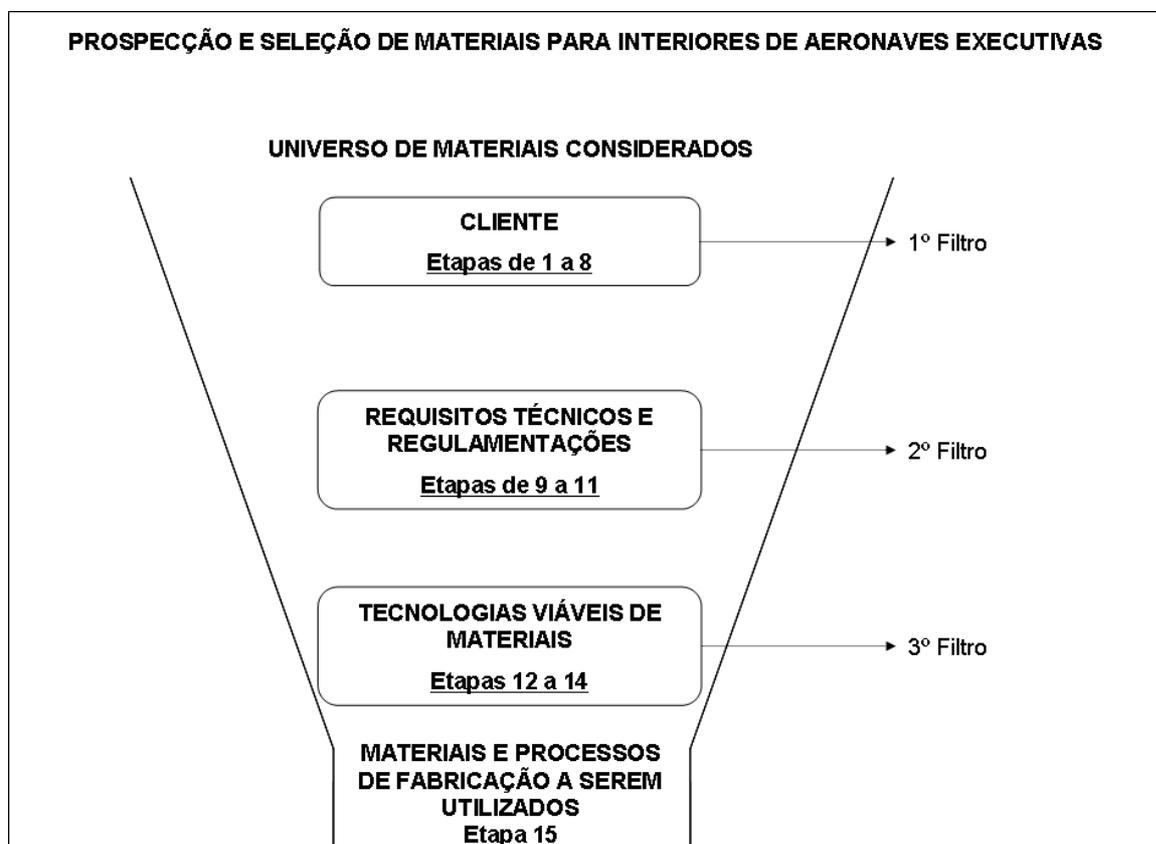


Figura 5.5 Fluxograma representativo da metodologia proposta.

## → 1º FILTRO: ANÁLISE DO CLIENTE

1) Determinação do propósito de utilização da aeronave (para fins lucrativos, humanitários, particulares, negócios, transporte de autoridades, lazer, etc.)

→ Realizar enquetes com clientes (atuais e/ou potenciais)

2) Determinação do(s) segmento(s) de mercado que a aeronave atenderá (HNWI, Corporate, CFD, Charter, Operadores de Taxi Aéreo).

3) Determinação do tamanho da aeronave e duração média dos vôos.

→ No caso de jatos, verificar a qual categoria pertence a aeronave. Quanto à duração do vôo, verificar se a aeronave fará vôos curtos, médios ou longos.

4) Determinação da região de utilização da aeronave e cultura vigente na região (mais especificamente, dos potenciais proprietários, usuários ou passageiros da aeronave)

5) Verificar as tendências vigentes em utilização de materiais para o(s) segmento(s) considerado(s) (tomando-se como referência habitações, ambientes de trabalho, ambientes de lazer, meios de transporte, dentre outros, freqüentados e utilizados pelos proprietários, usuários ou passageiros da aeronave). Recorrer a revistas, pesquisa de campo, enquetes, etc.

6) Considerar as possibilidades de utilização de materiais em interiores de aeronaves executivas, com base no levantamento feito no item 5). Considerar o histórico de materiais já utilizados em interiores de aeronaves e as probabilidades de atendimento aos requisitos mandatórios da aplicação.

7) Verificar o cenário de materiais em uso nas aeronaves concorrentes que atendem o(s) segmento(s) determinado(s). Recorrer a catálogos de

concorrentes, pesquisas de campo, participação em feiras e eventos de exposição de aeronaves, etc.

8) Com base na análise das informações obtidas nos itens 6) e 7), identificar aqueles materiais que estrategicamente serão bem recebidos e que poderão conferir diferenciação competitiva no(s) segmento(s) de mercado considerado(s). Utilizar como subsídio as forças motrizes tecnológicas atuantes na aviação executiva, os fatores de influência no uso de diferentes materiais, identificados nesse estudo e/ou outros de relevância, e as estratégias da empresa com relação à sua atuação no mercado.

### → 2º FILTRO: ANÁLISE DOS REQUISITOS TÉCNICOS E REGULAMENTAÇÕES

9) Uma vez selecionada a gama de materiais a ser utilizada, verificar se atendem aos requisitos de inflamabilidade, de cálculo estrutural (mais ligado a projeto do componente / peça), e aos de segurança de cabine. Recorrer à realização de ensaios e/ou simulações para certificar o atendimento aos requisitos.

10) Verificar se os materiais atendem aos requisitos de utilização / aplicação. Recorrer a ensaios específicos, se necessário (resistência à abrasão, à degradação por UV, etc.).

11) Verificar se os materiais / projeto atendem aos requisitos de fabricabilidade do componente / peça (viabilidade técnico-econômica) e aos requisitos de peso. Recorrer a ensaios específicos, se necessário.

### → 3º FILTRO: ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS DE MATERIAIS

12) Verificar se os custos dos materiais estão abaixo do limite de gastos definido para o projeto ou programa em questão.

13) Utilizar a técnica de engenharia de valor / análise de valor como ferramenta chave de auxílio à redução de custo e/ou obtenção da característica (e, conseqüentemente, do material e processo de fabricação) desejada para determinada peça / componente.

14) Analisar as alternativas viáveis de materiais e processos que se sobressaíram até essa etapa.

**→ 4ª FASE (FINAL): SELEÇÃO DE MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO A SEREM UTILIZADOS**

15) Construir maquetes ou protótipos para validação final da aplicabilidade dos materiais e processos selecionados.

O processo de prospecção e seleção de materiais para interiores de aeronaves executivas deve inicialmente considerar o universo relativamente amplo de possibilidades de materiais com potencial de serem empregados, tendo-se como objetivo primordial o atendimento às necessidades e aos anseios do cliente (1º Filtro).

Numa etapa posterior, o processo deve passar pelo crivo dos “Requisitos Técnicos e das Regulamentações”, os quais qualquer material deve satisfazer para que seja utilizado no interior de uma aeronave. Trata-se de um segundo filtro no processo, um segundo limitador da gama de materiais sendo considerada.

No terceiro filtro, apenas os materiais e respectivos processos de fabricação que forem considerados técnica e economicamente viáveis serão selecionados. Trata-se do crivo “Tecnologias Viáveis de Materiais”, que resultará na decisão final de quais materiais e processos serão empregados na fabricação do interior da aeronave considerada.

É importante destacar que a viabilidade técnico-econômica não se resume apenas a uma análise de custos e requisitos versus orçamento

disponível, mas também pode e deve considerar aspectos mais estratégicos da empresa em relação à sua atuação e posicionamento no mercado, fornecimento do material, etc.

Como é possível notar, a metodologia sugerida envolve diversas áreas funcionais, devendo-se distribuir entre elas as etapas do processo, conforme seu foco de atuação. Por conta do caráter multidisciplinar do processo de prospecção e seleção de materiais para uso em interiores de aeronaves executivas, destaca-se a grande importância de ocorrer integração das áreas durante todas as etapas, como fator essencial e decisivo no sucesso do resultado final (materiais e processos utilizados).

A seqüência de realização das etapas segue um fluxo de informações que se inicia na caracterização do cliente, passando pela transformação dos anseios e necessidades deste em conceito de produto, e chegando até a concepção e desenvolvimento de produto com metas de custos e de requisitos técnicos definidas. A alteração na ordem das etapas pode ocorrer contanto que sejam garantidos os atendimentos mandatórios (cliente, regulamentação e metas de custos).

Para os casos em que existem várias possibilidades de utilização de materiais (como, por exemplo, no caso de revestimentos de mobiliários), recomenda-se a utilização dos métodos quantitativos propostos por Farag [48], como subsídio para a escolha do material que melhor atenda às necessidades envolvidas. Nesse sentido, considerando revestimentos de mobiliários, características ou propriedades relacionadas à estética e ao conforto, mais especificamente ao isolamento térmico (como condutividade térmica, etc.) e ao isolamento de ruído e vibração (coeficiente de perda), teriam fator de peso relativamente maior que outras, como custo, resistência estrutural, etc. Cabe destacar que o desdobramento das características e propriedades dos materiais em índices de desempenho também poderia contribuir para melhor embasar o processo de seleção de materiais [45].

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, as principais conclusões do presente trabalho foram as seguintes:

- Os materiais de acabamento são críticos na utilização em mobiliários de aeronaves executivas, uma vez que devem atender a requisitos técnicos, tais como resistência à abrasão, à degradação química, etc., regulamentações de segurança, como inflamabilidade, combinados com requisitos não-técnicos que incluem sensações visuais e táteis, de caráter muitas vezes subjetivo.
- Dentre os fatores de grande impacto na utilização atual e no médio prazo de materiais em interiores de aeronaves executivas, podem ser destacados:
  - ✓ Existência de forças motrizes tecnológicas de maior influência no setor de aviação executiva: redução da poluição do ar (emissão de CO<sub>2</sub> / passageiro), alcance ou autonomia de vôo, redução de peso, segurança aeronáutica, personalização, conforto, estética, similaridade do interior com ambientes amigáveis (carros, casas, escritórios, etc.), reciclabilidade, simplicidade de utilização e eficiência de custo. De um modo geral, as forças motrizes identificadas no presente estudo se mostram em sua maioria similares às verificadas em estudos prospectivos existentes para o setor automobilístico [20, 54] e para o setor aeronáutico [64], sendo que forças motrizes como personalização, similaridade do interior com ambientes amigáveis, simplicidade de utilização e outras são peculiares ao segmento da aviação executiva.
  - ✓ Existência de diversos segmentos de mercado e, conseqüentemente, clientes com conceitos de valor e percepções peculiares (conforme o segmento e nacionalidade / cultura dos clientes), o que impacta na utilização de materiais.

- ✓ Fatores como tempo de voo e duração e intensidade de interação do passageiro com os diferentes componentes do interior.
  - ✓ Necessidade de atender a requisitos de várias áreas funcionais (projeto, engenharia de materiais, engenharia de peso, etc.), bem como de regulamentações de agências de segurança (FAA, EASA e ANAC).
  - ✓ Tendências relacionadas aos clientes (alterações culturais, de gerações, etc.); relacionadas a legislações e/ou órgãos de regulamentação (proibição de determinados materiais, etc.); relacionadas aos fabricantes (mudanças de tecnologias, escassez ou substituição de materiais, etc.).
  - ✓ Existência de materiais chave no atendimento às exigências do cliente e da engenharia (vernizes, veneer, tintas, dentre outros); surgimento e adoção de materiais / tecnologias promissores, como o processo impressão por transferência em água, materiais inteligentes, nanomateriais e materiais ambientalmente corretos.
- Há grande distância no número de patentes entre as empresas atuantes no setor de aviação executiva, no que se refere a números de registros de patentes. Também foi constatada uma quantidade relativamente baixa de patentes relacionadas a tecnologias de interiores de aeronaves, podendo esse fato ser um indicador de oportunidades de P&D nessa área, como diferencial competitivo para as empresas. Na pesquisa de patentes relacionadas a acabamentos para interiores de aeronaves, despontaram-se como titulares de patentes empresas que atuam destacadamente nos processos / tecnologias impressão por transferência em água, materiais compostos, plásticos de engenharia, nanomateriais e nanotecnologias, coberturas (“coatings”), filmes poliméricos e fibras têxteis. Empresas não necessariamente ligadas ao ramo da aviação executiva (fabricantes de aeronaves ou interiores) podem deter tecnologias de interesse de uso nesse ramo,

especialmente relacionadas a interiores (mobiários e acabamentos) de aeronaves.

- O estudo de caso permitiu verificar que a etapa de seleção de material / processo não é trivial e depende de diferentes tipos de características, bem como do peso ou relevância que cada característica tem para quem utilizará a aeronave, e também para efeito de regulamentação aeronáutica. Também foi evidenciada a presença de aspectos técnicos e não-técnicos, inclusive subjetivos que devem ser considerados na seleção de materiais para interiores de aeronaves executivas, o que extrapola a abordagem tradicional das relações entre estrutura, propriedades, processamento e aplicações da engenharia de materiais.
- Os resultados permitiram propor uma metodologia de prospecção e seleção de materiais para uso em interiores de aeronaves executivas composta por três etapas de filtros: cliente, requisitos técnicos e regulamentações, e tecnologias viáveis de materiais. A utilização de técnicas e ferramentas de auxílio à análise de características e funções / custos (métodos quantitativos elaborados por Farag, índices de desempenho e o método engenharia e análise de valor) podem complementar e enriquecer a metodologia e possibilitar uma melhor fundamentação para a escolha final de materiais e processos. Embora não tenha sido testada em condições diferentes das do estudo de caso de acabamentos focalizado, a metodologia proposta pode ser eventualmente útil para materiais de interiores de aeronaves executivas de modo geral, eventualmente com adaptações para levar em conta as circunstâncias específicas.
- Como tecnologias chave e promissoras, na área de materiais e em interiores de aeronaves executivas, a serem adotadas no curto e médio prazos, destaca-se o emprego daquelas que satisfazem às forças motrizes tecnológicas do setor de aviação executiva. Tintas e vernizes à base d'água; o processo impressão por transferência em água; a

utilização de materiais recicláveis, de baixo peso, de alta relação resistência/peso, isentos de componentes tóxicos, e que propiciam, ainda assim, satisfação em estética e conforto, são alguns exemplos de tecnologias cuja adoção é recomendada.

- No que concerne à aquisição e fornecimento de materiais ou peças para interiores de aeronaves, a grande maioria não é nacional e provém de um número de fornecedores relativamente pequeno, quando não de intermediários. Por essa razão, recomenda-se o desenvolvimento de novos fornecedores, preferencialmente nacionais, e a implementação e execução de planos de capacitação dos mesmos para atendimento aos requisitos da indústria aeronáutica e, em especial, da aviação executiva. Com isso, as empresas brasileiras poderão beneficiar-se de uma maior flexibilidade e menor tempo de resposta com relação a questões de demandas, especialmente para materiais como painel sanduíche, materiais naturais (veneer e couro), vernizes e tintas, dentre outros. Adicionalmente, recomenda-se a constituição de parcerias com as empresas de destaque em titularidade de patentes.
  
- Como as principais tendências de utilização de materiais / tecnologias em interiores de aeronaves executivas são ditadas, majoritariamente, pelos clientes, pelas legislações e/ou órgãos de regulamentação aeronáutica e pelos próprios fabricantes (tecnologias disponíveis), recomenda-se o monitoramento dessas três frentes, como estratégia de antecipação e inovação nos materiais e suas tecnologias a serem empregados no futuro.

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, foram vislumbradas as seguintes oportunidades para serem exploradas como futuros trabalhos:

- Pesquisar a construção de um mapa tecnológico que contemple as perspectivas de utilização de materiais para interiores de aeronaves (sejam executivas ou comerciais) em determinados períodos de tempo no futuro (por exemplo, em 5, 10, 15 e 20 anos).
- Realizar estudo prospectivo e de inteligência que considere o impacto das principais mudanças mundiais identificadas ou previstas para o futuro em estudos (por exemplo, da ONU, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, dentre outros estudos relevantes), no ramo da aviação (executiva ou comercial) e nos materiais e tecnologias a serem utilizados nas futuras aeronaves.
- Realizar estudos de caso para outros materiais que não os de acabamento, por exemplo, os materiais estruturais, como materiais compostos e termoplásticos, as resinas utilizadas, dentre outros, com o emprego e aperfeiçoamento da metodologia de prospecção e seleção de materiais proposta.



## 8 REFERÊNCIAS

- [1] BOEING. **Current market outlook 2009**. Disponível em:  
<[http://www.boeing.com/commercial/cmo/pdf/Boeing\\_Current\\_Market\\_Outlook\\_2009\\_to\\_2028.pdf](http://www.boeing.com/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2009_to_2028.pdf)>. Acesso em 11/06/2009.
- [2] BOMBARDIER. **Bombardier business aircraft market forecast 2009 - 2018**. Disponível em  
<[http://www.bombardier.com/files/en/supporting\\_docs/BBA\\_2009\\_Market\\_Forecast.pdf](http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BBA_2009_Market_Forecast.pdf)>. Acesso em 19/06/2009.
- [3] BUSHNELL, D.M. **Industrial design in aerospace/role of aesthetics**. NASA Langley Research Center, TM-2006-214498, August, 2006.
- [4] CAMACHO, K. **Número de helicópteros em uso no Brasil cresce 160%**. Folha Online, São Paulo, 23 jul. 2008. Dinheiro. Disponível em  
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u425445.shtml>>. Acesso em 13/10/2008.
- [5] NBAA. **Business aircraft**. Disponível em <<http://www.nbaa.org/business-aviation/aircraft/>>. Acesso em 11/01/09.
- [6] EMBRAER. **Categorização**. Disponibilizado ao pesquisador em 18/01/2009.
- [7] RICARDO, V. P. **Entendendo o mercado de aviação executiva**. Embraer, disponibilizado ao pesquisador em 18/01/2009.
- [8] MENEZES, P. R. L. **A aviação executiva: estudo das utilizações estratégicas de um serviço**. Dissertação de Mestrado, p. 64, UFRGS, Porto Alegre, RS, 21/12/2004.

- [9] COMMITTEE ON FIRE AND SMOKE RESISTANT MATERIALS FOR COMMERCIAL AIRCRAFT INTERIORS; COMMISSION ON ENGINEERING AND TECHNICAL SYSTEMS; NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Fire- and smoke-resistant interior materials for commercial transport aircraft**. National Materials Advisory Board report NMAB-477-1, National Academy Press, Washington, D.C., 1995
- [10] LYON, R.E. **Fire-resistant materials: research overview**. Federal Aviation Administration, DOT/FAA/AR-97-99, December 1997.
- [11] MOURITZ, A.P. **Fire safety of advanced composites for aircraft**. Australian Transport Safety Bureau, Research and Analysis Report, Aviation Safety Research Grant – B2004/0046, April 2006.
- [12] BLACK, S. **Advanced materials for aircraft interiors**. CompositesWorld. Disponível em <<http://www.compositesworld.com/articles/advanced-materials-for-aircraft-interiors.aspx>>. Acesso em 08/03/2008.
- [13] HEXCEL. **HexWeb™ honeycomb attributes and properties**. Disponível em <<http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/599A3453-316D-46D6-9AEE-C337D8B547CA/0/HexwebAttributesandProperties.pdf>>. Acesso em 18/11/2008.
- [14] AEROSTRATEGY. **Material wealth – the growing use of composites is ending the 80-year reign of metallic aircraft**. September, 2006. Disponível em <[http://www.aerostategy.com/downloads/commentaries/commentary\\_oct06.pdf](http://www.aerostategy.com/downloads/commentaries/commentary_oct06.pdf)>. Acesso em 13/11/2007.
- [15] DIPS-N-PIECES. **The printing process**. Disponível em <[http://www.dips-n-pieces.de/index.php?printing\\_process](http://www.dips-n-pieces.de/index.php?printing_process)>. Acesso em 16/03/2009.

- [16] TAICA. **What's cubic printing**. Disponível em <<http://www.taica.co.jp/cubic-english/cubicprinting/index.html>>. Acesso em 16/03/2009.
- [17] YHT WATER TRANSFER PRINTING COMPANY. **Process**. Disponível em <<http://www.yht.com.tw/pro.htm>>. Acesso em 16/03/2009.
- [18] OKW. **Water transfer printing**. Disponível em <[http://www2.okw.com/okw/pdfs/e/OKW\\_water\\_transfer.pdf](http://www2.okw.com/okw/pdfs/e/OKW_water_transfer.pdf)>. Acesso em 16/03/2009.
- [19] DALTEK. **Hydrographics is a unique solution for your demanding decorative needs**. Disponível em <<http://www.daltekinc.com/hydrographics.html>>. Acesso em 16/03/2009.
- [20] SUTTER, U.; LOEFFLER, J.; BIDMON, M.; VALADON, H.; EBNER, R. **Roadmap report concerning the use of nanomaterials in the automotive sector**. NanoRoad SME, Nanomaterial Roadmap 2015, March 2006. Disponível em <[http://www.nanoroad.net/download/roadmap\\_ai.pdf](http://www.nanoroad.net/download/roadmap_ai.pdf)>. Acesso em 16/10/2008.
- [21] MONNER, HP; WIERACH, P. **Overview of smart-structures technology at the German Aerospace Center**. German Aerospace Center (DLR), Institute of composite structures and adaptive systems, 2005. Disponível em <[www.dlr.de/fa/Portaldata/17/Resources/dokumente/publikationen/2005/16\\_monner.pdf](http://www.dlr.de/fa/Portaldata/17/Resources/dokumente/publikationen/2005/16_monner.pdf)>. Acesso em 17/03/2009.
- [22] LAM, C.H.; LAW, K.F.; LEE, Y.M; CHAN, H.L.; TSUI, W.K.; TAN, K.K., **Smart material in aerospace industry**. The University of Adelaide, School of Mechanical Engineering. Austrália, Outubro, 2007. Disponível

em

<<http://www.mecheng.adelaide.edu.au/~marjom01/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2007/Group%204.pdf>>. Acesso em 12/01/2009.

[23] PARK, R. **Rapid manufacturing today**. The TCT Magazine, TCT Conference Programme. Disponível em <[http://www.rm-platform.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=129](http://www.rm-platform.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=129)>. Acesso em 22/03/2009.

[24] NICHITA, G. G. **An review about rapid manufacturing**. Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume VI (XVI), 2007. Disponível em <[http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2007/TCM\\_files/Nichita\\_Gabriela\\_Georgeta\\_2.pdf](http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2007/TCM_files/Nichita_Gabriela_Georgeta_2.pdf)>. Acesso em 22/03/2009.

[25] PHOENIX, C. **Molecular manufacturing: what, why and how**. Center for Responsible Nanotechnology, May 2005. Disponível em <<http://www.crnano.org/Paper%20-%20MMWhatWhyandHow.pdf>>. Acesso em 22/03/2009.

[26] AVIATION WEEK. **Big three auto CEOs attacked for bizjet use**. Disponível em <[http://www.aviationweek.com/aw/generic/story\\_channel.jsp?channel=busav&id=news/PERK11248.xml](http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_channel.jsp?channel=busav&id=news/PERK11248.xml)>. Acesso em 07/03/2009.

[27] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Inventory of greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2006**. April 15, 2008.

[28] ESLER, D. **The greening of business aviation**. Aviation Week, June 2, 2008. Disponível em <[http://www.aviationweek.com/aw/generic/story\\_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0508p1.xml](http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0508p1.xml)>. Acesso em 08/10/2008.

- [29] ESLER, D. **The greening of business aviation, Part II.** Aviation Week, Jun 24, 2008. Disponível em <[http://www.aviationweek.com/aw/generic/story\\_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0608p1.xml](http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0608p1.xml)>. Acesso em 08/10/2008.
- [30] ESLER, D. **The greening of business aviation, Part III.** Aviation Week, Jul 22, 2008. Disponível em <[http://www.aviationweek.com/aw/generic/story\\_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0708p1.xml](http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=bca&id=news/bca0708p1.xml)>. Acesso em 08/10/2008.
- [31] KUHN, M. **Bombardier predicts biofuels in business jets before commercial aircraft.** Flightglobal, Dec. 10, 2008. Disponível em <<http://www.flightglobal.com/articles/2008/12/10/319986/bombardier-predicts-biofuels-in-business-jets-before-commercial.html>>. Acesso em 02/04/2009.
- [32] FAA. Disponível em <<http://www.faa.gov/>>. Acesso em 02/10/2007.
- [33] ANAC. Disponível em <<http://www.anac.gov.br/>>. Acesso em 02/10/2007.
- [34] EASA. Disponível em <[http://www.easa.eu.int/ws\\_prod/index.html](http://www.easa.eu.int/ws_prod/index.html)>. Acesso em 02/10/2007.
- [35] LYON, R.E.; JANSSENS, M.L. **Polymer flammability.** Relatório da FAA nº DOT/FAA/AR-05/14, Maio, 2005, 10.
- [36] McLEAN, B.; GLICKSBERG, S.; COULLIARD, K. **Qualification and certification of a new aerospace material with FAA fire property requirements.** SAMPE Journal, vol. 40, pp. 6-12, (Sept./Oct.) 2004.
- [37] EUROCONTROL and IFATCA. **A collaborative approach to the future.** 2008. Disponível em

<[http://www.eurocontrol.int/epr/gallery/content/public/docs/EUROCONTROL\\_08.pdf](http://www.eurocontrol.int/epr/gallery/content/public/docs/EUROCONTROL_08.pdf)>. Acesso em 08/04/2009.

[38] SARFIELD, K. **Will the emergence of VLJs as air taxis transform air travel?** Flightglobal. Disponível em

<<http://www.flightglobal.com/articles/2008/05/12/223625/will-the-emergence-of-vljs-as-air-taxis-transform-air-travel.html>>. Acesso em 08/10/2008.

[39] ENTREVISTAS com especialistas da área de engenharia de materiais que atuam na indústria de aviação. 2008. .

[40] MEDINA, H. V. **Reciclagem de materiais: tendências tecnológicas de um novo setor.** Disponível em

<<http://www.cetem.gov.br/tendencias/livro/PARTE%203%20QUEST%20D5ES%20SIST%20CAMICAS/CAP%203%20RECICLAGEM%20DE%20MATERIAIS%20FINALIZADO.pdf>>. Acesso em 08/04/2009.

[41] AIRBUS. **Airbus to protect the environment in the recycling of old airliners.** Disponível em

<[http://www.airbus.com/en/corporate/ethics/environment/articles/Environment\\_PAMELA.html](http://www.airbus.com/en/corporate/ethics/environment/articles/Environment_PAMELA.html)>. Acesso em 08/04/2009.

[42] AIRCRAFT FLEET RECYCLING ASSOCIATION. Disponível em <<http://www.afraassociation.org/>>. Acesso em 08/04/2009.

[43] HEXCEL. **HexWeb™ honeycomb sandwich design technology.**

Disponível em <[http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/80127A98-7DF2-4D06-A7B3-7EFF685966D2/0/7586\\_HexWeb\\_Sand\\_Design.pdf](http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/80127A98-7DF2-4D06-A7B3-7EFF685966D2/0/7586_HexWeb_Sand_Design.pdf)>. Acesso em 18/11/2008.

- [44] HEXCEL. **Sandwich panel fabrication technology**. Disponível em <[http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/B4574C2C-0644-43AC-96E2-CC15967A4B05/0/4547\\_Sandwich\\_Fabrication.pdf](http://www.hexcel.com/NR/rdonlyres/B4574C2C-0644-43AC-96E2-CC15967A4B05/0/4547_Sandwich_Fabrication.pdf)>. Acesso em 18/11/2008.
- [45] ASHBY, M.F. **Materials selection in mechanical design**. 2ª Edição, pp. 65 a 83, 1999.
- [46] DIETER, G.E. **Overview of the materials selection process, materials selection and design**. ASM Handbook, v. 20, 1997.
- [47] DIXON, J.R.; POLI, C. **Engineering design and design for manufacturing**. Field Stone Publishers, 1995.
- [48] FARAG, M. M. **Quantitative methods of materials substitution: application to automotive components**. Materials and Design 29, 374-380, 2008.
- [49] SAVE INTERNATIONAL. **Value standard and body of knowledge**. Value Standard, 2007 edition.
- [50] OHMAE, K. **The mind of strategist: the art of japanese business**. McGraw-Hill, U.S., May 1982.
- [51] BRYANT, J.M. **VM Standard**. Society of American Value Engineers, Oct. 1998.
- [52] LUIS, S.; ROZENFELD, H. **Análise de valores**. Disponível em <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec\\_analise\\_de\\_valores.htm](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec_analise_de_valores.htm)>. Acesso em 27/02/2008.

- [53] MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making.** McGraw-Hill, 462p., 1993.
- [54] MEYER, J. V. **Prospective study on auto interiors: product evolution, materials and technologies for the next car generation.** INTELI, Jun. 2003.
- [55] FLEISCHER, C. S.; BENSOUSSAN, B. E. **Strategic and competitive analysis: methods and techniques for analyzing business competition.** Prentice Hall, 457p., 2003.
- [56] GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. **Fundamentals of technology roadmapping.** Disponível em:  
<<http://www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia'sFundamentalsofTech.pdf> >.  
Acesso em 02/10/2007.
- [57] MILLETT, S.; HONTON, E..J. **A manager's guide to technology forecasting and strategy analysis methods.** Battelle Press, 99p., 1991.
- [58] THOMAS, S.; DAWE , R. A. **Review of ways to transport natural gas energy from countries which do not need the gas for domestic use.** Energy, v. 28, p. 1461–1477, 2003. Disponível em:  
<<http://www.elsevier.com/locate/energy> >. Acesso em 02/10/2007.
- [59] BALAGUER, D.L.; SILVA, R.C.; BRITO, M.A.; ALVES, H.A. **Technological prospective as a driver for innovation in high-complexity products.** The Annual Conference of the World Future Society, 2007.
- [60] JOHNSTON, R. **The state and contribution of international foresight: new challenges.** The Role of Foresight in the Selection of Research Policy Priorities (Conference Papers), p. 59-74. Seville, 13-14 May, 2002.

- [61] REGER, G. **Technology foresight in companies: from an indicator to a network and process perspective**. *Technology & Strategic Management*, v. 13, n. 4, 2001.
- [62] HORTON, A. **A simple guide to successful foresight**. *Foresight*, v. 1, n. 1, p. 5-9, 1999.
- [63] GALVIN, R. **Science roadmaps**, *Science*, vol. 280, 8 May 1998
- [64] INDUSTRY CANADA. **Canadian aircraft design, manufacturing and repair & overhaul technology road map**. Disponível em <<http://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/eng/ad03117.html>>. Acesso em 22/10/2007.
- [65] FULD, L. M. **The new competitor intelligence: the complete resource for finding, analyzing, and using information about your competitors**. New York: John Wiley & Sons, Inc. p. 23 – 27, 1994.
- [66] GARCIA, T. D. **Seminário de inteligência competitiva: informação e conhecimento**. México: Innestec. p. 21, 1997.
- [67] SILVA, F. A. C.; ESPÍNOLA, M. J. C.; VILAR, R. M. **Gestão do conhecimento e inteligência competitiva: desafios para as organizações produtivas**. *Inf. & Soc.: Est., João Pessoa*, v.16, n.1, p.119-131, jan./jun. 2006.
- [68] CANONGIA, C. et. al. **Foresight, inteligência competitiva e gestão do conhecimento: instrumentos para a gestão da inovação**. *Gestão e Produção*, v.11, n.2, p.231-238, mai./ago. 2004.

- [69] PORTER, M. E. **Estratégia competitiva. Técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** 7 ed., Rio de Janeiro, Elsevier & Campus, p. 23, 1986.
- [70] VANSTON, J. H. **Better forecasts, better plans, better results.** Research Technology Management, 46, 1; ABI/INFORM Global pg. 47, Jan/Feb 2003.
- [71] HONEYWELL. **Our history.** Disponível em <<http://www51.honeywell.com/sm/about-us/history.html>>. Acesso em 29/03/2009.