



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

Luiz Guilherme de Oliveira

**A Cadeia de Produção Aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os
fornecedores da Embraer.**

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em Política
Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Bernardes

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2005

© by Luiz Guilherme de Oliveira, 2005

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências/UNICAMP

Oliveira, Luiz Guilherme de
A cadeia de produção aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores da Embraer / Luiz Guilherme de Oliveira.-- Campinas,SP.: [s.n.], 2005.

Orientador: Roberto Bernardes.
Tese de doutorado Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Indústria aeronáutica-Brasil. 2. Política industrial-Brasil. I.
Bernardes, Roberto II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em inglês: Aeronautic Productive Chain in Brazil: an analyses of Embraer's Suppliers

Keywords: Manufacturing of Aircrafts, Embraer's suppliers, productive organization

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica

Banca examinadora: Roberto Bernardes;

Anita Kon;

Carlos Pacheco;

Renato Dagnino;

André Tosi Furtado

Data da defesa: 29/08/2005



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

AUTOR: LUIZ GUILHERME DE OLIVEIRA

**A Cadeia de Produção Aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os
fornecedores da Embraer.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Bernardes

Aprovada em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Roberto Bernardes _____ - **Presidente**

Profa. Dra Anita Kon _____

Prof. Dr. Carlos Pacheco _____

Prof. Dr. Renato Dagnino _____

Prof. Dr. André Tosi Furtado _____

Campinas, 29 de agosto de 2005

Para Susan

Agradecimentos

A fase de agradecimentos sem duvida é a mais gratificante de todas. Ela permite uma rara oportunidade de olhar para trás e observar as fases de elaboração deste trabalho de forma mais branda, mais suave, sem a necessidade do imediatismo dos resultados.

Pelo princípio. Devo agradecer ao meu amigo e orientador Roberto Bernardes. Ele proporcionou a chance de observar a dinâmica tecnológica do setor com uma clareza única e atenta aos pontos críticos sobre o desenvolvimento tecnológico no Brasil.

Não posso deixar de agradecer à Profa. Anita Kon, minha vivência com a Anita e com o grupo de Economia Industrial, Tecnologia e Trabalho proporcionou reflexões profundas sobre aspectos importantes deste trabalho.

Também foram muito importantes os comentários dos Profs. André Furtado e Carlos Pacheco durante o processo de qualificação. Suas observações colaboraram bastante ao destacar pontos deixados para trás.

Agradecimento especial ao Prof. Renato Dagnino, seu olhar crítico e lúcido sobre o cenário de C, T e I na América Latina e, em especial, sobre o setor aeronáutico no Brasil se mostrou importante referencial para este trabalho.

À Profa. Leda Gitahy por acreditar que a abordagem multidisciplinar é possível.

Gostaria também de agradecer ao Prof. Ruy Quadros. Seus comentários sempre foram centrados em focos estratégicos do trabalho.

Aos professores do departamento, pela capacidade de estimular os estudos sobre a Ciência, Tecnologia e Inovação de forma saudável e coerente.

Ao amigo e Prof. Airton Eiras. A oportunidade da elaboração e da apresentação do texto em Cambridge (UK), durante o *Congresso Economics for the Future*, possibilitou a chance de apresentar alguns instrumentais interessantes para a mensuração de aglomerações de indústrias de alta intensidade tecnológica. Também preciso agradecer seu apoio nos momentos mais críticos de elaboração e credenciamento deste trabalho.

Não há como não agradecer a todas as pessoas do departamento e, com especial carinho, agradecer à Val pela paciência em tolerar minha inaptidão em lidar com coisas burocráticas e menos interessantes, mas nem por isso menos importantes.

Por fim, ao DPCT, pois me deu a oportunidade de contato com pessoas de várias formações. Permitiu o olhar mais criterioso, e afastado de preconceitos “religiosos”, sobre o que é tecnologia. Oportunidade como esta é um fato raro que não pode ser desqualificado.

À minha família

Sou obrigado a agradecer a todos. Tentando manter um critério metodológico mínimo, vou seguir uma ordem cronológica de agradecimentos. À Susan pelo amor, paciência e dedicação. À minha mãe, por sempre achar possível. Ao Sergio pelo apoio, imprescindível em momentos decisivos. À Ana, por sempre compreender as dificuldades do trabalho acadêmico. Mas, gostaria de agradecer de maneira muito especial ao Marcos...uma ótima redescoberta para mim.

À Campinas

Muitas pessoas vão sendo somadas em nossas vidas. A fase da minha vida em Campinas possibilitou contato com pessoas ótimas e inesquecíveis. Um especial agradecimento à Alessandra, Roberta, Luiz, Marcelo, Flavia, Guilherme, Willian (e ótimas partidas de xadrez), Adriana, Guta...enfim todos aqueles que cruzaram e participaram de alguma forma desta trajetória.

Algumas pessoas no entanto exigem uma seção separada. Ao grande amigo Eder, sempre presente em momentos importantes. À Maria Cecília, nossa experiência em Campinas permitiu constatar que a vida acadêmica nem sempre é tão sisuda. À Rosane Marques que auxiliou e dividiu a

experiência na pesquisa de campo. À Ionara Costa, nossos debates sempre acalorados permitiram muitos esclarecimentos e sanaram, algumas vezes, dúvidas pertinentes. Ao Jorge Carreta, que permitiu a compreensão sobre o “ethos da ciência”. À Alair, por suportar algumas angustias durante a elaboração deste trabalho. À Ester Dal Poz, cujo estímulo intelectual auxiliou bastante algumas premissas teóricas fortes deste trabalho (além de sempre ter sido uma amiga presente em momentos difíceis).

A Brasília.

A mudança de minha vida para Brasília modificou de forma definitiva algumas percepções sobre o ato de pensar e fazer política. Esta experiência permitiu um aprendizado que deve ser, ao menos, sugerido para as pessoas que almejam pensar um país mais coerente e desenvolvido. Entretanto, esta experiência também proporcionou contatos interessantes do ponto de vista pessoal. Posso dizer que no computo geral o resultado é positivo. De todas as pessoas que tive contato um agradecimento especial ao amigo Paulo Britto, que possibilitou e estimulou a corrida final deste trabalho. Por fim, mas não menos importante, devo agradecer a Confederação Nacional da Indústria (CNI) que me deu a oportunidade de pensar Ciência, Tecnologia e Inovação sob um olhar de quem faz política tecnológica de fato e, em especial, ao Maurício Mendonça que com o tempo tornou-se uma referência importante para mim, alguém que admiro e respeito.

A todos

Obrigado!

“A Rainha recostou-a numa árvore e disse gentilmente: - Você pode descansar um pouco agora. Alice olhou em volta de si muito surpreendida. – Ora essa, acho que ficamos sob essa árvore o tempo todo! Está tudo igualzinho!

- Claro que está – disse a rainha. – O que você esperava?

- Em nossa terra explicou Alice, ainda arfando um pouco - geralmente se chega noutra lugar, quando se corre muito depressa e durante muito tempo, como fizemos agora.

- Que terra mais vagarosa! – comentou a Rainha. – Pois bem, aqui, veja, tem de se correr o mais depressa que se puder, quando se quer ficar no mesmo lugar. Se você quiser ir a um lugar diferente, tem de correr pelo menos duas vezes mais rápido do que agora.”

(Lewis Carrol - Através do espelho e o que Alice encontrou lá)

“Felizes são aqueles que vivem sob a disciplina que aceitam sem questionar, que obedecem livremente a ordens de líderes, espirituais ou temporais, cuja palavra é plenamente tomada como lei inviolável; ou aqueles que chegaram, pelos seus próprios métodos, a convicções claras e inabaláveis sobre o que fazer e o que ser, convicções que não admitem qualquer dúvida. Só posso dizer que aqueles que descansam nessas camas tão confortáveis dos dogmas são vítimas de uma miopia auto-induzida, viseira que talvez contribua para a satisfação, mas não para a compreensão do que é ser humano.”

(Isaiah Berlin, A busca do ideal)

Índice

Índice de Siglas	xiii
Índice de Tabelas	xv
Índice de Ilustração	xvi
Índice de Quadros	xvii
Índice de Gráficos	xviii
Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Capítulo 1 – Evolucionismo e a capacitação tecnológica em economias de industrialização recente	11
Introdução	12
1.1 - Evolucionismo: incremental ou ruptura	13
1.2 - Inovações de Processo, Inovações de Produto. A trajetória da firma	16
1.2.1 – Inovações de Processo, Inovações de Produto	16
1.2.2 – A trajetória da firma	17
1.3 - Produção Complexa	22
1.4 - A estrutura e a formação do ambiente sistêmico	23
1.5 - O aprendizado em países de industrialização tardia	24
1.6 - O evolucionismo e a construção de um ambiente	28
Capítulo 2 – A Nova Arquitetura da cadeia Produtiva Global, Dinâmica de Mercado e as Principais Empresas Integradoras de Aeronaves	31
Introdução	32
2.1 – O Contexto internacional	32
2.1.1 – O mercado mundial de commuters	35
2.2 - Configuração internacional do setor	37
2.2.1 – Exemplos de dificuldades na integração de aeronaves	49
2.3 – Fornecedores de sistemas	50
2.3.1 - Sistema de Propulsão	50
2.3.2 - Os sistemas aeronáuticos	53

2.3.3 – Aeroestruturas	55
2.4 – A Certificação	57
2.5 - Inserção internacional	57
2.6 - Conclusões	59
Capítulo 3 - A Trajetória de Constituição do Setor Aeronáutico no Brasil	69
Introdução	70
3.1 - O Centro de Tecnologia Aeroespacial	70
3.2 - As capacitações e a rede CTA	71
3.3 – A trajetória e aprendizado na indústria de aviões <i>Commuters</i> no Brasil: o caso da Embraer	75
3.3.1 - A formação de uma indústria	79
3.3.2 - A evolução da Cadeia Produtiva da Embraer	81
3.4 – A Certificação Aeronáutica Civil	99
3.4.1 - A rotina para certificação e o caso do Embraer 170	100
3.5 – A Gestão de projetos: o modelo 170	102
3.5.1 - A gestão integrada do projeto no programa 170	105
3.5.2 - Gênese e Seleção de Informações para o projeto do programa 170	111
3.4 – Conclusões	114
Capítulo 4 - Níveis de capacitação tecnológica dos fornecedores locais da Embraer	117
Introdução	118
4.1 - Os fornecedores de aeroestruturas, sistemas e motores	118
4.4.1 - Alguns aspectos da cadeia de fornecedores	118
4.2 – Capacitação	127
4.3 - Níveis de capacitação	129
4.3.1 - Nível básico (a)	130
4.3.2 - Nível intermediário (b)	133
4.3.4 - Nível avançado (c)	136
4.4 - As empresas pesquisadas	138
4.4.1 - Classificação das empresas nas matrizes de capacitação	139
4.5 - Conclusões	141

Capítulo 5 - Políticas Tecnológicas para o Setor Aeronáutico no Brasil	145
Introdução	146
5.1 - Políticas Públicas Tecnológicas (PPT)	146
5.1.1 - A construção de um marco regulatório para Ciência, Tecnologia e Inovação	147
5.1.2 - Incentivos fiscais à Ciência, Tecnologia e Inovação	151
5.1.3 - Agências de fomento	153
5.2 - A cadeia aeronáutica brasileira e a utilização das PPTs	154
5.3 - Conclusões	157
6 - Conclusões	159
Referencial bibliográfico	169
Anexo 1	183
Anexo 2	225

Índice de Siglas

IAB - Indústria Aeronáutica Brasileira
CTA - O Centro de Tecnologia Aeroespacial
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Maer - Ministério da Aeronáutica
IPP - Institutos de Pesquisa Pública
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LNLS - Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
IFI - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial.
IEAv – Instituto de Estudos Avançados
CRV - Centro e Realidade Virtual
FAA - Federal Aviation Administration/EUA
JAA - Join Aviation Authority/Europa
CoPS - Produtos complexos
BFC - Better, Faster, Cheaper
HFF - Higher, Faster, Farther
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
IPT - integrated product teams
FGS - functional support groups
MI - Mecanismos de Informação
DIP - desenvolvimento integrado de produto
DBT - Design Build Teams
EDI – Eletronic Data Interchange
EBC - engenharia baseados no conhecimento
DPP - Desenvolvimento de Produtos e Processos
DPP-Finep - Diretoria de Pesquisa Privada no Brasil, Finep
CFE - Conselho de Fornecedores da Embraer
PME - Pequenas e Médias Empresas
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento
MMP – Manufatura de Marca Própria
MDP – Manufatura de Desenho Próprio

MEO – Manufatura de Equipamento Original

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Aviões descrição dos modelos _____	35
Tabela 2.2 - Preço: Embraer x Bombardier _____	36
Tabela 2.3 - Evolução da indústria de aeronaves regionais _____	45
Tabela 2.4 - Aeronaves em serviços e em encomenda (2001) – Todas as Classes _____	46
Tabela 2.5 - Agregação de valor na cadeia Aeronáutica _____	48
Tabela 2.6 - Fabricantes de sistema de propulsão _____	51
Tabela 2.7 - Aviões e turbinas _____	53
Tabela 2.8 - Sistemas aeronáuticos utilizados pelas famílias 145, 170 e 728 JET _____	55
Tabela 2.9 - Partes da estrutura utilizada pelas famílias 145, 170 e 728 JET _____	56
Tabela 2.10 - Consórcio HTA – empresas e atividades _____	57
Tabela 3.1 - Evolução na produção dos modelos _____	82
Tabela 4.1 – Níveis de capacitação técnica básica das empresas instaladas no Brasil _____	140
Tabela 4.2 – Níveis de capacitação técnica intermediária das empresas instaladas no Brasil _____	140
Tabela 4.3 – Níveis de capacitação técnica avançada das empresas instaladas no Brasil _____	140
Tabela 5.1 – Recursos Financeiros dos Fundos Setoriais: Orçamento de 2005 _____	150
Tabela 5.2 – Conhecimento da legislação de estímulo fiscal para a atividade tecnológica _____	154
Tabela 5.3 – Fontes de recursos para financiamento das atividades tecnológicas _____	155
Tabela 5.4 – Número de empresas que conhecem as agências públicas para fomento da atividade tecnológica _____	155
Tabela 5.5 – Número de empresas que conhecem as linhas de créditos federal para a atividade tecnológica _____	156
Tabela 5.6 – avaliação das linhas de financiamento público para atividades tecnológicas _____	156

Índice de Ilustração

Ilustração 2.1 - Estrutura atual da cadeia Aeronáutica_____	34
Ilustração 2.2 – Consolidação das integradoras de aeronaves_____	41
Ilustração 3.1 – Plano Smith_____	73
Ilustração 3.2 - CTA (pré-privatização Embraer)_____	74
Ilustração 3.3 - CTA (pós-privatização Embraer)_____	74
Ilustração 3.4 – Evolução da Cadeia Produtiva - Mundo_____	83
Ilustração 3.5 – Tendências na Reorganização da cadeia Produtiva Aeronáutica_____	85
Ilustração 3.6 – Domínios tecnológicos para desenvolvimento do produto_____	85
Ilustração 3.7 – Modelo 145 e seus parceiros de risco (estrutura)_____	91
Ilustração 3.8 – Padrão de Evolução do Ciclo de Negócio - Embraer_____	97
Ilustração 3.9 – Modelo 170 e os parceiros de risco do projeto_____	109
Ilustração 4.1 – Perfil da cadeia de fornecedores _____	119
Ilustração 4.2 – Mapa do Cluster Industrial Aeronáutico do Estado de São Paulo_____	121
Ilustração 4.3– Evolução das atividades dos parceiros e fornecedores de aeroestruturas no Brasil (estrutura)_____	125
Ilustração 4.4 – Descrição das matrizes de capacitação_____	130

Índice de Quadros

Quadro 1.1- Taxonomia Evolucionista_____	14
Quadro 1.2 - Trajetória Evolutiva da Firma_____	18
Quadro 3.1 – Institutos que compõem o CTA_____	75
Quadro 3.2 – Modelos desenvolvidos pela Embraer no período pré-privatização. _____	76
Quadro 3.3 – Modelos produzidos pela Embraer_____	81
Quadro 3.4 – Design - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia._____	89
Quadro 3.5 – Produção - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia._____	93
Quadro 3.6 – Teste de vôo - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia_____	95
Quadro 3.7 - Ferramentas de MI (mecanismos de integração)_____	105
Quadro 3.8 - Parceiros de Risco do Programa 170_____	107
Quadro 4.1 – Níveis de capacitação técnica básica das empresas instaladas no Brasil _____	133
Quadro 4.2 – Níveis de capacitação técnica intermediária das empresas instaladas no Brasil_____	136
Quadro 4.3 – Níveis de capacitação técnica avançada das empresas instaladas no Brasil _____	138
Quadro 5.1 – Fundos Setoriais, objetivos e origem de recursos (destaque para o CT-Aeroespacial)_____	149

Índice de Gráficos

Gráfico 2.1 - Estimativa de mercado para commuters até 2023 por grupos e total	<u>37</u>
Gráfico 2.2 - Ranking Faturamento Aeroespacial (Civil e Defesa) - 2002	<u>43</u>
Gráfico 2.3 - Market Share acumulado: 30 – 60 assentos	<u>61</u>
Gráfico 2.4 - Market Share acumulado: 61 – 90 assentos	<u>63</u>
Gráfico 2.5 - Market Share acumulado: 91 – 120 assentos	<u>65</u>
Gráfico 2.6 - Market Share acumulado: 30 – 120 assentos	<u>67</u>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

**A Cadeia de Produção Aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores da
Embraer.**

Resumo

Tese de Doutorado

Luiz Guilherme de Oliveira

A produção de aeronaves no Brasil pode ser considerada um caso atípico nas trajetórias tecnológicas dos países de industrialização tardia. Afinal, trata-se de um produto de alto conteúdo tecnológico, produzido por uma empresa de origem de capital nacional. Onde o desenvolvimento de produto ocorre de forma autônoma, mesmo que através de parcerias estratégicas com outras empresas, que produzem – principalmente – sistemas aeronáuticos. O objetivo deste trabalho é analisar a lógica de organização da cadeia aeronáutica, que está desenhada em função da Embraer. Inicialmente, temos que ter em mente que toda a cadeia aeronáutica nacional trabalha em função da Embraer. Desta forma, todos os fornecedores, de origem de capital nacional ou de capital externo, dependem da concepção do projeto gerenciado pela Embraer. A gestão de projeto torna-se uma variável determinante para as possibilidades de adensamento da cadeia. Destaca-se que esta gestão de projeto segue uma tendência de comportamento comum a todas as grandes empresas integradoras, sendo fruto da evolução de todo um setor econômico, dominado principalmente por dois grandes grupos (Boeing e Airbus). Ao mesmo tempo o fato da Embraer conceber um projeto de aeronave em um país de industrialização tardia exige que a empresa incorpore inovações que permitam uma inserção positiva em um mercado internacional altamente concorrencial. Desta forma, a Embraer realiza uma constante modificação no desenho da cadeia de fornecedores, que se mostra cada vez mais internacionalizado. Por sua vez, os fornecedores locais se debatem de forma intensa com um número maior de barreiras de entrada, que surgem principalmente através de dificuldades de acessos a tecnologias críticas e formas de financiamento. A criação da matriz de capacitação destes fornecedores explicita o grau de distanciamento entre fornecedores locais de aeroestruturas e os fornecedores (parceiros de risco) de sistemas aeronáuticos. Quanto às políticas públicas para o setor, elas se mostram pouco efetivas, muito em função da pouca capilaridade das agências de fomento. Constata-se, paradoxalmente, que o país possui um ambiente propício para a concepção e integração de aeronaves, atividade altamente estratégica e agregadora de valor, mas ao mesmo tempo apresenta um ambiente hostil para a produção e desenvolvimento de aeroestruturas e sistemas. As conseqüências são claras: um crescimento nas atividades de integração e concepção de projeto, porém, ao mesmo tempo uma atividade de produção de aeroestruturas e de sistemas cada vez mais reduzida e precária. Questiona-se, no entanto, a existência de alguma alternativa que não penalize a empresa coordenadora da cadeia. Este trabalho busca auxiliar a reflexão sobre esta questão a partir da análise das competências dos fornecedores locais da Embraer.

Abstract

The manufacturing of aircrafts in Brazil can be considered a singular case in the technological trajectory of developing countries. After all, this is a product with high technologic content, manufactured by a domestic company, where the development of products takes place in an autonomous way, even though strategic partnerships with other companies (mainly, avionic systems producers). The objective of this study is to analyze the logic of the organization of the aeronautic chain in Brazil, which has Embraer as its core company. First of all, we need to keep in mind that the whole domestic aeronautic chain works in connection with Embraer. Therefore, all suppliers, domestic or foreign owned ones, rely on the conception of the project managed by Embraer. The management of the project becomes a determining factor for the possibilities of strengthening the production chain. The management of this project follows a common trend among all the large integrator companies, as a result of the evolution of an economic sector mainly ruled by two large groups (Boeing and Airbus). At the same time, the fact that Embraer is established in a developing country requires that the company assembles innovations that allow for a positive participation in the highly competitive international market. In this regard, Embraer performs a constant modification of its supplier's chain framework, which is increasingly internationalized. As a result, domestic suppliers are facing a significant larger number of hurdles, such as difficulties to access critical technologies and financing. The establishment of a qualifying matrix for these suppliers outlines the level of distance between domestic suppliers of "aeroparts" and suppliers (risk partners) of avionic systems. Regarding public policies for the sector, they have not been very effective, due to the low degree of capillarity of the supporting agencies. Although Brazil has a favorable environment for the conception and integration of aircrafts, an activity that is highly strategic and that adds value to the product, at the same time Brazil has a hostile environment for the production and development of "aeroparts" and systems. The consequences are clear: the increase of integration activities and project conception in the country, followed by the decrease in the production of "aeroparts" and systems. Is there any alternative that would not damage the company that coordinates the production chain? This study is aimed at fostering the discussion of these issues from the analysis of the capabilities of Embraer's domestic suppliers.

Introdução

O estudo sobre a lógica de comportamento de uma rede de fornecedores exige a compreensão do funcionamento de toda uma cadeia produtiva. A compreensão do surgimento da indústria aeronáutica brasileira mereceu alguns estudos que buscaram interpretar, à luz do período desenvolvimentista, a estruturação de sua principal integradora (Embraer) e a consolidação de sua rede de fornecedores.

As mudanças ocorridas em decorrência das evoluções tecnológicas e organizacionais imprimiram um novo padrão comportamental na economia global. Concomitantemente, as graves crises macroeconômicas que determinaram o fim do “*golden age*” do capitalismo ocidental e que atingiram com maior rigor as economias periféricas, ao colocar em xeque as políticas de cunho keynesianas, interromperam as trajetórias bem sucedidas em vários setores e segmentos, incluindo o complexo aeronáutico brasileiro.

A viabilidade da retomada de uma trajetória eficiente, por parte da cadeia aeronáutica brasileira, implica em uma reflexão que modifica de maneira significativa os padrões pré-estabelecidos de sua organização. Desta forma, o esforço em interpretar e analisar a cadeia aeronáutica exige a interpretação de vários fatores, dentre eles: a evolução da integração da aeronave, nível de capacidade dos fornecedores e as políticas que viabilizaram a construção de sistema de atores de características distintas e que operam de forma complementar.

Ao se interpretar a estruturação de cadeias produtivas é possível verificar um movimento de especialização da empresa coordenadora em áreas chave, conforme afirma Furtado (2000) “o reconhecimento desta nova realidade permite reler como permanente o processo de reestruturação que o sistema econômico tem conhecido: ele é motivado pela busca de um reposicionamento das principais empresas em termos das posições-chave de cadeia produtiva, associando-se à externalização – empresarial e espacial – das atividades e funções consideradas secundárias”¹. Concomitantemente, as novas especializações também acabam por requerer um novo padrão de capacitação não só da empresa coordenadora, mas também da cadeia de fornecedores vinculados à empresa chave, “a redefinição das atividades centrais mantidas internamente – o chamado ‘*core business*’ – e a externalização de outras – a chamada ‘terceirização’ – é uma dimensão fundamental da concorrência oligopolística e da competitividade de cada empresa. Ao reterem ou

¹ Furtado, J. p. 18, 2000.

adquirirem funções centrais e externalizarem atividades secundárias (“banalizadas”), as grandes empresas reposicionam-se no quadro das suas relações com fornecedores e compradores e na concorrência com seus rivais diretos”².

O Objeto de Estudo

O objetivo deste estudo está centrado na observação e análise do comportamento da cadeia aeronáutica brasileira, sua trajetória tecnológica (que compõem a observação de seu comportamento tecnológico e organizacional) e seu nível de capacitação.

É importante destacar que se tem claro que a cadeia de produção aeronáutica no Brasil é coordenada por uma única empresa, a Embraer. No entanto a análise extrapola o estudo sobre a empresa coordenadora e alcança, também, os fornecedores de aeroestruturas³ (tanto fornecedores padrões como parceiros de risco).

A fim de atender o objetivo acima proposto, o estudo procura responder as seguintes questões:

- Qual a lógica comportamental que induz a organização da cadeia aeronáutica no Brasil?
- Existe, nesta cadeia produtiva, possibilidades de adensamento de fornecedores, via instalação de novos fornecedores no país, ou mesmo adensamento de atividades desenvolvidas pelos fornecedores já instalados?
- As políticas públicas existentes para o setor são capazes de atender as necessidades impostas pelo mercado?

Responder a estas questões através da metodologia proposta abaixo é o desafio deste estudo.

² Furtado, J. p. 18, 2000.

³ Como aeroestruturas está sendo considerado a produção de peças de aeronave que não se caracterizam como sistemas aviônicos. Mesmo peças mais sofisticadas e complexas, que incorporam tecnologia e agregam valor, são consideradas aeroestruturas. Como sistemas são considerados: sistema de vôo, sistema aviônicos embarcados, sistema de propulsão, sistema de combustível, sistema ambiental, sistema de partida e suprimento de energia, sistema hidráulico e sistemas elétricos.

Estrutura do trabalho

O trabalho aqui apresentado está estruturado em 6 (seis) seções, sendo 5 (cinco) capítulos e uma conclusão. O Capítulo 1, “Evolucionismo e a Capacitação Tecnológica em Economias de Industrialização Recente”, descreve o movimento de evolução da firma seguindo uma abordagem evolucionista. Esta abordagem exige a compreensão da dinâmica de vários agentes. Tem-se claro que o processo evolutivo é gradual e embora ocorra, inicialmente, de forma pontual, ele é rapidamente absorvido pelo grupo (Hodgson, 1999; Nelson e Winter, 1982). As inovações atuam de forma em que todos os participantes absorvam rapidamente os padrões impostos pela empresa inovadora, ou seja, a inovação é elemento fundamental para a viabilidade do próprio processo evolutivo. As pressões que viabilizam esta evolução estão dadas pelos ambientes no qual a firma atua. Desta forma, pressões macroeconômicas, mudanças tecnológicas (vinculadas a produto e processo), políticas industriais e/ou tecnológicas e incremento de infra-estrutura capaz de consolidar a firma, acabam por formar um ambiente de caráter sistêmico. A eficiência, ou as condições favoráveis criadas por este sistema, induz a trajetória da firma e sua organização. Assim, é possível verificar que a evolução da firma possui uma lógica que segue a pressões impostas pela evolução técnica, considerando produto e processo. Esta evolução é materializada através dos ganhos de competências e capacidades, através de processos de aprendizagem que firma é submetida. Este processo se modifica em função do ambiente no qual a firma está inserida. Logo, é possível verificar que estes processos se modificam através do contexto de desenvolvimento dos países. Empresas em países desenvolvidos estão submetidas a condições sistêmicas normalmente mais favoráveis do que empresas inseridas em países de industrialização tardia. Entretanto, o acúmulo de competências e capacitação pode permitir uma trajetória não determinista, possibilitando que firmas em países de industrialização tardia, em alguns setores, possam adquirir um padrão de competitividade elevado (Bell, 1984, 1999; Katz, 1985; Lall, 1994, Hobday, 1995; Kim, 1997, Figueiredo, 2003 e Costa, 2003).

O Capítulo 2, “A Nova Arquitetura da Cadeia Produtiva Global, Dinâmica de Mercado e as Principais Empresas Integradoras de Aeronaves”, apresenta um panorama do mercado de produção de aeronaves, com ênfase no mercado de aviões regionais. Este capítulo está estruturado com o objetivo de localizar o leitor no âmbito do mercado mundial de produção de aviões. As principais configurações produtivas e as principais integradoras estão inseridas nesta seção. É importante ressaltar a breve comparação dos modelos desenvolvidos e produzidos pela

Embraer e Bombardier. Também é verificado o agressivo processo de associações e incorporações das integradoras.

O Capítulo 3, “A Trajetória de Constituição do Setor Aeronáutico no Brasil”, descreve a trajetória do setor aeronáutico no Brasil a partir da formação do Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) e da Embraer até o desenvolvimento do projeto de família de jatos 170. As modificações impostas pelo ambiente sistêmico introduzem uma lógica na seleção dos fornecedores e parceiros da empresa integradora, que é viabilizado através das experiências e competências adquiridas no decorrer do tempo em função dos projetos desenvolvidos pela Embraer. Aqui é observada a dinâmica no desenvolvimento de projeto imposto através de uma lógica *lean*, onde a partilha de responsabilidades e riscos é uma constante. Também é verificada a rotina de certificação aeronáutica, que acaba por impor um padrão de qualidade internacional nos atores envolvidos na cadeia produtiva.

O Capítulo 4, “Níveis de Capacitação Tecnológica dos Fornecedores Locais da Embraer”, tem por objetivo detalhar os níveis de capacidade tecnológica das empresas fornecedoras da Embraer no projeto 170. O caráter evolutivo, imposto pela lógica da firma que coordena a cadeia de produção, determina uma composição distinta nos níveis de capacitação das empresas que participam do processo produtivo. Desta forma, existe, no caso brasileiro, uma variação no conjunto de capacidades tecnológicas presente entre os fornecedores de aeroestruturas. Assim, parte deste trabalho se concentra no papel desempenhado e capacidades desenvolvidas pelos fornecedores “padrão” e parceiros de risco (Katz, 1976; Lall, 1992; Figueiredo, 2002).

O Capítulo 5, “Políticas Tecnológicas para o Setor Aeronáutico no Brasil”, apresenta as principais políticas utilizadas para a formação do setor aeronáutico no país, com destaque para as atuais políticas para o setor.

A metodologia

Este trabalho, “**A Cadeia de Produção Aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores da Embraer**”, busca interpretar e analisar a estruturação do modo de organização do setor aeronáutico no Brasil a partir do projeto da família de aviões Embraer 170.

Analisar a cadeia produtiva aeronáutica a partir de uma única ótica não iria proporcionar a compreensão de toda a dinâmica envolvida na sua consolidação. Deste modo, esta análise exige um esforço de caráter multidisciplinar, apto a englobar aspectos vinculados desde a trajetória da firma, níveis de capacitação e política tecnológica indutora da sedimentação deste setor no país.

Podemos dividir a estrutura metodológica em dois grandes blocos, um bloco conceitual e um bloco de levantamento de dados primários. O bloco conceitual considera a abordagem evolucionista, através da perspectiva neo-schumpeteriana (considerando a evolução da firma através de seu caráter evolutivo biológico, ver: Hodgson, 1999; Nelson e Winter, 1982). Outro ponto conceitual importante, deste bloco, é a consideração da formação de uma estrutura de redes produtivas de caráter complexo (Hobday, 2000 e Britto, 1999). Complementando temos a abordagem sobre capacitação, com destaque para a capacitação em países de industrialização tardia (Bell, 1984, 1999; Katz, 1985; Lall, 1994, Hobday, 1995; Kim, 1997, Figueiredo, 2003 e Costa, 2003).

O segundo bloco fica centrado na coleta de dados. Este processo também pode ser dividido em etapas. A primeira teve início durante o trabalho sobre arranjos coletivos coordenado pelo professor J. E. Cassiolato e M. H. Lastres (Redes de Inovação e Cadeias Produtivas Globais) e supervisão do professor R. Bernardes no período de 2000 a 2001. Nesta fase foram visitadas 8 empresas (inclusive a Embraer) e o principal centro de pesquisa do setor no Brasil, o Centro Tecnológico Aeroespacial - CTA. Esta fase foi fundamental para a definição, e desenho, da amostra da fase seguinte. Os contatos com a diretoria de P&D da Embraer possibilitaram a observação sobre a importância do “novo” desenho da cadeia de fornecedores da Embraer a partir do projeto 170. Na segunda fase, mais extensa, foram efetuadas 35 visitas em várias empresas do setor⁴ (no período de 2002 e 2003) além do próprio CTA. Esta fase foi parte de um trabalho coordenado pelos professores J. Furtado (GEEIN/UNESP) e S. Queiroz (DPCT/IG/UNICAMP) no âmbito do grupo DPP (Diretório da Pesquisa Privada no Brasil). Finalmente, em uma terceira e última fase, foram efetuadas visitas no Canadá junto ao *The National Research Council* (NRC).

Ainda a respeito da segunda fase, o estudo foi viabilizado pela coleta de dados primários, de caráter qualitativo, levantado após a aplicação de dois questionários⁵ e visitas às empresas e Centros Tecnológicos. A existência de dois questionários surgiu em função da necessidade de complementação de informações durante a aplicação do questionário do DPP (questionário principal). Deve-se ressaltar que o segundo questionário foi desenvolvido de forma prévia à aplicação do questionário do DPP, e aplicado de forma complementar ao questionário principal.

⁴ As empresas visitadas estão relacionadas no anexo 2 deste trabalho.

⁵ O modelo dos questionários aplicados estão no anexo 1 deste trabalho.

Inicialmente, existiu uma preocupação quanto ao corte das empresas a serem visitadas. Teve-se claro que a atual estratégia, na elaboração do projeto aeronáutico, cria um vínculo entre a empresa fornecedora e a integradora de aeronave. A opção pelo modelo 170 está fundamentada no aspecto de que este projeto foi o primeiro desenvolvido no período pós-privatização da Embraer (este modelo é a primeira aeronave do que se convencionou chamar de família de aeronaves 170). Feita a seleção do projeto, foram levantadas as empresas fornecedoras e parceiras de risco da Embraer, atuando no Brasil. Concluindo a amostra de empresas visitadas foram incluídos o CTA e o *The National Research Council* (NRC) no Canadá.

Após a seleção de empresas a serem visitadas, foi realizado um outro corte definindo as pessoas a serem entrevistadas. Aqui existiu uma preocupação quanto ao grau de conhecimentos do entrevistado. Em todas as empresas visitadas os respondentes foram selecionados como pessoas vinculadas à elaboração do projeto, ou seja, pessoas familiarizadas com a estratégia e comportamento da cadeia produtiva aeronáutica. A fim de se ter uma percepção clara do comportamento organizacional da cadeia foram realizadas três entrevistas prévias na Embraer. Duas entrevistas iniciais, com o gerente de P&D da Embraer, e uma terceira com o grupo responsável pela elaboração do 170. Após estas entrevistas, foi concluído o recorte das empresas fornecedoras assim como dos profissionais a serem entrevistados. Em muitas empresas foi necessário ampliar a entrevista para mais de um respondente. Normalmente, o perfil do entrevistado estava vinculado à engenharia de produto e atividade de P&D. Em quase todos os casos, foi realizada uma visita na linha de montagem da empresa (sempre acompanhada pelo responsável pelo desenvolvimento do processo). Estas visitas permitiram uma compreensão detalhada do processo de produção das partes, no caso das empresas que possuem atividade fabril em suas plantas. Em outros casos, os entrevistados detalhavam a relação com a Embraer e os motivos da inexistência de linha de produção no país. As visitas à linha de montagem da Embraer também colaboraram na percepção da lógica da integração de peças e sistemas.

Quanto às visitas nos centros tecnológicos, tanto no Brasil como no Canadá, estas possuíam uma dinâmica distinta. No caso dos dois centros o número de laboratórios exigiu um período de visitas prolongado. No caso do CTA, foram realizadas visitas em todos os institutos, mesmo aqueles que não possuíam um vínculo maior com o setor aeronáutico. A visita de maior duração foi realizada no IFI, instituto que possui papel importante na consolidação da cadeia produtiva ao fornecer a certificação para as empresas aeronáuticas (tanto integradora como alguns fornecedores de aeroestruturas e sistemas). Todas as visitas foram acompanhadas pelos

responsáveis pelo instituto, que disponibilizou e apresentou os principais problemas existentes no funcionamento das atividades tecnológicas. A visita ao NRC canadense foi acompanhada pelo chefe de atividades tecnológicas do centro, que detalhou as atividades e parcerias desenvolvidas pelo centro. Dentro desta visita foram realizados contatos com pesquisadores de empresas que desenvolvem atividades tecnológicas dentro dos institutos, este contato permitiu uma percepção do grau de parceria existente entre o NRC e as empresas.

Capítulo 1 – Evolucionismo e a capacitação tecnológica em economias de industrialização recente

Introdução

O processo evolutivo da firma incorpora uma série de especificidades que não devem ser negligenciadas; não se pode perder de foco o fato da firma estar instalada dentro de uma estrutura socialmente construída e moldada através de um conjunto de atores sociais; pode-se modificar o grau de inserção destes atores na sociedade, entretanto, a constatação da existência e atuação destes atores é inequívoca.

Vários fatores além dos já citados também contribuem para a construção e determinação da trajetória da firma, aspectos como: padrão de concorrência do segmento em que a firma atua, qualidade e influência das instituições e acesso e/ou capacidade de absorção de processos tecnológicos à sua rotina, são variáveis importantes que corroboram a idéia de construção de ambientes propícios para a sedimentação da firma na sociedade. Claro que estes fatores, assim como a rede social em que a firma está inserida, se modificam e se plasmam nos mais variados moldes.

Ao mesmo tempo é importante ressaltar que estes fatores, além de influenciar a trajetória evolutiva da firma, também se modificam no decorrer do tempo. Na verdade todas estas variáveis atuam em conjunto dentro de um mesmo sistema evolutivo complexo, com um número elevado de atores envolvidos (cada um possuindo uma dinâmica comportamental própria e peculiar).

O objetivo desta seção é buscar compreender o processo evolutivo da firma através da evolução do ambiente em que ela está inserida. O referencial teórico utilizado é amplo. Inicialmente, buscou-se a interpretação evolucionária (Schumpeter, 1978, 1984; Nelson e Winter, 1982; Hodgson, 1999) através de um enfoque neodarwinista. Em um segundo momento, busca-se compreender como esta evolução se insere no âmbito da construção do ambiente (Lall, 1992; Lundvall, 1992; Nelson e Winter, 1982). Finalmente, uma última abordagem considera a questão do desenvolvimento de capacitações tecnológicas em países de industrialização tardia (Katz, 1976, 1985, 1987, 2000; Kim 1997; Kim 1997; Lall et al, 1999; Lall, 2000; Amsden, 2001; Costa, 2003; Figueiredo 2003; Hobday, 2005; Lee 2005).

1.1 - Evolucionismo: incremental ou ruptura

A aplicação da metáfora da seleção natural na economia⁶ deve ser baseada em um princípio de que as unidades econômicas evoluem individualmente, através de ganhos de capacidade e conhecimentos (formais e/ou tácitos⁷) que se manifestam via rotinas e adaptações às instituições e sistemas (Nelson e Winter, 1982). A idéia de seleção natural nos remete diretamente à abordagem darwinista⁸, a evolução é constante e construída passo a passo, as transformações são graduais. Cada mudança sucessiva no processo evolutivo foi simples o bastante, relativamente à mudança anterior, para ter acontecido por acaso. A seqüência integral dos passos cumulativos não constitui absolutamente um processo aleatório, considerando a complexidade do produto final em comparação com o ponto de partida (Dawkins, 2001). Deve-se ter em mente que as modificações incorporadas pela firma se dão de maneira incremental, normalmente vinculadas a inovações de processo e inovações organizacionais que se desenvolvem em função do tempo e das condições ambientais.

Hodgson (1999) propõe uma taxonomia a fim de compreender e classificar a abordagem evolucionista na economia (ver Quadro 1.1- Taxonomia Evolucionista). Sua estrutura é dividida em dois grandes grupos: (a) Desenvolvimentista e (b) Genético. Estes grupos se dividem em sub grupos: (a) a.1 - Linear e a .2 - Multilinear, (b) b.1 - Ontogenético e b.2 - Filogenético; por fim, estes dois sub grupos se dividem ainda em b.1.1 – Contínuo, b.1.2 – Pontual, b.2.1 – Consumado e b.2.2 – Não-consumado.

⁶ Segundo Blaug (1999, p. 44) a trajetória da economia e abordagem darwinista se cruzam em vários pontos. O autor constata inclusive a forte influência de dois economistas, Thomas Maltus e Fleeming Jenkin, como agentes inspiradores da Origem das Espécies.

⁷ O termo conhecimento tácito é sugerido, pela primeira vez, por Michael Polanyi, 1957.

⁸ Vários autores, de diversas linhas conceituais, buscam, alguns de maneira mais incisiva que outros, na análise darwinista a base conceitual para a descrição e interpretação da evolução da firma; pode-se citar: Veblen (1983), Mitchell (1984), Schmookler (1962), Rosenberg (1976), Willianson (1985), Matchlup (1978), Nelson e Winter (1982), North (1990) e Hodgson (1999).

Quadro 1.1- Taxonomia Evolucionista

<p>a) Desenvolvimentista – a evolução possui um caráter exógeno, ela é construída através de intervenções constantes de atores e/ou agentes externos.</p>	<p>b) Genético – a evolução possui um caráter endógeno, ela se dá no interior da firma de forma espontânea, sujeita a pressões externas.</p>	
<p>a. 1) Linear – o processo evolutivo é constante, sem sofrer grandes variações sua na trajetória.</p>	<p>b.1) Ontogenético – série de transformações sofridas por uma firma desde a sua geração até o completo desenvolvimento; <i>evolução individual.</i></p>	
	<p>b.1.1) Contínuo – o processo de evolução é constante.</p>	<p>b.1.2) Pontual – o processo de evolutivo se materializa através de saltos.</p>
<p>a. 2) Multilinear – o processo evolutivo possui um caráter difuso e multifacetado.</p>	<p>b.2) Filogenético – série de transformações sofridas por um grupo/setor/segmento desde a sua geração até o estágio atual; <i>evolução coletiva.</i></p>	
	<p>b.2.1) Consumado – a evolução foi concluída, não existe mais modificações.</p>	<p>b.2.2) Não consumado – o processo é contínuo, as modificações são observadas constantemente.</p>

Fonte: Adaptado de Hodgson (1999).

A abordagem desenvolvida aqui se aproxima do sub grupo b.2.2 – Filogenético não-consumado. Tem-se claro que a evolução da firma individual é rapidamente absorvida pelo grupo a que a firma pertence; a mudança de comportamento organizacional ou gerencial, em função da rapidez de difusão, se dá de forma sistêmica e dentro de uma dinâmica contínua.

Quando observado o movimento evolutivo é possível verificar a incidência de inovações radicais que através de elevado poder de “transbordamento”, são capazes de impulsionar todo o sistema econômico, criando assim condições de expansão sistêmica no mercado. Este movimento é factível quando focado no **produto**; entretanto, quando verificada a estrutura evolutiva da firma, este procedimento não é padrão. Observa-se sim, uma seqüência de modificações incrementais e contínuas (**tanto no processo quanto no produto**), sendo que estas modificações são rapidamente absorvidas pelo grupo. A inovação e/ou modificação de **processo** possui um efeito multiplicador e disseminador elevado. O sistema sócio-econômico se adapta rapidamente à mutação, possibilitando assim uma evolução do sistema. Alguns mecanismos são de vital importância para este movimento; a busca e utilização contínua de tecnologia incorporada tanto ao produto quanto ao processo acaba por ter um peso significativo na evolução tecno organizacional da empresa.

Desta maneira tem-se em conta que a evolução da firma, assim como no mundo natural, não se dá de maneira pontual, mas sim ocorre e é absorvida pelo grupo (no caso da firma, pelo

setor e/ou segmento em que a firma atua). A partir do momento em que uma firma introduz a modificação no seu padrão de comportamento a ponto de se destacar no segmento que atua, cria-se uma ruptura na estrutura de mercado. A firma que não acompanhar o processo evolutivo da firma “inovadora” estará fadada à extinção, pois a modificação desestabiliza toda a estrutura de mercado ocorrida anteriormente, criando assim um novo padrão concorrencial e uma nova dinâmica de equilíbrio (Possas, 1996).

Alguns autores tendem a relacionar a evolução da firma, sob a ótica neodarwinista, como uma incorporação do modelo de Smith⁹, onde a trajetória evolutiva da firma se dá de maneira espontânea, contínua e individualizada, considerando aspectos mais centrados no amadurecimento de questões morais e comportamentais (Loasby, 2002; Fagerberg e Verspagen, 2002). Deve-se ter em conta que a evolução se dá em função de uma série de fatores, de um sistema, de um conjunto socialmente construído. A evolução não surge de maneira espontânea, ao menos a evolução que cria um novo padrão de comportamento. Ela pode sim ser reproduzida de forma espontânea. A empresa “A” reproduz o comportamento da empresa “B” a fim de se situar de maneira mais estratégica no mercado, ou ao menos, manter sua posição estratégica na estrutura vigente. No entanto, é fundamental compreender a dinâmica que possibilitou a evolução inicial. A firma, como visto anteriormente, não atua sozinha no mercado. Diferente de experimentos laboratoriais é impossível observar a dinâmica da empresa considerando uma situação de “condições normais de temperatura e pressão” (*Ceteris Paribus*), pelo contrário, a firma está sujeita a uma série de fatores e condicionantes que se modificam no decorrer da história, em função do padrão de concorrência de segmentos e/ou setores, da institucionalidade existente e de sua eficiência, do acesso e/ou capacidade tecnológica, além das condições de um ambiente de desenvolvimento central ou periférico entre os países.

O fator de cumulatividade¹⁰ não deve ser menosprezado. Assim como na evolução natural do seres vivos, somente é possível compreender a trajetória evolutiva através da cumulatividade (Dawkins, 2001). No ambiente da firma isto também é factível; deve-se pensar nesta cumulatividade de maneira sistêmica e complexa. Na verdade, é a evolução sistêmica, complexa

⁹ A idéia muitas vezes remitida a Smith se vincula à adoção do conceito de “mão invisível” e sua aplicabilidade no mercado (Smith, 1981), ou ainda, o conceito de amadurecimento moral (Smith, 1999).

¹⁰ “A diferença essencial entre a seleção de um só passo e a seleção cumulativa é a seguinte: na seleção de um só passo, as entidades selecionadas são classificadas definitivamente. Na seleção cumulativa as entidades reproduzem-se ou, de alguma outra maneira, os resultados de um processo de seleção são incluídos na seleção seguinte e assim por diante. As entidades são sujeitas à seleção ou classificação ao longo de muitas gerações sucessivamente. O produto final de uma geração de seleção é o ponto de partida para a próxima geração de seleção, e assim por muitas gerações” (Dawkins, 2001, p. 76, 77).

e acumulativa que viabiliza a trajetória da firma. “Quanto mais complexos forem os comportamentos, mais manifestarão flexibilidades adaptativas em relação ao ambiente; os comportamentos serão aptos a se modificar em função das mudanças externas, sobretudo das aleatoriedades, das perturbações e dos acontecimentos, e serão aptos igualmente a modificar o ambiente imediato, em resumo, adaptar o ambiente ao sistema. A flexibilidade adaptativa do comportamento vai exprimir-se no desenvolvimento de estratégias heurísticas, inventivas, variáveis, que substituirão os comportamentos programados” (Morin, 1999, p.303).

1.2 - Inovações de Processo, Inovações de Produto. A trajetória da firma.

1.2.1 – Inovações de Processo, Inovações de Produto

A abordagem evolucionista condiciona o processo inovativo como uma etapa natural da evolução da firma e, conseqüentemente, uma evolução do setor/segmento em que a firma atua.

Deve-se observar que, historicamente, as inovações de produtos (radicais ou incrementais) são passíveis de serem constatadas nos países centrais; a incidência destas inovações, de produto, nos países periféricos é marginal. Autores como Fajnzylber (1983) vinculam este fenômeno ao baixo coeficiente tecnológico, endógeno, dos países periféricos¹¹ (em especial os países latino americanos). Assim, quando verificado um processo inovativo de produto nas economias periféricas, normalmente estas inovações estão vinculadas às estratégias de empresas multinacionais e/ou transnacionais; cabendo às firmas de origem de capital nacional exercer um papel mais ativo na elaboração e desenvolvimento de inovações de processo.

Chama a atenção o fato das características peculiares e distintas das dinâmicas de inovação de produto e processo. Utterback (1994) demonstra estas especificidades de maneira clara; seus argumentos caminham na direção de que após o desenvolvimento de uma inovação de produto, a firma necessariamente foca os processos que possibilitam uma melhor e mais eficiente manufatura¹². Ao mesmo tempo, à medida que são incorporadas, atualizadas e aperfeiçoadas as modificações de processo, estas podem inibir a capacidade inovativa da empresa no tocante à inovação de produto, “à medida que um produto torna-se mais padronizado e é produzido por um

¹¹ “Talvez a característica mais reveladora da indústria latino-americana seja que, em marcante contraste com o que acontece nos países desenvolvidos, os gastos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, estreitamente associados ao orçamento público, tiveram uma queda sistemática, inclusive no Brasil. Essa tendência foi quantificada em relação à Argentina, Brasil, México, Chile, Peru e Venezuela” (Fajnzylber, 2000, p.880); embora Fajnzylber tenha focado a conjuntura econômica da América Latina nos anos 80, sua argumentação em parte explica a complexidade do desenvolvimento tecnológico em países da região e a ausência da capacidade de criação endógena de tecnologias.

processo mais sistemático, a interdependência entre as subunidades organizacionais aumenta lentamente, dificultando e tornando mais onerosa a incorporação de inovações radicais de produto” (Utterback, 1994, p. 91).

O argumento apresentado aqui busca sugerir que a inovação de processo é mais presente e “rotineira” do que a inovação de produto; além de possuírem complexidades distintas. Não existe uma convergência nos ciclos de inovações entre processo e produto; existe sim um ciclo inovativo de processo mais longo, complexo e abrangente. Embora a inovação de produto não ocorra mais de maneira única e exclusiva no interior da firma, ela tem uma capacidade de encadeamento menor do que todo o processo produtivo, considerando a diversidade dos atores envolvidos e de suas dinâmicas peculiares.

1.2.2 – A trajetória da firma

A complexidade e diversidade dos atores envolvidos no processo produtivo se modificam, evoluem, no decorrer da história. As trajetórias das firmas e dos segmentos em que estas firmas atuam, acompanham esta mudança na complexidade das relações e organização da cadeia de produção. De um ponto de vista histórico, a visualização da trajetória da firma descreve muito bem este efeito.

O Quadro 1.2 - Trajetória Evolutiva da Firma apresenta, sucintamente, o desenvolvimento da firma desde o período da 1^a. Revolução Industrial até a organização da firma em forma de rede e suas derivações. Novamente, é importante salientar a importância do processo evolutivo da firma, a construção do ambiente que possibilitou sua evolução, assim como, o caráter inovativo organizacional presente nesta trajetória.

¹² Idéia cooptada por North (North, 1990, p. 99).

Quadro 1.2 - Trajetória Evolutiva da Firma

Tipo de Organização	Característica	Local
a) Empresa Monolítica	Empresa individual e pequena (menos de 100 empregados), padrão de concorrência elevado, centralização de gestão. Ex. indústria têxtil.	Inglaterra, França, Bélgica.
b) Empresa Multidivisional	Número elevado de trabalhadores, organizada a partir da divisão em departamentos (empresa multidivisional chandleriana). Ex. estrada de ferro.	EUA, Inglaterra, Alemanha, França, Bélgica.
c) Empresa Fordista	Produção em massa, departamentalizada, verticalizada e centralizada. Ex. ind. automotiva.	EUA
d) Empresa Departamentalizada	Produção menos rígida, departamentalizada, verticalizada e descentralizada.	EUA
e) Empresa Toyotista	Produção flexível, descentralizada, desverticalizada.	Japão e Coreia do Sul.
f) Rede de Firmas ¹³	Organização em rede, flexível, elaboração de projetos em co-design. Formas de redes: <ul style="list-style-type: none"> • f.1 Redes de produtos Tradicionais; • f.2 Redes de Produtos Modulares; • f.3 Redes de Produtos Complexos; • f.4 Redes de Desenvolvimento Tecnológico. 	EUA, Japão, Coreia do Sul, Suécia, U E.

Fonte: montado a partir de Chandler (1962), Willianson (1985), Dicken (1998), Moore (1999) e Britto (1999).

Inicialmente, é verificada a “(a) Empresa Monolítica” caracterizada e concebida durante a 1ª. Revolução Industrial. Neste período, é significativa a importância do progresso técnico como acelerador do progresso científico, criando encadeamentos e interações recíprocas (Szmrecsányi, 2001); foi a Revolução Industrial que deu início ao avanço cumulativo e auto sustentado da tecnologia, cujas repercussões se fariam sentir em todos os aspectos da vida econômica (Landes, 1994, p. 8). Entretanto, existe também a importância da criação de um ambiente institucional que possibilitasse a proficuidade do ciclo de expansão; este ambiente é construído e consolidado sob vários aspectos dos quais dois devem ser destacados: (i) formulação de uma política de patentes e (ii) necessidade de uma nova lógica na relação capital trabalho. Quanto à formulação de uma política e institucionalização de lei das patentes, são marcantes os exemplos James Watt, Peter

¹³ Segundo Britto, “Existe uma certa confusão semântica entre os conceitos de “firmas em rede”, “redes de firmas” e “indústrias em rede”. O primeiro deles associa-se a conformações intra-organizacionais que estruturam-se como desdobramento evolutivo da firma multi-divisional, a partir do advento de novas tecnologias de informação-telecomunicação. As “indústrias em rede” estão geralmente associadas a setores de infra-estrutura, baseando-se num padrão de interconexão e compatibilidade entre unidades produtivas, que se constitui em requisito básico para a operação eficaz das mesmas. Finalmente, o conceito de “redes de firmas” refere-se a arranjos inter-organizacionais baseados em vínculos cooperativos sistemáticos entre firmas formalmente independentes” (Britto, 1999), a abordagem de rede considerada aqui está vinculada à última opção, “redes de firmas”.

Stubs e Richard Arkright. Porém, é na organização das relações capital trabalho que a modificação é mais profunda e marcante: “a principal dificuldade a ser superada, não era a mecânica para puxar e torcer o algodão em um fio contínuo. Era antes fazer as pessoas trabalharem juntas numa unidade e, acima de tudo, treinando os seres humanos a renunciar aos seus hábitos desconexos de trabalho e de se familiarizarem com a invariável regularidade de um complexo automatizado” ¹⁴ (Moore, 1999, p. 50). Pode-se considerar que a inovação de processo se dá sob uma inovação da organização social, que viabiliza o processo produtivo. Ao mesmo tempo, as relações da firma junto a outros atores são limitadas em função de capacidades tecnológicas que acabam se manifestando sob baixos mecanismos de organização, de processo de produção e modos de comunicação. Novamente, é a gama de atores que acabam por plasmar a forma da empresa, seu caráter monolítico, centralizador e pouco dinâmico, quando comparado com o período posterior.

A “(b) Empresa Multidivisional” abordada, principalmente por Chandler (1962), descreve “um modelo comportamental explícito: as empresas, assim como outras organizações, são governadas por inércia; só mudam de orientação (ou de estratégia) quando obrigadas pelas pressões competitivas; e uma mudança de estratégia somente tem êxito quando se faz acompanhar de uma mudança decisiva na estrutura organizacional” (McCraw, 1998, p. 21). Desta forma, a mudança de organização surge em função de uma adaptação a um novo ambiente concorrencial. Segundo Chandler, a maior inovação da indústria norte-americana no final do século 19 foi, inicialmente, a invenção da moderna corporação (ou, utilizando a terminologia de Chandler, da grande empresa americana) e, posteriormente, sua consolidação. Esta inovação, a divisão da firma em departamentos (modelo de integração vertical), surge em função da pressão do mercado consumidor e da necessidade de organização e coordenação gerencial da estrada de ferro; posteriormente esta mudança organizacional é rapidamente absorvida por outros grandes grupos empresariais em vários segmentos.

A “(c) Empresa Fordista” caracteriza-se pelo elevado caráter centralizado e verticalizado dos departamentos. A evolução para este modo de produção surge, principalmente, em função da necessidade de mecanismos que possibilitem a escala elevada e contínua de produção; a incorporação de práticas de administração científica (tayloristas) à linha de montagem, cria uma possibilidade de ganhos de escala sem precedentes, viabilizando uma redução de custos

¹⁴ Devo destacar que, embora pertinente, a crítica marxista sobre a criação de uma nova lógica (perversa) da relação capital trabalho não está sendo considerada. A busca aqui é verificar a lógica de transição e evolução da firma e

expressivos e sucessivos. Este processo, por sua vez, exige soluções logísticas que conduzem à concepção revolucionária da linha de montagem, o que acaba por reestruturar por completo o processo produtivo, a fábrica da Ford de River-Rouge é o exemplo de todo este encadeamento. “River-Rouge, entretanto, não será apenas uma montadora de automóveis, e sim, um grande complexo industrial – na época o maior do mundo. Sucede que, sem empresas capacitadas a fornecer diariamente tamanha quantidade de peças, Ford será levado a uma quase completa verticalização de sua estrutura produtiva” (Alban, 1999, p. 134). Como resultado, a Ford acaba por tornar-se uma firma de estrutura gigantesca de pouca agilidade; sua “super estrutura” acaba por impossibilitar uma maior maleabilidade de sua linha de montagem, o que em parte compromete seu processo evolutivo. Faz-se notar que é o ambiente pouco eficiente, das firmas fornecedoras, que leva à elevada verticalização da firma integradora.

A “(d) Empresa Departamentalizada” caracteriza-se pelo processo produtivo menos rígido e pela descentralização nas tomadas de decisão, concomitantemente, sua estrutura segue a idéia de verticalização e departamentização. A General Motors (GM) surge como o modelo de firma que adota com eficiência o conceito de “um carro para todas as faixas de renda e todas as finalidades”. Segundo Chandler (1962), a GM era quase totalmente descentralizada, existindo apenas um escritório central para coordenar, avaliar e planejar a política das diversas unidades. Esta maior independência, entre os departamentos, possibilitou uma maior eficiência nas tomadas de decisão, trazendo como conseqüência o rápido crescimento do *market share* da GM frente a sua principal concorrente, a Ford. Este modelo de gestão é incorporado rapidamente por outras empresas, inclusive de outros setores como a International Harvester e General Electric. Na verdade, o “modelo GM” passa a ser um novo padrão organizacional e comportamental da firma.

A “(e) Empresa Toyotista”, caracteriza-se por sua vez, pelo processo de produção flexível, descentralizado e desverticalizado. A idéia de que “as empresas assim como outras organizações, são governadas por inércia; só mudam de orientação (ou de estratégia) quando obrigadas pelas pressões competitivas”, já levantada anteriormente, enquadra-se com exatidão ao modelo “japonês” de organização da produção. A lógica produtiva se adapta à lógica do mercado, o qual sofre transformações no decorrer do tempo. Variáveis como: fluxo de capital, abertura de novos mercados, novos nichos de produtos e a constante evolução tecnológica, devem ser sempre consideradas. O modelo “japonês” surge como a evolução e adaptação às condições ambientais geradas à sua época. Conforme afirma Zilbovicius (1999), o conflito entre as variáveis que acaba

conseqüentemente dos atores envolvidos no processo de produção.

por determinar “vendas versus produção”, é uma constante na rotina da firma. Este conflito é resolvido a partir da imposição da racionalidade do novo modelo, sendo que esta racionalidade é imposta em decorrência das incertezas que habitam o ambiente da firma: “a nova lógica desenvolvida a partir de então implicou um novo traçado da fronteira mercado-produção: ao se reconhecer que a incerteza do mercado não pode ser eliminada, e que estratégias de defesa como a geração de estoques são irracionais do ponto de vista da produção, essa incerteza deve passar a fazer parte da lógica da produção como uma variável *endógena*” (Zilbovicius, 1999, p. 154). O modelo japonês busca eliminar o excesso e primar pela produção enxuta, ao mesmo tempo em que acentua uma flexibilidade produtiva à linha de montagem.

A “(f) Rede de Firmas” pode em parte ser considerada como uma fase mais elaborada da firma toyotista. Entretanto, aqui ela é apresentada como uma evolução natural da organização da firma. Neste ponto da lógica organizacional, a firma deixa de estruturar a produção de maneira individualizada. O que ocorre é uma busca de ganhos de escala, por parte da firma, ao se organizar e pensar a lógica produtiva dentro de um caráter sistêmico. Mais do que nunca a organização da produção ganha contornos evolutivos mais próximos da evolução biológica. O caráter de maleabilidade da organização, dentro do contexto da rede, é uma característica que tem chamado a atenção de vários especialistas em função das especificidades distintas dos atores que participam de sua organização (Britto, 1999). Os ganhos de escala e profunda racionalidade na forma de arquitetar a lógica de manufatura e desenvolvimento de projetos, leva à criação de uma tipologia de formas de redes¹⁵: (1) de produtos tradicionais – “cadeias produtivas baseadas num adensamento de relações de subcontratação entre agentes, baseadas nos princípios de ‘especialização flexível’; desintegração vertical ao nível da firma e organização espacial na forma de ‘distritos industriais’”; (2) de produtos modulares – “cadeias produtivas associadas à integração de diferentes componentes e subsistemas com base nos princípios de ‘modularidade’; evolução tecnológica dos sistemas tradicionais de produção em massa e organização espacial baseada na estruturação de ‘pólos industriais’”; (3) **de produtos complexos**¹⁶ – “relacionamentos produtivos associados à geração de produtos unitários customizados de caráter ‘complexo’; arranjo organizado a partir de projetos de caráter temporário, coordenados por ‘integradores de sistemas’ e envolvendo uma malha de fornecedores de componentes, subsistemas e softwares” e;

¹⁵ A tipologia apresentada é sugerida por Britto (1999).

¹⁶ Embora autores como Marsili (2001) apresentem uma tipologia de Regimes Tecnológicos (RTs), em que também consideram produtos de “sistemas de conhecimento complexos”, a opção adotada neste trabalho ficou centrada na

(4) de desenvolvimento tecnológico – “relacionamentos produtivos envolvendo a geração de produtos de alta tecnologia que requerem a integração de ativos e competências complementares ao longo do processo de P&D; aproximação e integração entre as esferas científicas e tecnológicas; possibilidade de organização espacial na forma de “pólos” ou “parques” tecnológicos” (Britto, 1999). Estas formas de organização de redes acabam por indicar aspectos importantes na estrutura hierárquica da cadeia em que esta rede está inserida.

1.3 - Produção Complexa

Conforme foi observado anteriormente, a trajetória da firma segue uma linha evolutiva que, naturalmente, torna mais complexa sua gestão e organização da produção. É importante ter ciência que a firma se molda dentro de um cenário socialmente estabelecido (e construído); sua constituição e evolução não se dá de maneira isolada, ocorre na verdade uma evolução sistêmica.

Tendo em vista a observância deste cenário (ou teia social), é fundamental verificar o papel exercido pelas instituições durante a consolidação da trajetória da firma. O processo de sedimentação da firma como “empresa monolítica” exigiu a consolidação de um arcabouço institucional, do qual o reconhecimento de patentes foi apenas uma das variáveis. Deste modo, a trajetória evolutiva da firma foi criando espaços e mecanismos de “pressão” que moldaram o ambiente de mercado ao mesmo tempo em que, também, exigiram uma modificação da firma a este ambiente.

A “empresa multidivisional” foi uma resposta às modificações impostas pela pressão concorrencial de um mercado consumidor crescente; estes tipos de adaptações estão presentes em todas as etapas evolutivas.

São vários os instrumentos que viabilizaram esta trajetória, passando da modificação das normas institucionais até o desenvolvimento tecnológico que, associados às novas formas organizacionais (ou viabilizando estas formas), criaram as condições ambientais propícias para todo o processo.

Considerando umas das últimas derivações da firma (Rede de Firmas – Rede de Produtos Complexos), é possível constatar que toda a estrutura produtiva se organiza de maneira que o ambiente (e sua estrutura de organização social) local não atua mais isoladamente, ele passa a

consideração de sistemas complexos abordados por Hodday (2000) e Britto (1999). Esta opção desvincula a indústria aeronáutica da indústria automobilística, sendo que esta última passa a ser considerada uma indústria modular.

atuar em conjunto com o ambiente externo a partir do momento em que vários dos atores que participam da estrutura organizacional e produtiva estão localizados no exterior.

É inviável imaginar que a atual forma de pensar a organização da produção (em forma de Rede de Firma – produzindo produtos complexos) pudesse ser viabilizada no início do século 20. Pensar e analisar este tipo de organização só é possível quando considerados os ganhos tecnológicos disponibilizados a partir da década de 60 (e de maneira mais intensa a partir dos anos 70 e 80), assim como a crescente internacionalização da produção e ampliação do comércio internacional a partir dos anos 80.

Um ponto importante na concepção de um produto complexo é a forma de arquitetura da rede e/ou estrutura organizacional da produção (Davies, 1998). A capacidade de ordenar e estruturar este design é um fator determinante tanto para a viabilidade de desenvolvimento do produto, como para a execução do projeto.

Deve-se ressaltar que este tipo de organização de produção considera, e utiliza, a internacionalização dos parceiros¹⁷ como um mecanismo comum na concepção do produto. Esta internacionalização normalmente não se vincula somente ao design do projeto mas também a sua execução. Questões como a distribuição espacial dos fornecedores, ambientes locais e institucionais distintos, e, níveis de capacidade tecnológica diferentes devem ser equacionados. Outras questões como criação de mecanismos que atenuem estas diferenças e a própria coordenação desta rede, caracterizam a complexidade organizativa que este tipo de produção exige. A idéia de um número elevado de atores, com características distintas e distribuídos espacialmente, conduz à noção de fragmentação das decisões exigindo desta maneira, a construção de uma estrutura hierárquica bem definida, que se modifica em função das relações entre os agentes. A produção de produtos complexos exige um desenho hierárquico também complexo.

1.4 - A estrutura e a formação do ambiente sistêmico

Deve-se ter em conta que a trajetória evolutiva está sujeita a pressões oriundas de um ambiente socialmente moldado através de um arcabouço institucionalmente construído.

O ambiente considerado neste trabalho remete a questão da construção de uma eficiência sistêmica, que considere todos os aspectos que, de alguma forma, influenciam a firma e por sua

¹⁷ Os parceiros são os fornecedores que participam na elaboração do projeto, podendo inclusive financiar parte dos custos.

vez a cadeia de fornecedores, em nosso caso esta cadeia de fornecedores é toda a cadeia produtiva instalada no Brasil. Esta influência se dá em vários aspectos: político, macroeconômico, microeconômico, jurídico, institucional, infra-estrutura entre outros.

Cabe questionar como foi composto o ambiente responsável pela gênese da firma, assim como é composto o ambiente no qual a empresa germina. Vários autores (Lall, 1992; Lundvall, 1992; Nelson e Winter, 1982) apresentam o ambiente como um conjunto de fatores determinantes para a compreensão da competitividade sistêmica. Destes fatores, o processo de aprendizado possui uma importância fundamental. A necessidade de construção de um Sistema Nacional de Aprendizado é um elemento importante para a viabilização de um Sistema Nacional de Inovação eficiente.

Embora o foco deste trabalho não seja desenvolver uma análise sobre o Sistema Nacional de Inovação no Brasil temos que considerar como funciona o Sistema Nacional de Aprendizado, já que ele é parte importante do processo de capacitação e desenvolvimento de competências nas empresas.

É possível verificar que o Brasil construiu um Sistema Nacional de Aprendizado¹⁸, entretanto este sistema é falho. Embora exista uma boa estrutura neste sistema, inclusive quando consideramos a capacitação através do ITA, ele acaba por se configurar como um sistema de ciência não se desdobrando como um sistema de inovação. A falta de articulação impede o desdobramento o conhecimento em inovação. Quando isto ocorre, na maioria das vezes é centrado no ator que construiu os mecanismos de apropriação de conhecimento, no caso da Embraer.

1.5 – O aprendizado em países de industrialização tardia

A literatura sobre o processo de aprendizado em países de desenvolvimento tardio procura destacar a trajetória de capacitação durante processos de industrialização. Esta abordagem parte da idéia de que o elemento tecnológico é gerado de forma endógena, interno à firma. Abandona-se assim, a idéia de que a tecnologia é uma variável disponível no mercado, passível de ser adquirida pelos países de desenvolvimento tardio a fim de possibilitar eventuais *catching up*. Tem-se claro que a dinâmica tecnológica possui um caráter de desenvolvimento e apropriação de conhecimento interno, composto por elementos tácitos, idiossincráticos e cumulativos (Nelson e Winter, 1982).

Entretanto, a dinâmica de aprendizado não possui apenas um caráter endógeno próprio, ela possui também elementos de apropriação de processos tecnológicos externos, oriundos de transferências de tecnologias. Desta forma, os esforços de adaptação de tecnologias externas associadas a processos de aprendizados internos, que ocorrem muitas vezes em função destas mesmas tecnologias externas, impõe o ritmo e o processo de aquisição de competências, de capacidades e de aprendizado (Frasman, 1984).

É necessário ter em mente que as capacidades tecnológicas são um conjunto de fatores, como: experiências, conhecimentos e aptidões, geradas através de várias formas de esforços tecnológicos. Neste ponto, esforço tecnológico, é onde são centradas as forças que viabilizam o movimento de capacitação e aprendizado (considerando que este aprendizado possui uma lógica acumulativa, característica de processos evolutivos).

As estratégias internas da firma, que podem se modificar através de uma maior ou menor intensidade de cooperação e busca de tecnologias externas ou de maiores esforços tecnológicos internos, acabam por delinear trajetórias técnicas distintas. Como afirma Lall (2000): “as firmas se movem ao longo de trajetórias particulares, nas quais o aprendizado passado contribui para direções particulares da mudança técnica, e a experiência derivada destas trajetórias de mudança reforça os estoques de conhecimento e competências existentes”.

Devemos ter em mente que as escolhas das opções tecnológicas, que iram determinar suas trajetórias, é um fator fundamental para a evolução bem sucedida da firma ao proporcionar aquisição de conhecimento, aprendizado e consolidação de capacidades (Frasman, 1984; Bell e Pavitt, 1992; Lall, 1992).

Este aprendizado se materializa de várias maneiras: treinamento, contratação, interação entre agentes, aglomeração e pesquisa e desenvolvimento (Lundvall, 1988; Freeman, 1994).

É importante destacar o papel estratégico, e ambíguo, das empresas multinacionais neste processo. Em um primeiro momento, a multinacional pode inibir atividades tecnológicas nas empresas locais. Entretanto, ela pode também impulsionar processos tecnológicos inovadores através da presença de suas filiais.

Comparativamente, as filiais de multinacionais partem de um ponto inicial mais avançado do que seus concorrentes locais, como afirma Costa (2003), “A adoção de tecnologias avançadas pelas subsidiárias de empresas estrangeiras é, deste modo, favorecida pelo estágio de acumulação tecnológica atingido pela corporação no plano mundial, fazendo com que a subsidiária inicie seu

¹⁸ O CTA é discutido no capítulo 3 deste trabalho.

processo de aprendizado a partir de um estágio superior em comparação às empresas domésticas”.

Estas vantagens acabam sendo potencializadas pela viabilidade da construção de redes produtivas globais (Lall et al, 1999). Desta forma, a matrizes das multinacionais viabilizam, através de transferências de tecnologias já maduras, a construção de vantagens sobre seus concorrentes domésticos. Outro aspecto importante é o fato de que muitas destas tecnologias são geradas em ambientes mais propícios, do que o ambiente dos países hospedeiros, e depois inseridas nos países de desenvolvimento tardio (Lall, 2000; Katz, 2000). Seguindo a perspectiva do processo de aprendizagem, isto leva a uma situação peculiar. As empresas multinacionais, através de seus avanços adquiridos no exterior, possuem uma inserção mais competitiva em mercados domésticos. Esta inserção acaba por criar a situação em que a empresa local necessita acompanhar o desenvolvimento de sua concorrente ou então ficará em uma situação de desvantagem competitiva no mercado, o que acontece com parte significativa das empresas (Lall et al, 1999; Costa 2003).

Neste quadro é possível considerar que as empresas locais fortes possuem capacidades de difusão tecnológica e de aprendizado maior do que a empresa filial da multinacional, a partir do momento em que desenvolvem seus processos de aprendizado e capacitação localmente (Lall et al, 1999; Amsden, 2001 e Costa, 2003).

Cabe questionar qual o papel desempenhado pelas empresas multinacionais nos países da América Latina. Historicamente, estas empresas tiveram um papel importante no processo de aprendizado e capacitação. Entretanto, ao atribuir apenas a estas empresas, que acabam por trabalhar em regimes de mercado pouco competitivos, uma parcela significativa do desenvolvimento tecnológico, pode ter induzido os países da região a um caminho limitado, no tocante ao desenvolvimento de capacidades tecnológicas próprias (Fajnzylber, 1983; Costa 2003).

Ao se observar os casos dos países de industrialização tardia na Ásia, podemos verificar que a dinâmica tecnológica destas economias se desenvolveu em um cenário econômico bastante distinto do cenário latino americano. Alguns autores como Hobday (2005), Lee (2005) e Kim (1997) descrevem o intensivo processo de aprendizado dos países asiáticos de industrialização recente através de processos de manufatura de equipamento original (MEO), manufatura de desenho próprio (MDP) e manufatura de marca própria (MMP). Este movimento de aprendizado que se inicia ainda no final da década de 60, passa a ser mais intensivo a partir de meados da

década de 70, se estendendo até final da década de 90. A partir do início da década de 90, é constatada uma maior preocupação por parte das empresas destes países, com o aspecto organizacional de suas plantas produtivas, além do redimensionamento do design de suas cadeias de fornecedores. Como descreve Figueiredo, “esta discussão ultrapassa a questão de competências técnicas e acaba por introduzir a abordagem de capacidade, destas empresas, em evoluir da condição de empresas de MEO para a MDP e MMP”¹⁹.

Um passo importante, citado acima, diz respeito ao design da cadeia de fornecimento. Hobday (2005), Lee (2005) e Kim (1997) destacam o importante papel das relações inter empresariais, que permitem uma intensa transferência de capacitações das empresas maiores para os fornecedores locais menos capacitados. Ao mesmo tempo, a consistência financeira de alguns conglomerados, pensando no caso sul coreano, possibilitou um maciço investimento na consolidação de plantas produtivas competitivas internacionalmente.

Hobday também destaca a não existência de uma linearidade nas trajetórias de acumulação de competências nas empresas de países de desenvolvimento tardio. Mesmo quando se considera a observação de setores semelhantes, é possível verificar uma trajetória distinta por parte destes países, exemplo do setor eletro-eletrônico. Esta distinção pode, em parte, ser atribuída ao ambiente no qual a firma está inserida. Figueiredo (2003) apresenta três pontos interessantes que podem auxiliar a interpretação do porquê dessas assimetrias nas trajetórias tecnológicas nos países de industrialização tardia e que, em parte, não foram considerados por vários autores: “(a) as dimensões organizacionais e gerenciais da competência tecnológica dentro da empresa; b) as diferenças entre as empresas no tocante ao índice de acumulação dessa competência; e c) ao funcionamento dos processos subjacentes de aquisição de saber”²⁰.

O primeiro ponto destacado acima remete a uma discussão importante para o caso aeronáutico brasileiro: a dimensão organizacional e gerencial da competência tecnológica da empresa, possibilita um constante processo de inovação incremental no âmbito da firma. Este movimento de inovação, mais constante e usual (Utterback, 1994), pode permitir uma inserção mais competitiva da firma mesmo em mercados altamente concorrencias e internacionalizados.

Entretanto, deve-se ter em mente que a construção de uma capacidade de absorção de informação e transformação de conhecimento, por parte da firma, não é um processo de fácil aquisição. Os estágios de: i) absorção de conhecimentos, ii) socialização dos conhecimentos e iii)

¹⁹ Ver: Figueiredo, P. pág. 27 (2003).

²⁰ Ver: Figueiredo, P. pág. 29 (2003).

utilização dos conhecimentos, precisam estar presentes e decodificados, a fim de possibilitar a construção de competências e capacidades próprias para o desenvolvimento inovativo no interior da firma, mesmo que de caráter incremental (Figueiredo, 2003).

Deve-se destacar que, na maioria dos casos, a observação das trajetórias tecnológicas e de aquisição de competências e capacitação em países de desenvolvimento tardio focam setores de média baixa e média alta intensidade tecnológica. Poucos são os casos em que a trajetória analisada é centrada em setores de alta intensidade tecnológica. Neste caso, a exemplo da consolidação do setor aeronáutico no Brasil passa a ser um exemplo interessante. No caso da Embraer todos os principais processos de aprendizado estão presentes: i) aquisição de saber externo, ii) aquisição de saber interno, iii) socialização do saber, e iv) codificação do saber.

1.6 - O evolucionismo e a construção de um ambiente

Conforme foi analisado, a firma possui um padrão evolutivo Genético – Filogênico – não-consumado, ou seja, tem-se claro que: a medida em que uma firma evolui, esta evolução é rapidamente absorvida pelo grupo ao qual a firma pertence; a mudança de comportamento organizacional ou gerencial, em função da rapidez de difusão, se dá de forma sistêmica e dentro de uma dinâmica contínua. Historicamente, este padrão evolutivo é resultado de uma série de variáveis que se manifestam em níveis distintos da sociedade.

Embora não exista um caráter determinista no processo evolutivo de todas as firmas, deve-se considerar as especificidades distintas de cada setor. De forma geral, as organizações produtivas possuem uma dinâmica evolutiva. Assim, a firma de caráter Monolítico (típica da 1ª. Revolução Industrial) é seguida pela empresa Multidivisional, que por sua vez é seguida pela empresa Fordista e assim seguidamente até o modelo de Rede de Firma e suas variações (Rede de Produtos Tradicionais, Rede de Produtos Modulares, **Rede de Produtos Complexos** e Rede de Desenvolvimento Tecnológico).

São vários os fatores que podem explicar esta dinâmica evolutiva da firma. Deve-se ter em conta que tanto a firma, como o produto, e mesmo o padrão concorrencial do mercado em que a firma atua, sofrem modificações. A natureza complexa deste processo é por si só uma característica do sistema evolutivo.

Em mercados onde o padrão concorrencial é altamente internacionalizado a semelhança de ambientes é remota. Assim, é factível concluir que as condições sistêmicas (as mesmas que moldam o ambiente de atuação da firma) se modificam, induzindo a firma a desenvolver padrões

de expertise diferenciados. As condições sistêmicas não são semelhantes como também não foram, historicamente, moldadas da mesma forma. Esta assimetria acaba por influenciar a gênese da firma; torna-se claro que as trajetórias das firmas não são simétricas, nem podem ser, a partir do momento em que os ambientes em que atuam não são homogêneos (esta heterogeneidade fica explícita quando comparamos empresas instaladas em países desenvolvidos com empresas instaladas em países de desenvolvimento tardio).

Considerando nosso objeto de estudo, devemos ver o processo evolutivo da cadeia de produção aeronáutica no Brasil sob duas perspectivas. A primeira considerando a empresa que coordena toda a cadeia de produção, a Embraer. Aqui a firma procura focar suas expertises no desenvolvimento e integração de aeronaves, adotando um movimento de elevada internacionalização e compartilhamento de riscos (seguindo a tendência evolutiva de seu segmento). Esta escolha de trajetória tem reflexos imediatos nas trajetórias das empresas fornecedores, principalmente locais. Desta forma a segunda perspectiva fica dada. Os fornecedores seguem o comportamento imposto pela coordenadora da cadeia.

É preciso ter clara a noção de que o processo evolutivo da firma, principalmente nos casos onde uma firma tem a capacidade de coordenar toda uma cadeia local, possui implicações diretas no desenvolvimento de capacidades de aprendizado e de competências de seus fornecedores. A partir do momento em que uma firma, coordenadora de uma cadeia, adota uma trajetória tecnológica ela influencia toda sua rede de fornecedores. Esta influência possui desdobramentos nas capacidades tecnológicas e de desenvolvimento de aquisição e retenção de conhecimento por parte das empresas.

Na verdade, cada firma procura se adequar ao seu ambiente, buscando acentuar suas especificidades mais favoráveis, embora adotem padrões comportamentais homogêneos (no caso da integração de aeronaves este processo é claro, conforme observaremos nos próximos capítulos). Por sua vez, ao se considerar a organização de capacidades e competências devemos ter em mente que ao se analisar a cadeia de fornecedores da Embraer, localizados no Brasil, estamos focalizando uma cadeia inserida em um país de desenvolvimento tardio. Deste modo as especificidades características do produto (de natureza complexa e de alta tecnologia) e do local de atuação das empresas (Brasil) precisam ser ressaltados.

Deve-se destacar que, aliado a este processo gerado no interior da firma, as condições sistêmicas favoráveis e desfavoráveis se mostram presentes. Este cenário, somado as aquisições de competências da firma, funciona como uma espécie de espectro de luz que vai aos poucos se afunilando em direção ao único caminho possível.

Ao se observar a lógica de organização da cadeia produtiva aeronáutica no Brasil, podemos constatar que a integração de aeroestruturas e a construção de uma cadeia de fornecedores internacionalizados, altamente inseridos no interior da firma (ex. parceiros de risco), passa a ser o único caminho de inserção da empresa (integradora de aeronaves) no mercado. Quanto aos fornecedores locais, eles terão que se adaptar rapidamente a este cenário, sob pena de desaparecimento.

Capítulo 2 – A Nova Arquitetura da Cadeia Produtiva Global, Dinâmica de Mercado e as Principais Empresas Integradoras de Aeronaves

Introdução

A indústria aeronáutica mundial não passou a margem das modificações produtivas e organizacionais que caracterizaram os anos 80 e 90. O elevado padrão de concorrência deste setor, focando de maneira agressiva a redução de custos de produção e de desenvolvimento de projetos, induziu as indústrias de aeronaves a se configurarem cada vez mais como indústrias de integração de sistemas. A adoção do conceito BFC²¹ (*Better, Faster, Cheaper*) pelas principais fabricantes (a partir de agora chamadas de integradoras), Boeing e Airbus, acabou por se transformar em um paradigma organizacional induzindo as demais integradoras a reproduzir este modelo.

Atualmente a adoção do BFC é comum tanto nas integradoras de aeronaves de grande porte como nas integradoras de aeronaves médias, onde se destacam a empresa canadense Bombardier e a brasileira Embraer.

Este tipo de estratégia induz a uma série de conseqüências, das quais a mais explícita é a busca pela partilha de custos e riscos na elaboração dos projetos. Desta forma, cria-se condições para uma espécie de padronização dos produtos e de fornecedores. Passa a ser prática usual a observação de um fornecedor de sistemas comum às principais integradoras, como conseqüência direta o número de fornecedores é reduzido de maneira significativa. Ao mesmo tempo, também é verificada uma tendência de especialização nos segmentos de atuação por parte das integradoras. Assim, na produção de aeronaves de grande porte (*majors*) a atuação fica centrada nas empresas Boeing e Airbus, enquanto que no segmento de aviões regionais (*commuters*²²) a produção fica concentrada principalmente nas empresas Bombardier e Embraer.

2.1 – O Contexto internacional

O setor aeronáutico ganha importância, como meio de transporte, a partir da década de 50 através da produção de aviões a jato pela companhia inglesa Comet. Entretanto, após uma série de problemas envolvendo a concepção do projeto a Comet deixa de atuar na produção de aviões

²¹ O conceito BFC procura reduzir o período de elaboração e execução do projeto, assim como criar um padrão de famílias de aeronaves, com o objetivo de reduzir os custos de desenvolvimento e execução do avião, ao mesmo tempo em que reduz o custo de manutenção das aeronaves por parte das companhias aéreas. Na verdade, a idéia do modelo BFC parte do conceito de produção *Lean*, produção enxuta, comum à indústria automobilística já a partir dos anos 80.

²² Aviões *Commuters*: aviões de médio porte usados pelas companhias de tráfego aéreo regional, estes aviões possuem de 10 a 120 assentos.

abrindo espaço para a consolidação da indústria aeronáutica norte-americana, principalmente através das empresas Boeing e Mc Donnell Douglas.

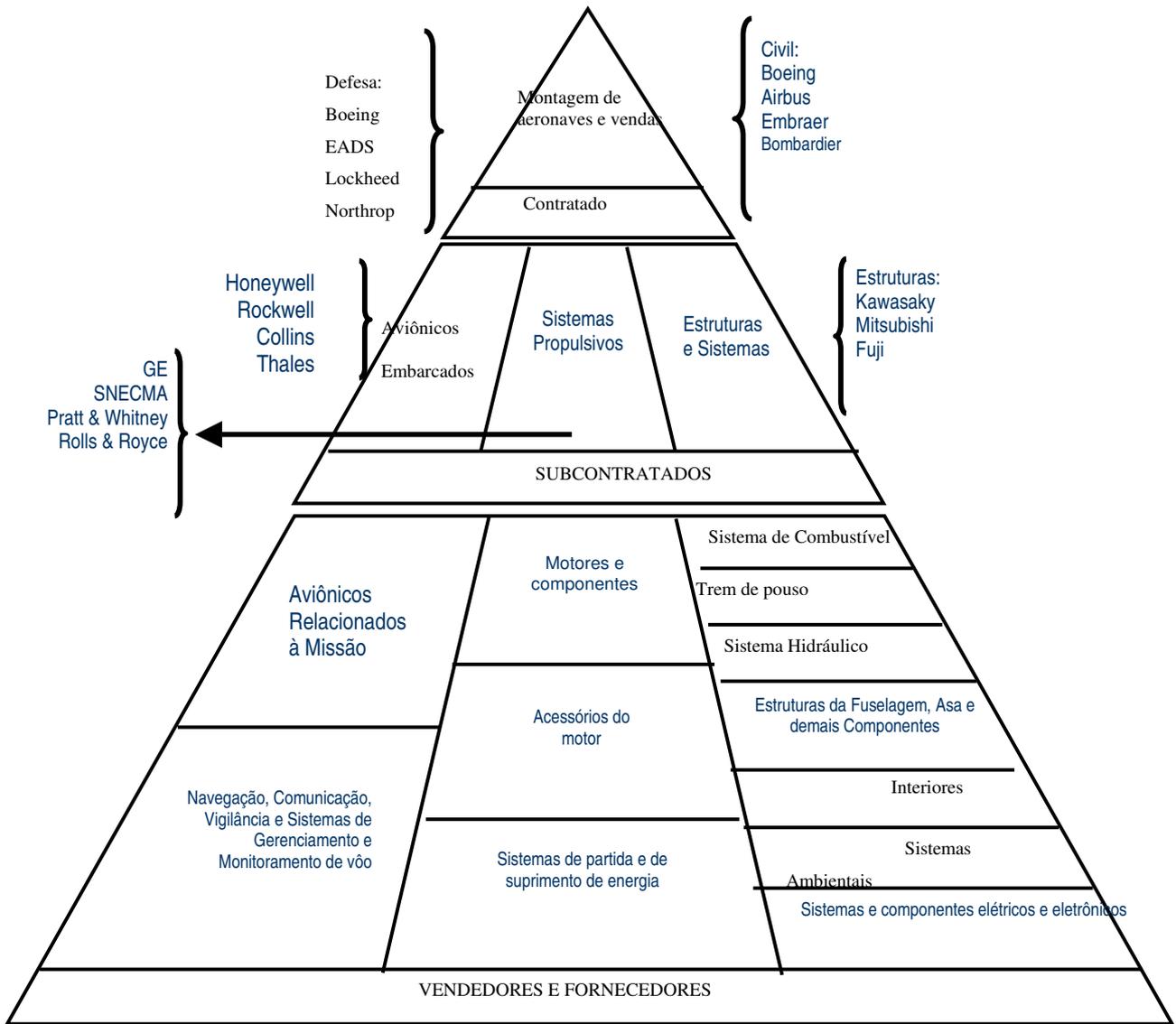
A partir do início da década de 90, após uma série de fusões e incorporações, a indústria aeronáutica norte-americana de aviação civil passa a operar principalmente através da empresa Boeing, atuando no segmento de aviões de grande porte (*majors*). Em contrapartida, na Europa é verificada, na década de 80, a formalização do consórcio Airbus, atuando no segmento de aviões de grande porte. A rápida incorporação de inovações de projeto e de processo, por parte do consórcio Airbus, possibilitou um eficiente ganho de *market share*. Destas inovações, deve-se destacar a “radicalização” na adoção do conceito de famílias de aeronaves, assim como uma agressiva incorporação de eletrônica embarcada, diminuindo o espaço entre os segmentos civis e militares no que diz respeito ao coeficiente tecnológico das aeronaves, e finalmente a adoção da prática de produção modular e parcerias de risco. Todos estes conceitos possibilitaram a Airbus a atuar em condições de igualdade com a Boeing, além de sugerir uma direção a ser seguida pelas demais integradoras.

Na produção de aviões de médio porte (*commuters*) deve-se destacar a participação da empresa canadense Bombardier. A Bombardier possuía uma hegemonia clara do mercado até metade da década de 90, com quase 90% de *market share* no segmento de aviões de 30 a 60 lugares. A partir de 1995, através da atuação da Embraer, as margens de mercado passam a se modificar, observa-se então um ganho significativo de mercado pela Embraer fazendo com que este, hoje, esteja dividido na condição, aproximada, de 52% para a Bombardier e 46% para a Embraer.

A partir da metade da década de 90, é verificado um crescente interesse no segmento de aviões de médio porte. Os motivos deste processo estão vinculados à nova configuração da frota de aeronaves na Europa e nos Estados Unidos. A necessidade de aviões com um número menor de passageiros e com um custo de manutenção reduzido, a fim de atender as rotas entre cidades de médio porte e grandes centros urbanos, criou uma demanda crescente por aviões de características reduzidas, esta demanda reprimida possibilitou um salto na produção de aviões regionais.

A atual estrutura da cadeia aeronáutica mundial está representada na Ilustração 2.1 - Estrutura atual da cadeia Aeronáutica. É possível verificar a existência de 3 grandes grupos de empresas: no topo o contratado principal, na posição intermediária os subcontratados e na base da figura os vendedores e fornecedores.

Ilustração 2.1 - Estrutura atual da cadeia Aeronáutica



Fonte: Embraer

2.1.1 – O mercado mundial de commuters

O mercado mundial de aviões regionais (*commuters*) pode ser dividido em função do tipo de motor utilizado: **jato** ou **turbo hélice**. Atualmente, 92% das encomendas de aeronaves neste segmento (considerando o mercado mundial) são de aviões a jato, contra 8% de turbo hélice.

A principal concorrente da **Embraer** no segmento de aviões *commuters* é a empresa canadense **Bombardier**, embora a empresa alemão-americana **Fairchild Dornier** e a norte americana **Boeing** também tenham uma participação no segmento de aviões regionais. É importante destacar que as configurações das aeronaves são extremamente similares, conforme pode se verificar na Tabela 2.1 – Descrição dos modelos, fatores como número de assentos, autonomia de vôo e velocidade de cruzeiro, não se modificam drasticamente entre um modelo e outro. Quando considerados os modelos 190 da Embraer, CRJ 900 da Bombardier, Boeing 717 e 928 Jet Fairchild, as características são próximas, com exceção da autonomia de vôo. Neste ponto o destaque fica para o projeto 190 com autonomia de 4.260 km contra 3.566 km da Bombardier, 2.645 km da Boeing e 3.500 da Fairchild.

Tabela 2.1 – Descrição dos modelos

Embraer	Passageiros	Alcance	Velocidade de Cruzeiro
ERJ 145	50	3.093 km	833 km/h
170	70	3.889 km	870 km/h
190	98	4.260 km	870 km/h
Bombardier			
CRJ 200	50	3.713 km	860 km/h
CRJ 700	70	3.120 km	829 km/h
CRJ 900	86	2.774 – 3.566 km	850 – 881 km/h
Boeing			
717	106	2.645 km	850 km/h
Fairchild			
528 JET	55 – 65	3.000 – 3.300 km	830 km/h
728 JET	70 – 80	2.700 – 3.500 km	850 – 881 km/h
928 JET	95 – 110	3.500 km	870 km/h

Fonte: Embraer, Bombardier, Boeing e Fairchild.

Avaliando o preço (Tabela 2.2 - Preço: Embraer x Bombardier), é possível constatar que o modelo da Embraer ERJ 145 está em US\$18.5 milhões, enquanto o Bombardier CRJ 200 está orçado em US\$21 milhões; entretanto, existe a possibilidade de oscilações de valores em função dos **pacotes**²³ demandados pelos clientes.

Tabela 2.2 - Preço: Embraer x Bombardier

Embraer	Preço
ERJ 145	US\$18.5 milhões
Bombardier	
CRJ 200	US\$21 milhões

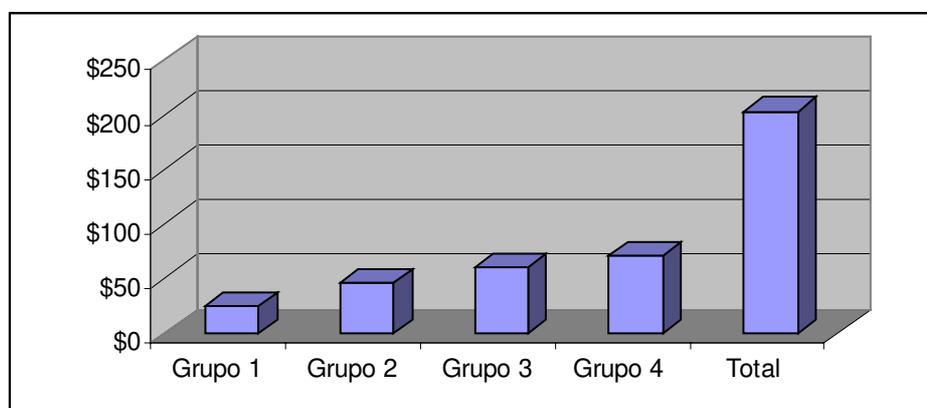
Fonte: Embraer (Cassiolato, Bernardes e Lastres, 2002).

Em uma análise recente, a **Fairchild Aerospace** (Fairchild, 2000) estimou o mercado de aviões regionais para os próximos 20 anos em US\$ 203 bilhões. Nesta previsão de mercado, o segmento de aeronaves regionais foi dividido em números de assentos para cada avião. Assim, dividiu-se o segmento de *commuters* em quatro grupos sendo estimados os seguintes valores para cada grupo (Gráfico 2.1 - Estimativa de mercado para *commuters* até 2023 por grupos e total):

- primeiro grupo (25-44 assentos): US\$24,36 bilhões;
- segundo grupo (50-65 assentos): US\$46,69 bilhões;
- terceiro grupo (66-85 assentos): US\$60,90 bilhões;
- quarto grupo (86-110 assentos): US\$71,05 bilhões.

²³ Como **pacotes**, neste caso, são consideradas as configurações das aeronaves encomendadas pelas companhias aéreas. Estas configurações estão vinculadas a fatores como autonomia de voo, números de assentos e acabamento interno da aeronave.

Gráfico 2.1 - Estimativa de mercado para *commuters* até 2023 por grupos e total
(em US\$ bilhões)



Fonte: Fairchild (2000)

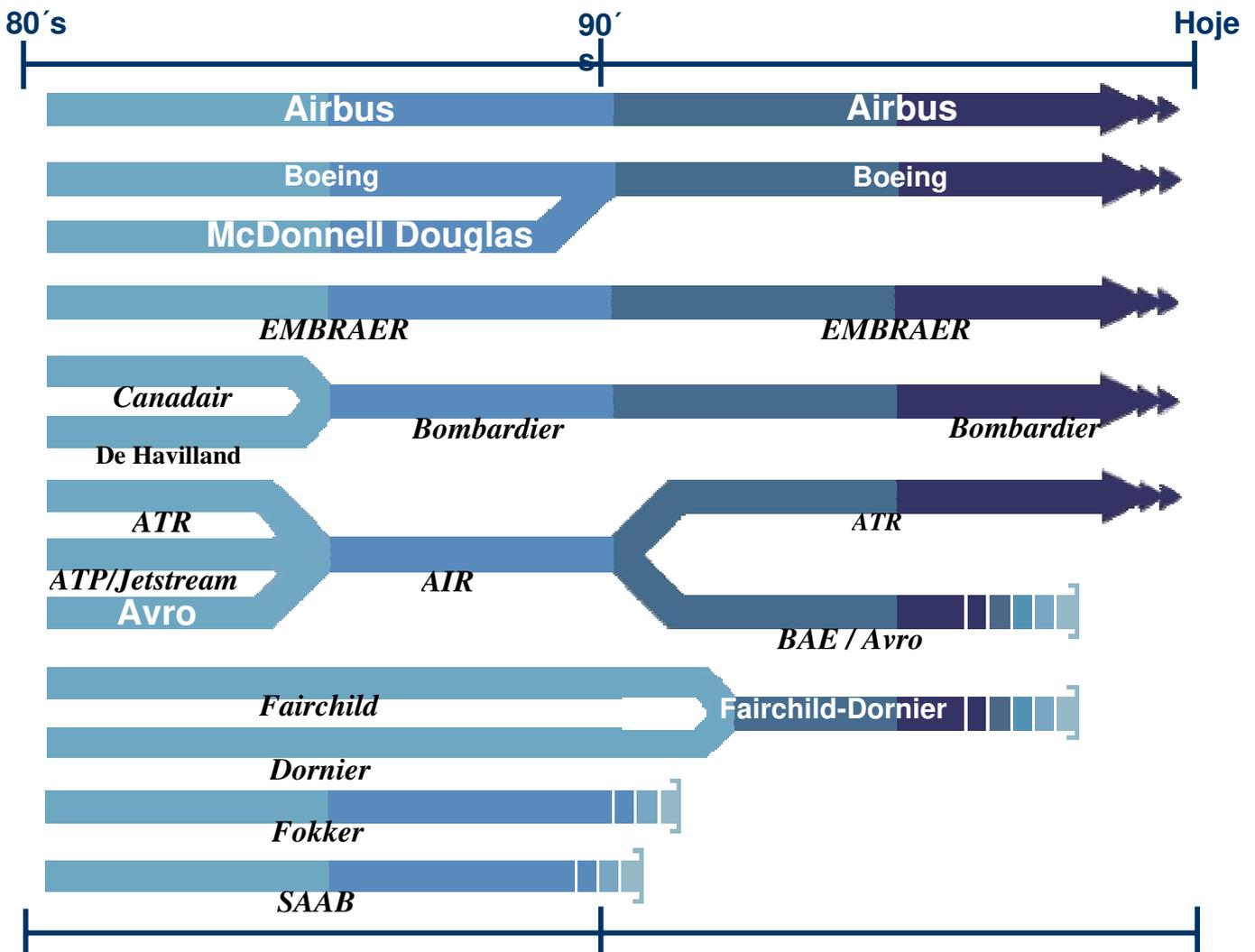
2.2 - Configuração internacional do setor

É possível observar sete grandes grupos atuando no setor aeronáutico atualmente (ver Ilustração 2.2 – Consolidação das integradoras de aeronaves):

- **Boeing (EUA):** resultado de uma seqüência de associações entre a Rochwell A+D e a Boeing (em 1996), Mc Donnell e a Douglas (em 1992) e, finalmente, a Boeing e a Mc Donnell Douglas (em 1997);
- **Airbus (Alemanha, França, RU e Espanha);**
- **Embraer (Brasil);**
- **Bombardier (Canadá):** resultado da fusão entre a De Havilland e a Canadair;
- **ATR (França, Itália):** resultado do desmembramento da AIR;
- **BAE/Avro (Reino Unido, Alemanha, EUA):** resultado do desmembramento da AIR;
- **Fairchild-Dornier (Alemanha, EUA):** resultado da associação entre Fairchild e Dornier;

Estas incorporações e fusões trazem para todo o setor aeronáutico e, em especial, para os segmentos civis de aviões de grande porte e regionais uma característica concorrencial elevada. Do grupo acima, é importante destacar que a Fairchild-Dornier atravessa um período financeiro crítico, encontrando dificuldades na viabilização de seus projetos. A tônica no setor aeronáutico civil passa a ser uma tendência crescente de redução do período de desenvolvimento do produto e nos custos de produção (Murman, Walton e Rebentisch, 2000). Cria-se assim, um padrão comportamental que extrapola o segmento de aviões de grande porte atingindo também a produção de aviões regionais.

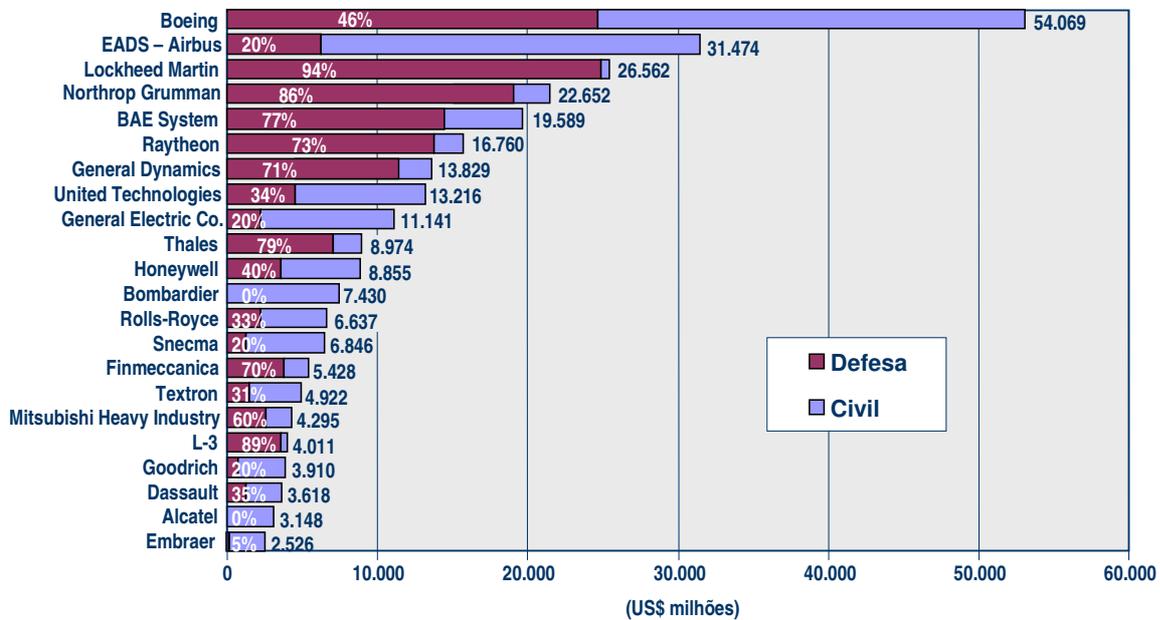
Ilustração 2.2 – Consolidação das integradoras de aeronaves



Fonte: Embraer

Gráfico 2.2 – Ranking Faturamento Aeroespacial (Civil e Defesa) - 2002

Ranking Faturamento Aeroespacial - Civil e Defesa



Rosoboronexport não foi considerada – US\$ 4.3 bilhões

Fonte: Embraer

O gráfico 2.2 apresenta o faturamento e o ranking do setor aeroespacial, dividido em dois segmentos: civil e defesa. É possível observar que as principais integradoras, *majors*, possuem parte importante de seu faturamento proveniente do segmento militar. Por outro lado, ao se observar as integradoras de *commuters* o perfil do faturamento se modifica drasticamente. No caso da Embraer, a participação do segmento de defesa é muito reduzido. Já no caso da canadense Bombardier é constatado que a empresa não atua neste segmento. Entretanto, devemos fazer uma ressalva importante, tanto no caso da Embraer como no caso da Bombardier houve um forte aprendizado e capacitação em função do segmento militar. No caso da Embraer este aprendizado ocorre de várias formas principalmente no projeto AMX, conforme veremos no capítulo 3. No caso da Bombardier o aprendizado vem em decorrência de uma “herança” da De Havilland.

Observando o número de indústrias, neste segmento de aeronaves *commuters*, podemos constatar uma redução no número de empresas integradoras de aeronaves. De onze empresas, em 1988, o número cai para seis em 2002 (Tabela 2.3 – Evolução da indústria de aeronaves regionais). A análise da Tabela 2.3 merece alguns comentários: é importante salientar que embora existam 6 empresas integradoras de aeronaves, somente três delas (Embraer, Fairchild e Bombardier) atuam no segmento de aviões regionais a jato; as empresas restantes trabalham na produção de aviões executivos e aviões regionais turbo hélice. Mesmo nas três empresas integradoras de aviões regionais a jato, duas atuam de maneira destacada e são as líderes neste segmento: Embraer e Bombardier.

Tabela 2.3 – Evolução da indústria de aeronaves regionais

1985	1990	1995	2000
Embraer (Brasil) Canadair (Canadá) De Havilland (Canadá)	Embraer (Brasil) Bombardier (Canadá) AIR (França-Itália, Reino Unido)	Embraer (Brasil) Bombardier (Canadá) ATR (França-Itália)	Embraer (Brasil) Bombardier (Canadá) ATR (França-Itália)
ATR (França-Itália)	Fairchild (EUA)	BAE/Avro (Reino Unido)	BAE (Reino Unido)
ATP/Jetstream (EUA)	Dornier (Alemanha)	Fairchild-Dornier (Alemanha-EUA)	Fairchild-Dornier (Alemanha-EUA)
Avr (Reino Unido) Fairchild (EUA) Dornier (Alemanha) Saab (Suécia) Fokker (Holanda)	Fokker (Holanda) Saab (Suécia)		
10 empresas	7 empresas	5 empresas	5 empresas

Fonte: The Weekly of Business Aviation

Na Tabela 2.4 - Aeronaves em serviços e em encomenda (2001) – Todas as Classes, é possível ter uma visão mais clara do atual quadro de produção de aviões comerciais. Na Tabela os modelos destacados (em negrito) são os correspondentes aos aviões regionais a jato (objeto central deste estudo). Chama a atenção a disparidade dos números entre Bombardier, Embraer e Fairchild.

Tabela 2.4 - Aeronaves em serviços e em encomenda (2001) – Todas as Classes

Aeronave	Em serviço	Em encomenda	Total
Aerospatiale Corvette	3	0	3
Aerospatiale/Bae Concorde	13	0	13
Airbus A300	497	25	522
Airbus A310	255	5	260
Airbus A318	0	161	161
Airbus A319	318	383	701
Airbus A320	893	535	1.428
Airbus A321	172	206	378
Airbus A330	174	192	366
Airbus A340	190	119	309
Airbus A380	0	50	50
Antonov 72/74	9	0	9
Antonov 124	17	0	17
Antonov 225	1	0	1
Avro (Bae) RJ 70	13	0	13
Avro (Bae) RJX 70	0	0	0
Avro (Bae) RJ 85	79	5	84
Avro (Bae) RJX 85	0	2	2
Avro (Bae) RJ 100	65	4	69
Avro (Bae) RJX 100	0	0	0
BAC (Bae) One eleven	101	0	101
Bae 146	203	0	203
Beech 400 Beechjet	3	0	3
Boeing BBJ	42	14	56
Boeing 707	94	0	94
Boeing 717-200	44	107	151
Boeing 727	1.189	0	1.189
Boeing 737-100/200	830	0	830
Boeing 737-300/400/500	1.988	0	1.988
Boeing 737-600/700/800/900	683	1.002	1.685
Boeing 747	1.041	74	1.115
Boeing 757	948	79	1.027
Boeing 767	817	84	901
Boeing 777	316	247	563
Canadair 600/601 Challenger	2	0	2

Bombardier CRJ 100	237	15	252
Bombardier CRJ 200	223	288	511
Bombardier CRJ 700	0	174	174
Bombardier CRJ 900	0	10	10
Cessna Citation series	34	0	34
Dessault Falcon series	71	0	71
Douglas DC 8	225	0	225
Douglas DC 9	714	0	714
McDonnell Douglas MD80 series	1.191	0	1.191
McDonnell Douglas MD 90 series	114	0	114
Douglas DC 10	340	0	340
McDonnell MD 11	187	6	193
Embraer ERJ 135	68	89	157
Embraer ERJ 140	0	139	139
Embraer ERJ 145	292	262	554
Embraer ERJ 170	0	88	88
Embraer ERJ 190/200	0	30	30
Fairchild/Dornier 328 JET	48	76	124
Faichild/Dornier 728 JET	0	114	114
Fairchild/Dornier 928JAT	0	4	4
Fokker F 28 Fellowship	169	0	169
Fokker 70	42	0	42
Fokker 100	277	0	277
GAC G 1159 Gulfstream II/III/IV	14	0	14
Hawker Siddeley (Bae) 125	11	0	11
HFB 320 Hansa Jet	9	0	9
Iiushin II 62 Series	83	0	83
Iiushin II 76 Series	226	0	226
Iiushin II 86	79	0	79
Iiushin II 96	8	6	14
Israel Aircraft Industries 1121/1124	10	0	10
Learjet (Todos os modelos)	85	0	85
Lockheed L 1011 Tristar	135	0	135
Lockheed L 1329 Jetstar	1	0	1

Sud SE 210 Caravelle	12	0	12
Tupolev Tu 134 Series	188	0	188
Tupolev Tu 154 Series	446	0	446
Tupolev Tu 204	9	13	22
Yakolev Yak 40	239	0	239
Yakolev Yak-42	87	0	87
Total	16.874	4.610	21.48
			2

Fonte: www.eaglesgate.com (Dados atualizados em 2001)

Os aviões regionais a jato (*commuters*) estão marcados em negrito.

A Tabela 2.5 - Agregação de valor na cadeia Aeronáutica, apresenta valores de projetos em seus respectivos segmentos, aqui estão sendo consideradas as empresas integradoras (majors e commuters) assim como os fornecedores de aeroestruturas e sistemistas. A tabela demonstra aspectos como faturamento médio das empresas, o volume de anual de investimento em P&D, a relação entre o investimento e o preço do produto assim como o ciclo para o desenvolvimento do projeto.

Tabela 2.5 - Agregação de valor na cadeia Aeronáutica

Segmento	Empresa	Faturamento	Investimento anual em P&D	Investimento (I)	Preço (P)	% (P/I)	Ciclo de desenvolvimento do projeto (meses)
Aeronaves majors	Boeing/Airbus	US\$ 60 bi	US\$ 6 bi	Boeing 777 US\$ 7 bi	777-300 US\$ 201 mi	3%	60
Aeronaves commuters	Embraer/Bombardier	US\$ 10 bi	US\$ 1 bi	Embraer 170 US\$ 560 mi	Embraer 170 US\$ 21 mi	4%	45
Propulsão	GE, PW, RR	US\$ 30 bi	US\$ 3 bi	GE CF 34 US\$ 1 bi	US\$ 3 mi	0,3%	120
Aviônicos	Honeywell, Rockwell Colins, Parker	US\$ 20 bi	US\$ 2 bi	Honeywell Primus 2 US\$ 260 mi	US\$ 1,3 mi	0,5%	60
Estrutura	Kawasaky, Mitsubishi, Fuji	US\$ 1 bi	US\$ 0,8 mi	KHI asa Embraer 170 US\$ 200 mi	US\$ 1,2 mi	0,6%	45

Fonte: Embraer

É importante destacar a redução significativa do ciclo de desenvolvimento do projeto Embraer 170, historicamente o período de desenvolvimento era de 60 meses. Também chama a atenção o período de desenvolvimento de sistemas complexos, como o sistema de propulsão, onde o ciclo de concepção se completa com 120 meses.

Deve-se também ressaltar o volume de faturamento das principais empresas envolvidas na cadeia de produção. Algumas destas empresas, fornecedoras possuem um faturamento maior do que as próprias integradoras, no segmento *commuters*. Entretanto, na coluna que relaciona preço do produto a investimento em P&D a proporção mais significativa fica na integração de aeronaves *commuters*, mesmo quando comparado com as aeronaves *majors*.

2.2.1 – Exemplos de dificuldades na integração de aeronaves

O elevado padrão concorrencial no segmento de aeronaves *commuters* conduziu algumas firmas tradicionais, na integração de aeronaves, a se retirarem do nicho de aviões regionais ou simplesmente encerrar suas atividades.

O caso mais forte deste movimento aconteceu com a Fokker, a tradicional fabricante holandesa de aviões fundada em 1912. Apesar do sucesso dos aviões Fokker 70 e Fokker 100, e com mais de 1,2 mil aviões fabricados, a Fokker faliu em 1996.

Outro exemplo é o da empresa sueca Saab. Depois de mais de 50 anos de história, a companhia decidiu finalizar suas atividades de fabricação de aeronaves regionais em 1997. Dispondo de um portfólio focado nos turboélices Saab 2000 e Saab 340, a companhia não suportou a pressão dos jatos regionais canadenses e brasileiros, deixando uma dívida com o governo de US\$ 220 milhões.

A BAE System, o conglomerado de aviação e defesa britânico se retirou do mercado civil em 2001, quando os programas de jatos regionais RJ e RJX foram descontinuados.

Finalmente o caso da Fairchild Dornier, a companhia de jatos regionais, associação entre a americana Fairchild e a alemã Dornier, entrou em falência em 2002, abortando o programa 328, e os projetos 728 e 928, que já contavam com mais de 140 pedidos. Atualmente, existem esforços buscando a continuidade dos trabalhos da Fairchild Dornier, deste modo algumas das análises deste trabalho consideram ainda os números desta empresa.

2.3 – Fornecedores de sistemas

O contorno da cadeia de fornecedores, em parte, acompanha a distribuição espacial das firmas integradoras de aeronaves. É observado um adensamento de fornecedores em torno das principais integradoras localizadas na Tríade. Parte deste processo pode ser explicado em função da proximidade geográfica e ambiente macroeconômico e institucional compartilhado por estas empresas²⁴.

Ao se verificar a cadeia produtiva canadense *vis-à-vis* a cadeia brasileira as diferenças não são insignificantes. A princípio, é perceptível a elevada internacionalização das empresas fornecedoras de componentes no Canadá. A proximidade espacial com o forte complexo aeroespacial e militar norte americano induz a uma trajetória bem sucedida destas empresas. Conforme relata Tyson (1992), existe uma estratégia clara do governo norte-americano em não concentrar as atividades tecnológicas e produtivas deste complexo em poucas firmas, desta maneira a cadeia canadense pode ser beneficiada pela elevada demanda de um mercado **relativamente** aberto e receptivo. Atualmente, a cadeia aeroespacial canadense é composta por mais de 80 empresas altamente capacitadas, com uma inserção elevada junto às principais integradoras de aeronaves e com um projeto de financiamento à P&D bem estruturado e pouco parcimonioso na alocação de recursos. É difícil apontar elos frágeis nesta cadeia. Todas as atividades produtivas estão presentes na cadeia canadense, desde a concepção e integração de aeronaves e turbinas, até o desenvolvimento de aviônicos e acabamentos internos da aeronave.

2.3.1 - Sistema de Propulsão

O sistema de propulsão representa cerca de 20% do preço de uma aeronave. Caracterizado por ser também um sistema complexo (Bonaccorsi e Giuri, 2000), sua produção exige níveis elevados de investimentos em produção e em P&D. Os principais fornecedores de sistemas de propulsão estão representados na Tabela 2.6 - Fabricantes de sistema de propulsão.

²⁴ Tese confirmada por Sturgeon (1997) e Furtado (2000). Embora os autores estejam discutindo outros setores, a similaridade entre a cadeia eletrônica norte-americana e a cadeia de software embarcado brasileira são significativas quando comparado com a cadeia de produção de aeronaves no Brasil.

Tabela 2.6 - Fabricantes de sistema de propulsão

Empresa	País de origem
Primeiro Nível	
General Eletric (GE)	Estados Unidos
Pratt & Whitney (P&W)	Canadá
Rolls-Royce (RR)	Reino Unido
Segundo Nível	
Honeywell Engines & Services	Estados Unidos
Allison Engine Company	Estados Unidos – Reino Unido
Snecma	França
Turbomeca	França
Williams International	Estados Unidos
Textron Lycoming	Estados Unidos
Teledyne Continental Motors	Estados Unidos
Terceiro Nível	
BMW RR	Reino Unido – Alemanha
CFM International	Estados Unidos – França
Engines Alliance	Estados Unidos – Canadá
CFE	Estados Unidos
EUROJET	Reino Unido – Itália – Alemanha – França
SPW	França – Canadá
International Aero Engines	Reino Unido – Canadá – Japão – Alemanha

Fonte: elaboração própria

É interessante observar a forma de interação entre os fabricantes de sistemas de propulsão. Neste segmento de mercado, os grandes *players* são os fabricantes de primeiro nível (GE, PW e RR). É possível verificar a atuação destes atores, de forma intensa, na participação societária das empresas de segundo e terceiro nível. A RR atua como sócia majoritária nas empresas: Allison, BMW, Eurojet, International Aero Engines. A GE também atua como majoritária nas empresas:

CFM, Engines Alliance, CFE. Por fim, a PW é participante nas empresas: Engines Alliance, SPW e International Aero Engines. As duas únicas empresas do segundo nível que atuam também em outras empresas (de terceiro nível) são a Snecma, atuando como sócia na CFM e SPW; e a Honeywell, sócia na CFE.

Normalmente, os grandes *players* tem como estratégia concentrar a atividade de P&D nas empresas de terceiro nível. Após a “maturação” de algumas tecnologias elas são incorporadas nas firmas de primeiro nível. Esta estratégia busca uma maior racionalidade na atuação da P&D por parte dos grandes *players* ao incorporar tecnologias maduras em suas atividades de pesquisa e desenvolvimento. Exemplos como o desenvolvimento de novos materiais para a utilização nas palhetas das turbinas ou ainda a utilização de novos materiais compostos para a produção de motores são comuns nas relações entre produtores de terceiro nível, como a CFM, e produtores de primeiro nível como a GE. Outro exemplo acontece na empresa CFE, no desenvolvimento da integração de novos sistemas de combustível, em conjunto com a Honeywell e a GE – sócias majoritárias na sua composição acionaria. Estes exemplos tornam claro o papel exercido pelas empresas de terceiro nível e sua relação com os grandes *players* e mesmo na relação entre estes *players* e grandes fornecedores sistemistas como a Honeywell.

Outro aspecto comum aos grandes *players* é a estratégia de centrar a atividade produtiva na matriz, enquanto a manutenção está aberta às filiais.

2.3.1.1 - O sistema de propulsão no segmento de *commuters*

Considerando a produção de aviões *commuters*, as empresas presentes como fornecedoras são os três grandes *players*:

- General Eletric (GE)
- Pratt & Whitney (P&W)
- Rolls-Royce (RR)

As demais atuam nos segmentos de aviões de pequeno porte e militar.

É possível verificar que estas três maiores indústrias atuam no Brasil na manutenção de turbinas, estando instaladas respectivamente em Petrópolis/RJ, Sorocaba/SP e São Bernardo do Campo/SP. O processo de manutenção e revisão de turbinas exige padrões de qualificação e capacitação elevados; a rotina de revisão de motores exige o desmonte completo das partes, assim como testes rígidos a fim de assegurar a confiabilidade dos procedimentos.

Todas as turbinas têm como procedência suas matrizes instaladas nos EUA, Canadá e Inglaterra (no caso da **RR**, parte dos motores é produzida nos EUA devido à aquisição da **Allison** pela **RR**).

No caso da Embraer, observando os projetos de aviões das famílias 145 e 170, constata-se uma mudança entre fornecedores (Tabela 2.7 - Aviões e turbinas). A família 145 tem como fornecedor a **RR** (motores AE 3007 A), enquanto a família 170 tem como fornecedor a **GE**. Em ambos os casos foram instituídos procedimentos de parceria de risco na elaboração do projeto.

Convém ressaltar que as características das turbinas são semelhantes, não incorrendo modificações significativas entre elas (fato confirmado pelas próprias empresas em contatos anteriores ao trabalho de campo). Exemplo disto é o fato da Bombardier, Boeing e Fairchild utilizarem o mesmo modelo de turbinas (**GE-GF 34**) para os aviões CRJ 200, CRJ 700, 717, 728 JET e 928 JET, cujas características são semelhantes aos 145 e 170 da Embraer.

Tabela 2.7 - Aviões e turbinas

Embraer/Motor		Bombardier/Motor		Boeing*/Motor		Fairchild/Motor	
Família 145	RR AE 3007	CRJ 200	GE CF 34	Não produz aviões neste segmento.		528 JET	GE CF 34
Família 170	GE CF 34	CRJ 700	GE CF 34	717	RR BR715	728 JET	GE CF 34

Fonte: Embraer, Bombardier, Boeing e Fairchild.

A opção foi apresentar os modelos produzidos e que competem diretamente entre si.

RR – Rolls-Royce - Allison

P&W – Pratt-Whitney

GE - General Electric

2.3.2 - Os sistemas aeronáuticos

A compreensão deste elo da cadeia aeronáutica exige algumas caracterizações, deve-se ter em mente que as tecnologias incorporadas nestes sistemas, embora críticas, são consideradas tecnologias maduras, ou seja já testadas e consolidadas no mercado. A P&D²⁵ desenvolvida nestes produtos está vinculada à adaptação dos sistemas ao projeto²⁶. Muitas das firmas que fornecem sistemas aeronáuticos possuem faturamento superior à própria Embraer.

²⁵ A Honeywell investe aproximadamente 3,8% de seu faturamento em P&D. Em 1999 a Honeywell depositou nos EUA 275 patentes.

²⁶ Os aviônicos representam aproximadamente 3% do preço da aeronave.

Assim como na produção de sistemas de propulsão, estas firmas fornecem para as principais integradoras de aeronaves de grande e médio porte, além do complexo militar e espacial norte americano.

Entre as empresas que se destacam na produção de sistemas aeronáuticos é possível citar:

- Parker Ae
- Goodrich
- Honeywell
- Bae Systems
- TRW.

Os produtos desenvolvidos por estas empresas são tecnologicamente semelhantes, logo, o que define o fornecimento é o **pacote**²⁷ oferecido às empresas integradoras.

A Tabela 2.8 - Sistemas aeronáuticos utilizados pelas famílias 145, 170 e 728 JET, apresenta três sistemas (sistema de combustível, sistema de controle de voo e sistema hidráulico) e seus fornecedores para as famílias 145 e 170, Embraer, juntamente com os sistemas da família de jatos 728 JET, Fairchild.

Nestes casos, a Embraer utiliza os sistemas fornecidos pela: Parker Aerospace (Parker Ae) para as suas duas famílias de aeronaves. A Fairchild utiliza os sistemas da Parker Ae e Goodrich.

Embora a Parker Ae possua instalações no Brasil, sua estratégia quanto à produção destas peças não considera a nacionalização destes componentes, nem mesmo o desenvolvimento de parte da P&D no país. Segundo depoimento de seu diretor geral para o setor aeroespacial, os técnicos que trabalham na adaptação dos sistemas com a Embraer estão vinculados à Parker Ae nos EUA, não possuindo vínculo algum com a Parker Brasil. A atuação da filial brasileira fica focada na intermediação comercial entre a matriz (EUA) e a Embraer, podendo se caracterizar como um “escritório de representação”, ou ainda como um “escritório de exportação” da Parker Ae americana.

²⁷ Entenda-se como **pacote** a capacidade destas empresas produtoras de sistemas em participar como parceira de risco na definição e elaboração do projeto de aeronaves.

Tabela 2.8 - Sistemas aeronáuticos utilizados pelas famílias 145, 170 e 728 JET

Modelos	Sistema de Combustível	Sistema de Controle de Vôo	Sistema Hidráulico
ERJ 145 (Embraer)	Parker Ae	Parker Ae	Parker Ae
170 (Embraer)	Parker Ae	Parker Ae	Parker Ae
728 JET (Fairchild)	Goodrich	Parker Ae	Parker Ae

Fonte: Embraer e Fairchild.

Outro aspecto importante é a semelhança técnica dos sistemas embarcados. Considerando os produtos desenvolvidos pela Parker Ae é possível constatar que eles são semelhantes aos produzidos pelas suas concorrentes principais: Honeywell, TRW, Bae Systems e Goodrich. Logo, o que define o fornecimento é o pacote oferecido durante a fase de determinação dos parceiros de risco.

2.3.3 - Aeroestruturas

A estrutura representa aproximadamente 12% do preço do avião. Embora a produção de aeronaves seja complexa, a montagem de sua estrutura é intensiva em mão de obra (qualificada). É importante ressaltar que o padrão de mecanização na montagem de estrutura é extremamente baixo, o que dificulta a adoção integral de processos produtivos utilizados na indústria automotiva. A variável qualificação de mão de obra é determinante neste elo da cadeia.

Aqui, está sendo considerada estrutura a produção de: fuselagem da asa, *randome*, interior da aeronave e elos de fuselagem. As empresas com destaque são:

- C&D
- Norton
- Saint-Gobain
- Pilkington
- Dassell Cabin Interior
- EADS-CASA
- Sonaca
- Gamesa
- Hexcel Structures
- Kawasaki

Na Tabela 2.9 - Partes da estrutura utilizada pelas famílias 145, 170 e 728 JET, é possível verificar o fornecimento de: interiores, fuselagem da asa e *randome*.

No caso do desenvolvimento e fornecimento de interiores, a empresa norte americana C&D está presente nas duas famílias de aeronaves da Embraer. No exemplo do *randome* se observa uma mudança de fornecedor: na família 145 a empresa fornecedora é a Norton, enquanto na família 170 o fornecedor é a Saint-Gobain. Na fuselagem da asa, o fornecedor da família 145 é o grupo Gamesa, enquanto que na família 170 é a empresa brasileira Akaer. No caso da família 728 Jet da Fairchild os fornecedores são outros, Dasell Cabin Interior (interiores), EADS-CASA (fuselagem e partes da fuselagem) e Hexcel Structures (Randome). É importante destacar que o nível de capacidade tecnológica destas empresas é semelhante, os padrões de produção e tecnologias incorporadas aos produtos não se modificam; isto acaba por criar um padrão concorrencial elevado entre elas. Novamente o que define a escolha do fornecedor é o **pacote** oferecido à integradora quando da definição do projeto.

Tabela 2.9 - Partes da estrutura utilizada pelas famílias 145, 170 e 728 JET

Modelos	Interiores	Fuselagem da Asa	<i>Randome</i>
ERJ 145	C&D	Gamesa	Norton
170	C&D	Akaer	Saint-Gobain
728 JET	Dasell	EADS-Casa	Hexcel

Fonte: Embraer (em: Cassiolato, Bernardes e Lastres, 2002) e Fairchild.

A empresa Akaer é umas das poucas empresas de origem de capital nacional que desenvolveram o *co-design* com a Embraer (no modelo 170). A empresa faz parte do consórcio de empresas exportadoras aeroespacial HTA (*High Technology Aeronautics*), Tabela 2.10 - Consórcio HTA – empresas e atividades. O esforço deste grupo de empresas é a busca pela internacionalização de suas atividades. Quando observado o caso das empresas de origem de capital externo (atuando ou não no Brasil), o fato da elevada internacionalização impede que práticas de monopsonio possam ser utilizadas; entretanto, quando verificado o caso das empresas de origem de capital nacional, este problema se manifesta de maneira intensa. A capacidade da Embraer em exercer um poder de mercado neste segmento, contra estas empresas, é forte e acaba por explicitar a fragilidade de alguns elos da cadeia de produção com pouca inserção no mercado internacional.

Tabela 2.10 - Consórcio HTA – empresas e atividades

Empresa	Área	Cidade
Akaer	eng. <i>Design</i>	São Jose dos Campos
Melbo	eng. <i>design</i>	Caçapava
Automata	Industrial	Taubaté
Bronzeana	Industrial	São Jose dos Campos
Graúna	Industrial	Caçapava
Mirage	Industrial	São Jose dos Campos
SPU	Industrial	Caçapava
Status	Industrial	São Jose dos Campos
Alltec	Compostos	São Jose dos Campos
Tecplass	Compostos	São Jose dos Campos
Aeroserv	Serviços	São Jose dos Campos
Compoende	Serviços	Tremembé
Metinjo	Serviços	São Jose dos Campos
Leg	Serviços	São Jose dos Campos
Polycad	Eng. <i>design</i>	São Jose dos Campos

Fonte: HTA

2.4 – A Certificação

O setor aeronáutico caracteriza-se pela elevada exigência das agências certificadoras. No Brasil, este papel fica sob responsabilidade do IFI/CTA, entretanto, como os principais clientes estão localizados nos EUA e União Européia é necessário que os critérios das agências certificadoras destes mercados sejam seguidos. Neste contexto, a FAA (*Federal Aviation Administration/EUA*) e a EASA²⁸ (*European Aviation Safety Agency*) têm especial destaque. É importante salientar que muitas vezes a própria Embraer exerce o papel de órgão certificador junto aos seus fornecedores locais; a certificação possui um papel estratégico e fundamental na cadeia aeronáutica, caracterizando-se como uma barreira de entrada para os fornecedores de origem de capital nacional a partir do momento em que poucos conseguem se adequar aos rígidos padrões de certificação impostos pelo setor²⁹.

2.5 - Inserção internacional

A produção de aviões regionais (*commuters*) possui como característica a elevada concentração de atividades próxima a poucas empresas (Boeing, Bombardier, Embraer e Fairchild).

É importante considerar a crescente participação de aeronaves brasileiras no mercado internacional. A expectativa existente na Embraer é que o 170 venha a preencher uma lacuna

²⁸ Até 2003 muitos países utilizavam os serviços do JAA (*Join Aviation Authority/Europa*) que recomendava a cada país membro a emissão do seu certificado. A partir de 2004 a comunidade européia criou a EASA que emite um certificado válido para os países membros.

existente entre o Boeing 737 e os pequenos jatos comerciais, conseguindo atender à demanda com eficiência e segurança (afirmação de Frederico Curado, diretor vice-presidente para o Mercado de Aviação Comercial da Embraer). Quanto ao projeto, algumas características ainda devem ser ressaltadas: ele se ajusta aos padrões europeus de restrições do nível de ruído, além de incorporar a tecnologia *fly by wire* (comandos primários de vôos elétricos e controlados por computadores), recurso este usado apenas em aeronaves militares e aviões de grande porte.

Desta maneira, existe uma expectativa otimista no crescimento do volume de aeronaves além do apresentado na tabela acima. Convém ressaltar que assim como a Embraer, a Bombardier também desenvolve projeto semelhante, entretanto, é importante destacar o curto período de desenvolvimento do projeto 170, demonstrando uma eficiência por parte da Embraer em se adequar aos novos ditames da gestão de projetos no setor.

Nos gráficos 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 estão apresentados os *market share* das principais integradoras de aeronaves. Inicialmente (Gráfico 2.3 - *Market Share* acumulado 30 - 60 assentos) é apresentado o segmento de aeronaves de 30 a 60 assentos, onde a Embraer e Bombardier possuem respectivamente 46% e 50% do mercado enquanto a Fairchild trabalha com 4%.

No segmento de 61 a 90 lugares (Gráfico 2.4 - *Market Share* acumulado: 61 – 90 assentos) são observadas as margens de: Bombardier 72%, Embraer 26% e Fairchild 2%.

O Gráfico 2.5 -*Market Share* acumulado: 91 – 120 assentos, apresenta o segmento de 91 a 120 assentos; aqui é observado a Boeing com 71%, Airbus 22%, Embraer 6% e Fairchild 1%.

Finalmente, no gráfico 2.6, estão apresentados os *market share* considerando as aeronaves de 30 a 120 lugares, onde todas as 6 principais integradoras estão sendo consideradas e a Bombardier surge com 44%, a Embraer com 36%, a Boeing com 13%, a Airbus com 4% e a Fairchild com 3%. Deve-se levar em conta que as duas maiores empresas integradoras, Boeing e Airbus, trabalham principalmente no segmento de aeronaves de grande porte (*majors*), enquanto o gráfico apresenta o mercado de *commuters*. Outro aspecto que chama a atenção é o fato de que a Embraer obteve um ganho de *market share* inicial principalmente sob a Boeing. Este aspecto pode se justificar no foco estabelecido pelo Boeing em atuar, principalmente, no segmento de aviões *majors*.

²⁹ O processo de certificação será tratado com maiores detalhes nos próximos capítulos deste trabalho.

2.6 – Conclusões

A nova configuração do setor de integração de aeronaves, principalmente a partir da década de 80, impôs gradativamente uma homogeneização nas aeronaves *majors* e *commuters*. A concentração da produção, em poucas integradoras, também ocorreu na produção de peças, sistemas aeronáuticos e estruturas. O quadro atual apresenta um cenário onde não só os projetos de aeronaves são próximos, existe também uma semelhança nos fornecedores o que acabou causando uma elevada concentração ao longo da cadeia produtiva. Este processo de concentração, de integradores de aeronaves, fez com que existisse uma transferência de capacidade tecnológica entre os segmentos militar e civil. É certo que a interface entre estes dois segmentos sempre existiu, no entanto ela aumenta com o processo de concentração das empresas.

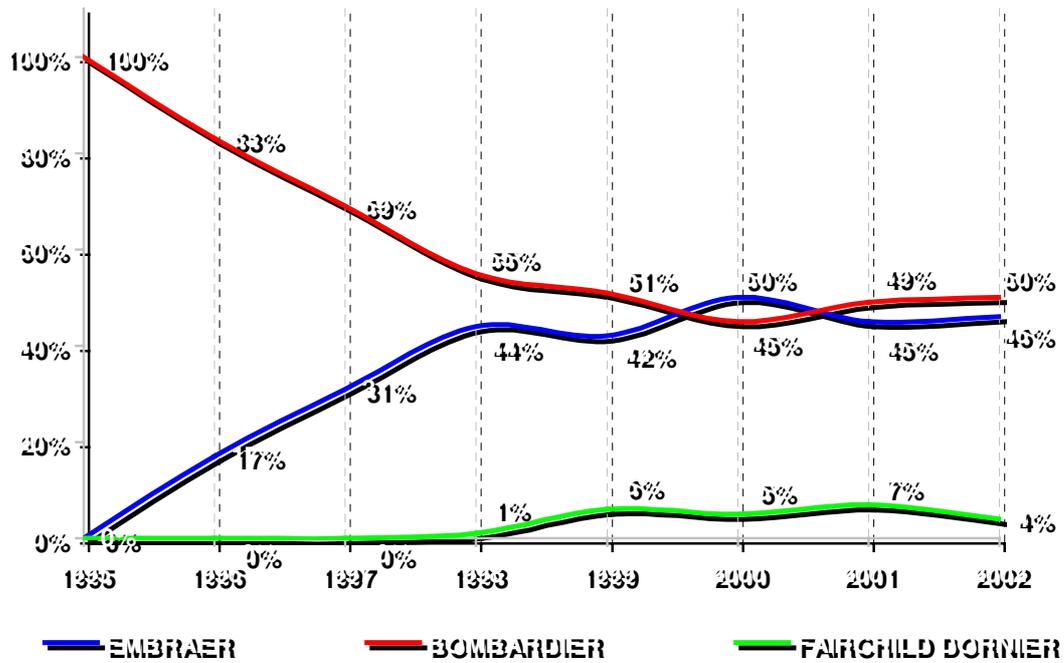
Por parte dos fornecedores o melhor exemplo da concentração elevada é a produção de sistemas de propulsão, ou turbinas. A elevada complexidade deste produto aliada ao elevado preço unitário de cada sistema fez com que um número cada vez mais reduzido de fabricantes atuasse na área de turbinas para aeronaves de médio e grande porte. A lógica na produção e venda desses sistemas passam pela consideração de que “são as aeronaves que se encaixam nos motores, não o inverso”. Deve-se ressaltar que o sistema de propulsão é o sistema de maior custo unitário de uma aeronave. Na produção de outros sistemas aeronáuticos a concentração permanece. Empresas como Parker Ae, Goodrich, Honeywell, Bae Systems e TRW atuam quase que sozinhas no mercado. Muitas destas empresas, na verdade quase sua totalidade, possuem um tamanho e faturamento maior dos que as integradoras de *commuters*., o que possibilita que elas possam se incluir no desenvolvimento dos projetos de aeronaves como parceiras de risco. A participação destas empresas, nos projetos das aeronaves, garantem a possibilidade de se executar um planejamento de longo prazo possibilitando para as mesmas uma inserção estratégica no mercado.

Esta concentração impõe uma lógica de internacionalização da cadeia produtiva. É certo que esta concentração ficou centrada principalmente nos países da tríade (em especial os EUA e Canadá), sendo o caso brasileiro uma espécie de “ponto fora da curva”.

No entanto, mesmo no caso brasileiro, a semelhança entre projetos e organização da cadeia de fornecedores persiste. O que se modifica no caso brasileiro é o fato de que a organização da cadeia é mais internacionalizada, isto impõe uma forma de “pensar” a produção de maneira mais integrada e complexa. Esta modificação acaba por exigir um padrão de evolução

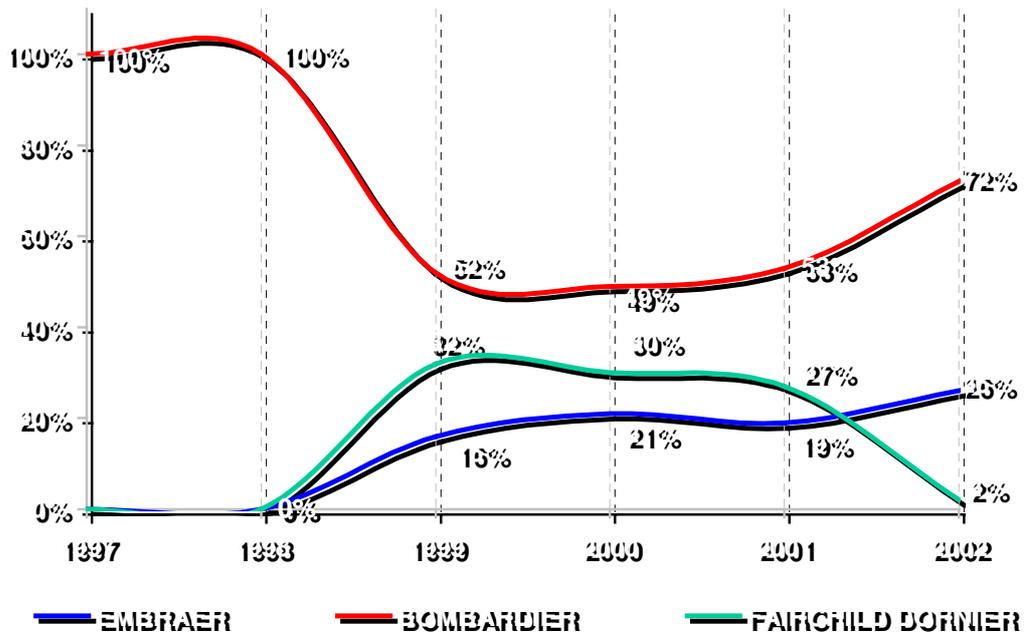
mais dinâmico por parte da Embraer, o que acaba se transformando em uma diferencial importante no mercado ao permitir ganhos de competitividade significativos.

Gráfico 2.3 - Market Share acumulado 30 - 60 assentos



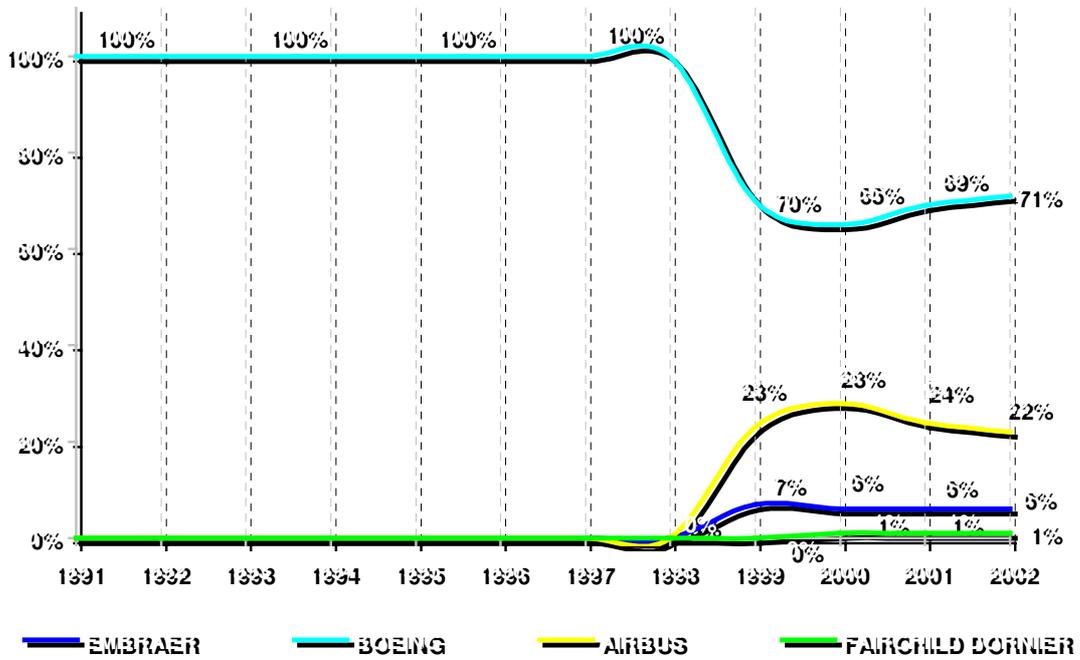
Fonte: Embraer

Gráfico 2.4 - *Market Share* acumulado: 61 – 90 assentos



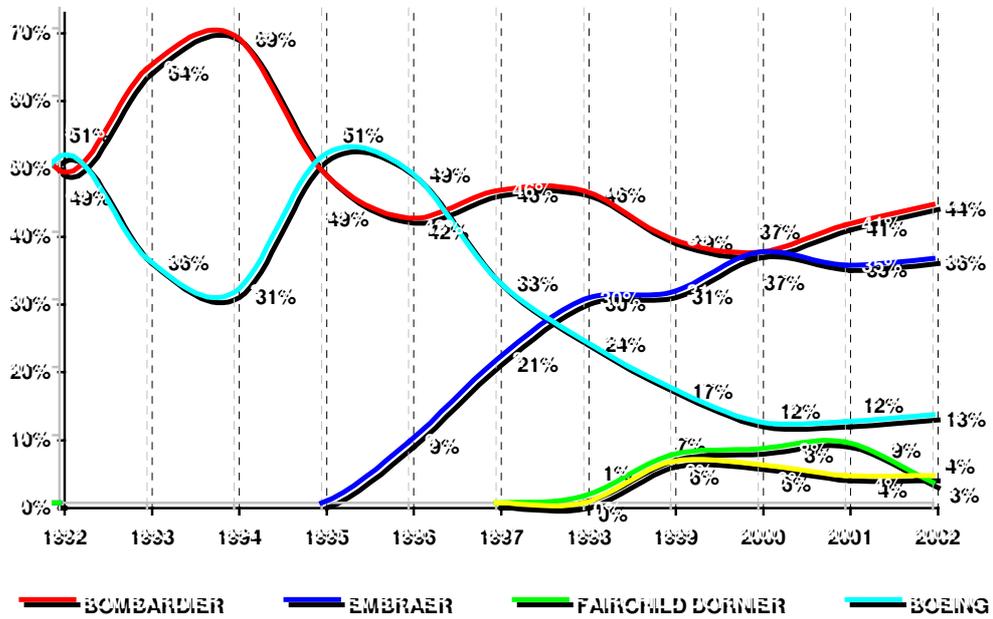
Fonte: Embraer

Gráfico 2.5 -Market Share acumulado: 91 – 120 assentos



Fonte: Embraer

Gráfico 2.6 - Market Share acumulado: 30 – 120 assentos



Fonte: Embraer

Capítulo 3 - A Trajetória de Constituição do Setor Aeronáutico no Brasil

Introdução

A trajetória do Setor Aeronáutico no Brasil possui algumas características distintas de outros centros integradores de aeronaves. Inicialmente, a lógica indutora desenvolvimentista, por parte do Estado, esteve presente durante a formação de uma capacidade apta a gerar uma tecnologia endógena autônoma e auto-suficiente, nunca perdendo de vista as peculiaridades de nosso capitalismo de caráter tardio e periférico. Desta forma, o Estado procurou pensar a construção deste setor a partir da elaboração de uma rede de laboratórios focados na sedimentação de uma capacidade tecnológica independente com um viés, algumas vezes, belicista. Ao mesmo tempo, sempre existiu uma preocupação em buscar ou garantir um mercado de consumo de aeronaves. Esta preocupação induziu uma busca de competência crescente por parte da indústria aeronáutica nacional, pois o mercado externo foi, desde sempre, o grande mercado consumidor. Por sua vez, este mercado consumidor externo acaba por exigir um parâmetro rígido de avaliação de conformidade e, ao mesmo tempo, determina um padrão de competitividade elevado. Todo este cenário contribui para a formação de uma complexa arquitetura de concepção de projeto no qual fornecedores externos possuem um papel preponderante, alienando os possíveis fornecedores locais da concepção e elaboração do design de projeto de aeronaves. Para explicitar este aspecto, na última fase deste capítulo é descrito o estudo de caso do modelo Embraer 170.

3.1 - O Centro de Tecnologia Aeroespacial

A estruturação do setor aeronáutico no Brasil não pode ser considerada sem se pensar na criação do Centro Técnico Aeroespacial - CTA (chamado a partir de agora de *Centro*).

Diferente de alguns setores, em que o processo de criação de capacidades foi gerado de maneira autônoma, o setor aeronáutico teve sua estruturação pensada pelo Estado através de uma política tipo “*top down*”, ou seja, ela foi planejada antes e durante a sua concepção. Esta abordagem parte do pressuposto que a definição, a implementação e a organização do processo de produção e/ou desenvolvimento de capacidade são aplicadas por “*policy makers*”, situados no topo das organizações, apresentando-se como atores que controlam o processo de formulação das políticas capazes de viabilizar o setor (Dagnino, 2001).

Desta maneira, criou-se uma estrutura capaz de possibilitar não só o processo de desenvolvimento e pesquisa de aviões, mas também o próprio processo de produção de aeronaves, utilizando para isto um forte incentivo público.

A criação de institutos independentes³⁰ possibilitou uma diversificação no desenvolvimento de competências. Estes institutos, ao estarem todos dentro de um mesmo local, criam uma sinergia capaz de proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento de uma indústria aeronáutica autônoma. Embora a Embraer tenha surgido como uma empresa de economia mista somente em 1969, o fato de ter sido planejada dentro do CTA não pode ser deixado de lado (Bernardes, 2000 a, p. 159).

Desta forma, criou-se um ambiente em que o desenvolvimento de capacitação está estruturado desde a formação do “capital intelectual” (ITA) até a utilização deste capital, através da produção de aeronaves (Embraer). Este tipo de política possibilitou o desenvolvimento de um tecido econômico altamente capacitado e bastante integrado, em que não é só observado um viés de pesquisa, mas também uma forte presença da “firma” disposta a aprofundar e produzir produtos de elevado conteúdo tecnológico.

A criação do CTA permite observar a construção de uma teia de capacidades através dos próprios institutos, sendo percebida uma elevada integração entre eles. Alguns condicionantes merecem destaque: inicialmente o fato dos institutos estarem dentro do próprio *Centro* não pode ser deixado de lado, no entanto, o condicionante mais significativo é o fato do *Centro* estar vinculado ao Ministério da Aeronáutica (Maer). Outra característica importante, e também vinculada à própria administração militar do *Centro*, diz respeito à formação de uma rede de confiança que extrapola a relação entre institutos e que alcançou, historicamente, as empresas que fazem parte da cadeia local.

No caso do setor aeronáutico é importante destacar que o grau de incerteza na relação entre os agentes é, ou foi, extremamente reduzido.

3.2 - As capacitações e a rede CTA

Inicialmente o *Centro* procurou desenvolver suas capacidades através de um processo de aprendizado adaptativo, via pacotes tecnológicos, importados pelo Maer³¹. Entretanto, é

³⁰ O CTA é formado pelo:IFI (Instituto de Fomento e Coordenação Industrial), IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço), IEAv (Instituto de estudos Avançados) e ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica).

³¹ Os pacotes tecnológicos, assim como os acordos de cooperação, firmados entre o *Centro* e parceiros está detalhado nos Quadro 3.4 – Design - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia., Quadro 3.5 –

verificada rapidamente uma ultrapassagem no processo de aprendizagem adaptativa e um aperfeiçoamento do caráter tácito. A própria prática permitiu o desenvolvimento de um conhecimento tácito, através de processos de “*learning by doing*”. O aprendizado adaptativo envolveu e aperfeiçoou o conhecimento tácito dentro do próprio *Centro*.

Ao se considerar o esforço adaptativo é importante ter em mente os efeitos positivos que a dotação da tecnologia permite ao processo produtivo. A adaptação possibilita uma “soma” do conhecimento já existente (incluído no “pacote” tecnológico, quando da procura pela adaptação), com um conhecimento independente (desenvolvido a partir do próprio esforço adaptativo). Assim, criam-se espaços para um potencial desenvolvimento de inovações, especialmente incrementais, que surgem a partir da adaptação tecnológica, caracterizando a própria dinâmica evolutiva de todos os atores envolvidos no processo de desenvolvimento técnico e produtivo.

Callon (1992) considera o conceito de rede técnico-econômica como um conjunto coordenado de atores, mesmo atores não homogêneos, que se relacionam e se interligam. Foi justamente esta capacidade de se relacionar que possibilitou uma potencialização de sinergias capazes de dinamizar o processo de inovação. Este movimento de integração e elevada capacidade de troca de informações pôde ser verificado no caso da estruturação do CTA e mesmo na sua relação com a Embraer (ao menos no período pré-privatização).

A proximidade na relação entre o *Centro* e a Embraer viabilizou uma eficiência na troca de informações e posterior desenvolvimento do foco estratégico seguido pelos dois agentes. Ao mesmo tempo em que permitiu um acesso e redução de custos no desenvolvimento de P&D por parte de empresas (principalmente a Embraer), permitiu também uma noção clara dos segmentos e processos tecnológicos que deviam ser levados adiante (dentro do *Centro*); a praticidade e viabilidade dos projetos tornou-se um fator decisivo na trajetória do modelo aeronáutico brasileiro.

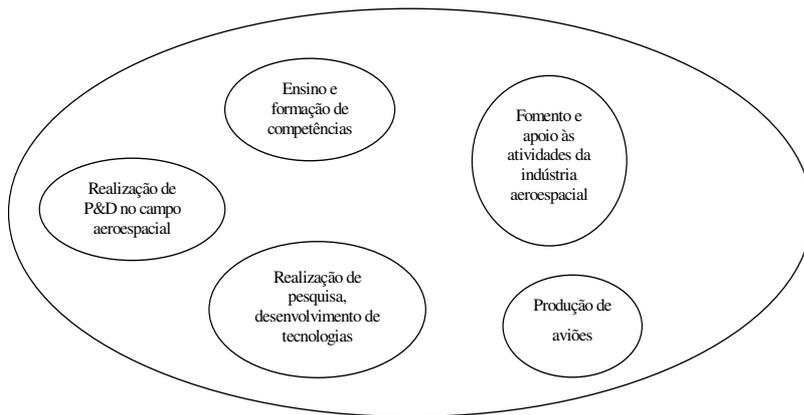
A estrutura original do *Centro*, baseado inicialmente no Plano Smith³² (Ilustração 3.1 – Plano Smith), permitia internalizar os efeitos positivos da P&D adaptativa, revertendo este

Produção - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia. e Quadro 3.6 – Teste de voo - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia., neste capítulo.

³² A proposta do Plano Smith, elaborado em 1945, era a integração de atividades em Ciência e Tecnologia no campo aeronáutico. O plano continha as seguintes propostas: (i) o Centro Técnico de Aeronáutica (CTA) seria o órgão científico e técnico do Ministério da Aeronáutica com o objetivo de exercer suas atividades em favor da Força Aérea Brasileira, da Aviação Civil e da **futura Indústria Aeronáutica**; (ii) fazia-se importante que o CTA tivesse autonomia financeira, administrativa e didática; (iii) a autonomia para instituir e alterar seu próprio regimento interno; e (iv) o plano previa o estabelecimento de certa porcentagem do orçamento ministerial anual. Para atingir os

esforço para o braço produtivo (no caso Embraer), conforme observado na Ilustração 3.2 - CTA (pré-privatização Embraer). Após o processo de privatização (Ilustração 3.3 - CTA (pós-privatização Embraer) é possível verificar uma alienação ou um “divórcio” entre a capacidade potencial do *Centro* e a produção de fato.

Ilustração 3.1 – Plano Smith



objetivos o CTA deveria: a) prover os meios para criar e desenvolver uma Universidade de Engenharia, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, didaticamente autônoma; b) estabelecer um regime de ensino de alto nível teórico/prático, adotando o regime de dedicação plena, tanto por parte dos professores como dos alunos; c) formar uma vida comunitária no campus universitário; d) fixar o regime de concessão de bolsas de estudo para os alunos; e e) conduzir pesquisas e/ou projetos de natureza científica ou tecnológica (teórica ou experimental), a fim de atingir um estado avançado de conhecimento tecnológico.

Ilustração 3.2 - CTA (pré-privatização Embraer)

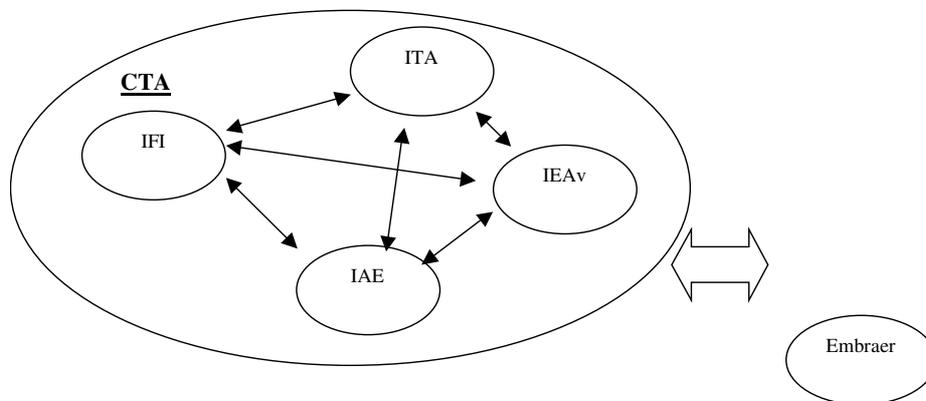
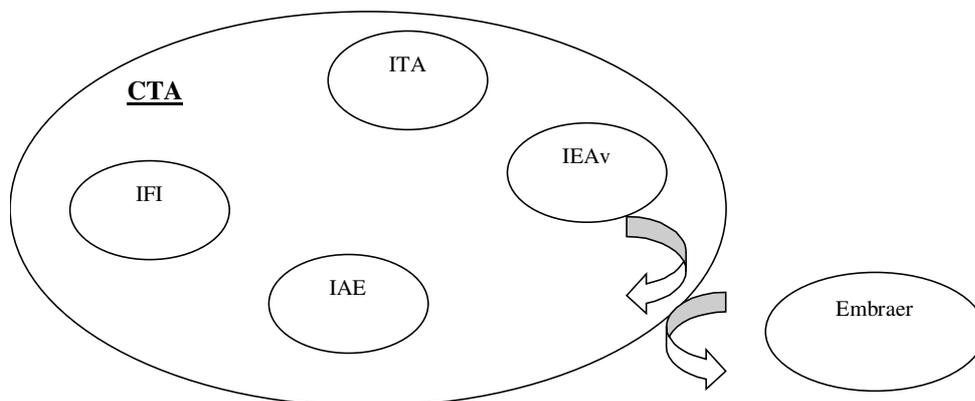


Ilustração 3.3 - CTA (pós-privatização Embraer)



Os ganhos ocorridos durante o período de maior integração entre o Centro e a Embraer são significativos; a possibilidade de integração e constante troca de informações entre os agentes viabilizaram um “salto” (*catching up*) por parte da Embraer, quando da superação e posterior domínio de alguns processos tecnológicos pertinentes para sua sedimentação no mercado de aviões *Commuters* (Bernardes, 2000 a). Exemplos como dos aviões Bandeirante, Xavante, Brasília, AMX, Tucano (em suas diversas versões) e ERJ 145 (durante a elaboração de seu projeto), surgem a fim de confirmar a elevada integração entre o *Centro* e a Embraer, possibilitando ganhos de competências para ambos.

Muitas das atividades de P&D importantes para a Embraer foram desenvolvidas pelo *Centro* durante o período pré-privatização. A eficiência na prática da pesquisa, dentro de cada

instituto, possibilitou uma eficiência coletiva no âmbito do CTA. O Quadro 3.1 – Institutos que compõem o CTA, descreve as atividades desenvolvidas pelos institutos.

Quadro 3.1 – Institutos que compõem o CTA

Instituto	Atividade
IFI – Instituto de Fomento e Coordenação Industrial.	Realização de P&D no campo Aeroespacial.
IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço.	Realização de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias.
IEAv – Instituto de Estudos Avançados.	Fomento e apoio às atividades da indústria aeroespacial.
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica.	Ensino e formação de competências.

Fonte: CTA

Quando observada a qualificação do quadro técnico da Embraer é comum, ainda hoje, perceber a presença marcante de profissionais oriundos do *Centro* (formados pelo ITA), ou ainda, que tenham se especializado em áreas técnicas estratégicas utilizando para isto as capacidades laboratoriais dos institutos.

Convém ressaltar que esta capacidade laboratorial não fica restrita somente ao setor aeronáutico, mostrando-se apta ao setor bélico. Isto explica, em parte, a eficiência deste setor na economia brasileira na década de 70.

A construção desta teia de capacitação, suportada inicialmente pelo CTA e depois pela própria Embraer, induziu uma concentração de empresas na região de São José dos Campos. Esta concentração acaba por consolidar a existência de um cluster aeronáutico na região.

3.3 – A trajetória e aprendizado na indústria de aviões *Commuters* no Brasil: o caso da Embraer

O estudo do setor aeronáutico no Brasil exige uma avaliação sobre a atuação de uma única empresa, a Embraer. Nossa análise parte da observação de dois períodos distintos: (i) o período pré-privatização da Embraer e (ii) o período pós-privatização da Embraer.

A Embraer foi criada em 19 de agosto de 1969, como uma empresa de economia mista na qual a União era sócia majoritária. Nesta primeira fase, uma série de incentivos fiscais foram criados a fim de possibilitar a sustentabilidade financeira da empresa. Bernardes (2000) cita o Decreto-Lei n. 770.8/69 o qual permitia às pessoas jurídicas “investir anualmente até 1% do imposto de renda devido em ações da empresa sem direito a voto, deduzindo tal quantia do

pagamento de IRPJ” (Bernardes, 2000, p.161). Este exemplo demonstra, com clareza, a preocupação do Estado quanto a viabilidade econômica da empresa³³.

A trajetória da Embraer pode ser traçada a partir da concepção de aeronaves por ela desenvolvidas. No Quadro 3.2 – Modelos desenvolvidos pela Embraer no período pré-privatização, são apresentados os modelos de aviões desenvolvidos pela empresa no período pré-privatização.

Quadro 3.2 – Modelos desenvolvidos pela Embraer no período pré-privatização

Modelo	Segmento	Característica
Bandeirante – EMB110/111	Civil	<i>Commuter</i> de 19 passageiros turbo hélice
Ipanema – EMB200/200 A	Civil	Avião agrícola
Xavante – EMB326	Militar	Jato de treinamento militar
Linha Piper	Civil	Aplicação geral
Xingu – EMB121	Militar	Avião Executivo
Brasília – EMB120	Civil	<i>Commuter</i> de 30 passageiros turbo hélice
Tucano – EMB312	Militar	Avião de treinamento militar turbo hélice
AMX	Militar	Avião de combate subsônico
Vector – CBA123	Civil	<i>Commuter</i> de 19 passageiros
ERJ 145	Civil	<i>Commuter</i> de 55 passageiros

Fonte: elaboração própria a partir de dados fornecidos pela Embraer.

A cronologia³⁴ seria a seguinte: Bandeirante – EMB110/111 (1971-1992), Ipanema – EMB 200/200 A (1971), Xavante – EMB 326 (1971-1981), Linha Piper (1975), Xingu EMB121 (1978-1987), Brasília EMB120 (1985), Tucano EMB312 (1983), AMX (1989), Vector CBA123 (1989), ERJ 145 (1989). Todos os modelos desenvolvidos pela empresa foram importantes etapas de aprendizado e capacitação, que possibilitaram para a Embraer o acesso há uma variedade de tecnologias desde a concepção da aeronave, integração de componentes/aeroestruturas e pesquisa de prospecção tecnológica e mercadológica. De todos os modelos mencionados acima, é importante destacar o modelo ERJ 145. Este projeto foi um marco na trajetória da empresa (toda a concepção da aeronave foi feita no período pré-privatização da empresa). Sua rápida e boa aceitação no mercado viabilizou, para a Embraer, um novo horizonte; entretanto, os benefícios da trajetória exitosa deste modelo foram totalmente absorvidos na segunda fase da empresa, o período pós-privatização.

³³ Outros incentivos fiscais beneficiando o setor aeronáutico foram criados no decorrer da década de 70 entre eles pode-se citar: Decreto-Lei n. 1.386/74 que trata a respeito da isenção de IPI sobre a cadeia aeronáutica, isenção de ICM (1976).

³⁴ A descrição do processo de capacitação tecnológica e absorção de conhecimento é tratado com detalhes no decorrer deste capítulo.

Mesmo com a criação de um *portfolio*, de incentivos fiscais, a viabilidade econômica da Embraer neste período pré-privatização só foi possível em função de uma forte presença do Estado como demandante dos produtos desenvolvidos pela empresa. A partir do momento em que o Estado entra em crise nos anos 80, o número de encomendas públicas diminui drasticamente. Embora os produtos da Embraer tivessem uma boa aceitação no mercado externo³⁵, a viabilidade financeira da empresa dependia de um forte suporte público.

A segunda fase da Embraer - período pós-privatização - se inicia em dezembro de 1994. A empresa foi adquirida por um valor 0,3% acima do preço mínimo pelo grupo Banco Bozano Simonsen³⁶, ficando a União com uma classe de ações especiais, *Golden Share*, que possibilita o poder de veto em decisões que pudessem afetar aspectos de “segurança nacional”.

A partir desta fase, a viabilidade financeira torna-se uma preocupação central da empresa. Desta forma, o conceito de parcerias de risco surge como um caminho para a viabilidade financeira do projeto ERJ 145. Ao mesmo tempo, o aumento de internacionalização da produção gerou um crescimento no volume de componentes importados nos aviões. Poucas empresas no Brasil souberam potencializar, como a Embraer, os benefícios do novo padrão produtivo internacionalizado onde: os custos de transporte de matéria prima se reduziram drasticamente e as novas formas de comunicação facilitaram a troca de informações criando assim condições de um aprofundamento nas parcerias entre empresas.

Este novo padrão, imposto por uma mudança no foco gerencial da Embraer pós-privatização, procurou no mercado internacional parceiros dispostos a compartilhar responsabilidades (principalmente custos) na manufatura do novo projeto (ERJ 145). Assim, o cenário para a internacionalização produtiva da cadeia estava traçado.

Ao mesmo tempo, os fornecedores locais não tiveram a mesma trajetória. A dificuldade de sobrevivência nos período de crise durante o final do período pré-privatização, impôs uma estagnação nas trajetórias de capacitação de várias empresas gerando uma defasagem em suas capacidades tecnológicas e de manufatura.

Este cenário pouco amistoso para os fornecedores de capital de origem nacional, levou a um esvaziamento ainda maior da cadeia de fornecedores locais. Poucas empresas conseguiram se

³⁵ O modelo Brasília foi bem recebido nos Estados Unidos caracterizando-se como um sucesso de vendas no seu segmento.

³⁶ O Grupo Bozano Simonsen capitaneou um grupo de investidores composto pela: Previ (Caixa de Previdência do Banco do Brasil), Sistel (Fundação Telebrás de Seguridade Social), Ciemb (Clube de Investimento dos Empregados da Embraer). Em 1999, o consórcio de grandes empresas francesas - Aeroespaciale-Matra, Dassault Aviation e Thonsom - CSF, adquiriu 20% do capital votante formalizando uma aliança estratégica.

manter dentro da cadeia, sendo que estas empresas³⁷ atuam fornecendo componentes de reduzido conteúdo tecnológico e intensivo em mão de obra (como peças de usinagem menos complexas e montagem de anéis de fuselagem).

Quanto à possível atração de novos entrantes na cadeia aeronáutica alguns aspectos devem ser destacados devido à especificidade da cadeia. Deve-se ressaltar que embora a produção de aviões no Brasil seja significativa, ela por si só não possui uma escala de produção elevada. Esta variável - escala de produção reduzida - acaba por exercer muitas vezes o papel de barreira natural para o ingresso de novos entrantes neste setor.

Ao mesmo tempo, a conduta da Embraer em estruturar suas parcerias estratégicas através de parcerias de risco, acaba por limitar a entrada de vários possíveis novos fornecedores. A parceria de risco caracteriza-se pela formulação de um contrato de desenvolvimento conjunto de várias partes do projeto, normalmente partes estratégicas como sistemas de voo, combustível, asas e fuselagem. Estas parcerias envolvem tanto a elaboração de *co-design* do projeto como o financiamento integral de partes do projeto, além de intensa troca de informações e capacidades. Todo este procedimento acaba por criar uma nova dinâmica interna do setor.

A importância do setor aeronáutico, através do segmento de produção de aviões *Commuters*, é fato inquestionável na economia brasileira. Os condicionantes para isto são vários, partindo do peso econômico que este segmento representa na pauta de exportações até a característica tecnológica de ponta, representada nesta indústria. É imprescindível apontar que este produto, aviões *Commuters*, se diferencia da maioria de produtos exportáveis principalmente quando verificado o elevado valor agregado do produto final. Em um segundo momento, também é importante ressaltar que este produto atua em um mercado altamente concorrencial, com elevadas barreiras naturais de entrada, sendo que os principais *players* estão localizados em países pertencentes à chamada Tríade. Embora estas características não descrevam este setor na sua totalidade, elas por si só apresentam a importância e peculiaridade desta indústria em um país *late comer* como o Brasil.

A partir deste ponto, este trabalho busca verificar e interpretar a trajetória tecnológica adotada pela principal indústria produtora de aeronaves no Brasil, a Embraer³⁸; considerando

³⁷ O capítulo 4 deste trabalho descreve as capacidades tecnológicas dos fornecedores e parceiros de risco da Embraer atuando no Brasil.

³⁸ É importante ressaltar que vários autores também procuraram descrever a trajetória tecnológica da Embraer com destaque para Dagnino (1987), Frischtak (1992) e Bernardes (2000 a).

desde o período de sua fundação (e a concepção do avião Bandeirante) até o desenvolvimento da família de aviões 170.

3.3.1 - A formação de uma indústria

A partir do final da década de 60, com a fundação da Embraer, iniciou-se a produção de aviões regionais na Brasil através do modelo EMB 110/111 – Bandeirante (no Quadro 3.3 – Modelos produzidos pela Embraer - é possível observar a relação das aeronaves produzidas desde o modelo EMB110/111 até o projeto da família 170).

A linha de aeronaves *Commuters* sempre possuiu um papel importante no *portfolio* de produtos da Embraer. Entretanto, a linha de aviões de treinamento e combate também faz parte dos produtos desenvolvidos pela empresa. Neste grupo, o destaque é para a aeronave Tucano. O modelo Tucano foi o projeto mais bem sucedido da área militar da empresa no período pré-privatização, este modelo incorporou uma série de aprendizados adquirida pela Embraer no decorrer de sua trajetória (como veremos mais adiante, ainda neste capítulo).

No entanto, a opção realizada pela Embraer foi a de focar o mercado de aeronaves *Commuters*. Vários fatores conduziram para este segmento, dentre eles: (i) a dificuldade de “sobrevivência” em um segmento de mercado como o de aviões de combate, (ii) assim como as elevadas barreiras de entrada para a produção de aviões de grande porte (*majors*).

No caso do desenvolvimento de aviões de combate, as limitações são claras³⁹: custo de P&D de novos projetos; tecnologias de ponta incorporadas rapidamente ao projeto; P&D intensiva em tecnologias críticas e elevado custo unitário da aeronave (mesmo considerando um produto de características complexas como o aeronáutico, onde uma peculiaridade é justamente o custo unitário do produto). Estas características tornaram-se uma barreira natural ao acesso competitivo da Embraer neste segmento.

No segmento de aviões *majors* (aviões de passageiros de grande porte⁴⁰) as barreiras de entrada, além da tecnológica, estão no acesso a crédito para financiamento de vendas das aeronaves e no acesso a crédito para o financiamento de desenvolvimento de projetos e integração de aeronaves.

³⁹ Ver: Murman, Walton and Rebertisch, 2000.

⁴⁰ São aviões *majors* as aeronaves que comportam mais de 120 assentos.

Reconsiderando o mercado de aeronaves *Commuters*, o projeto 145 foi o grande marco de sucesso da Embraer. Concebido no período pré-privatização, este modelo se apropriou de uma capacidade tecnológica desenvolvida a partir da aeronave AMX. Vários aspectos deste modelo foram aprofundados no modelo 145, sendo que um aspecto importante foi o pleno domínio da tecnologia de propulsão a jato (turbofan), juntamente com os sistemas integrados a este tipo de motor. Outra característica tecnológica importante foi o aprofundamento do desenvolvimento de parcerias de risco e a capacidade de gestão destas parcerias para a elaboração e desenvolvimento de projeto. A mudança de gestão de projeto e a nova lógica gerencial da Embraer pós-privatização incorporaram uma mudança radical na lógica dos fornecedores da cadeia aeronáutica brasileira. A partir deste momento, a internacionalização dos fornecedores torna-se o caminho da sustentação econômica da empresa. Este cenário trouxe um horizonte pouco favorável para as empresas da cadeia aeronáutica, de origem de capital nacional, fornecedoras da Embraer ao incorporar uma lógica mercadológica competitiva altamente internacionalizada e tecnologicamente mais avançada. Desta forma, a maioria das novas empresas fornecedoras da Embraer são empresas fornecedoras de outras integradoras, atuando nos segmentos civil e militar.

As derivações dos projetos 145 e 170 possibilitaram a inserção cada vez mais agressiva da integradora no mercado internacional de aeronaves (ver Quadro 3.3 – Modelos produzidos pela Embraer - os modelos destacados foram produzidos ou concebidos no período pós-privatização). Na primeira família de aviões – 145 – os modelos se expandem para 140, 135 e Legacy (modelos 145 AEW&C, 145 RS/AGS e 145 MP/ASW (P 99)⁴¹), além do próprio 145. No segundo modelo (170) a família se estrutura como 170, 175, 190 e 195.

⁴¹ Estes modelos não constam na tabela em função de se tratarem de modelos militares de rastreamento e sensoriamento remoto, cujas características são de extrema peculiaridade e sua escala de produção extremamente reduzida.

Quadro 3.3 – Modelos produzidos pela Embraer

Modelo	Segmento	Característica
Bandeirante – EMB110/111	Civil	<i>Commuter</i> de 19 passageiros turbo hélice
Ipanema – EMB200/200 A	Civil	Avião agrícola
Xavante – EMB326	Militar	Jato de treinamento militar
Linha Piper	Civil	Aplicação geral
Xingu – EMB121	Militar	Avião Executivo
Brasília – EMB120	Civil	<i>Commuter</i> de 30 passageiros turbo hélice
Tucano – EMB312	Militar	Avião de treinamento militar turbo hélice
AMX	Militar	Avião de combate subsônico
Vector – CBA123	Civil	<i>Commuter</i> de 19 passageiros
Super Tucano – EMB312 H	Militar	Avião de treinamento militar turbo hélice
ERJ 145	Civil	<i>Commuter</i> de 55 passageiros
ERJ 140	Civil	<i>Commuter</i> de 44 passageiros
ERJ 135	Civil	<i>Commuter</i> de 37 passageiros
Legacy	Civil	Jato executivo
170	Civil	<i>Commuter</i> de 70 passageiros
175	Civil	<i>Commuter</i> de 78 passageiros
190	Civil	<i>Commuter</i> de 98 passageiros
195	Civil	<i>Commuter</i> de 108 passageiros

Fonte: elaboração própria a partir de dados fornecidos pela Embraer.

3.3.2 – A evolução da Cadeia Produtiva da Embraer

Ao analisarmos a evolução da cadeia produtiva da Embraer, tomaremos como ponto de partida o projeto do EMB 120 (Brasília). Este modelo merece destaque pois foi o primeiro a incorporar, de forma intensa, eletrônica embarcada (principalmente de instrumentos de voo). O Brasília também se destaca pelo fato de ter sido o primeiro avião da Embraer em que a idéia de parceria de risco é incorporada ao projeto, embora isto tenha ocorrido de maneira pouco intensa. Quanto à manufatura, o Brasília permite a total manufatura na própria Embraer. A organização da integração é verticalizada, o projeto e *mock up* são físicos e a organização da montagem é em linha. Destaca-se o número elevado de fornecedores, totalizando 500 empresas.

O segundo projeto a ser analisado, o ERJ 145, apresenta diferenças significativas em relação ao Brasília. Inicialmente, existe a incorporação de eletrônica embarcada de forma intensiva, além de possuir sistema de propulsão a jato. O 145 possui painel totalmente digital e incorpora propulsores turbofan. Nesta aeronave o conceito de parceria de risco é intensificado. A manufatura absorve a subcontratação de processos, o projeto permite a incorporação de informações eletrônicas na concepção da aeronave. O sistema de montagem permanece em linha mas são incorporados novos conceitos de gestão, com destaque para a produção a *la lean*. Existe

uma redução significativa no número de fornecedores (350 empresas) e um aumento, também significativo, no número de parceiros de risco (4 parceiros).

O terceiro projeto, o 170, absorve tecnologia *fly-by-wire* e a idéia de integração de sistemas é totalmente absorvida pela Embraer. Este projeto permite a instalação de alguns parceiros de risco no país, embora as atividades tecnológicas dessas empresas sejam reduzidas. O número de subcontratação de processos aumenta, assim como a utilização de processos eletrônicos para o desenvolvimento de projetos (destaque para o desenvolvimento do *mock up* digital e simulação de processos). A organização da montagem se modifica, consolidando-se a idéia de montagem em docas. O sistema de gestão de manufatura a *la lean* é totalmente incorporado à produção. Quanto ao número de fornecedores, existe uma radicalização do movimento já presente no ERJ 145, sendo que o número de parceiros de risco sobe para 16 e o número de fornecedores é reduzido para 22 (ver tabela abaixo).

Tabela 3.1 – evolução na produção dos modelos

EMB 120	ERJ 145	170
Manufatura total na Embraer	Parceria de risco	Parceria de risco (mais intensa)
Verticalização da cadeia produtiva	Subcontratação de processos	Subcontratação de processos (mais intensa)
Projeto não eletrônico	Projeto e informações eletrônicas	<i>Mock up</i> eletrônico e simulação de processos
Montagem em linhas	Montagem em linha	Montagem em docas
Antigos conceitos de manufatura	Produção a <i>la lean</i>	Produção a <i>la lean</i>

Fonte: Embraer

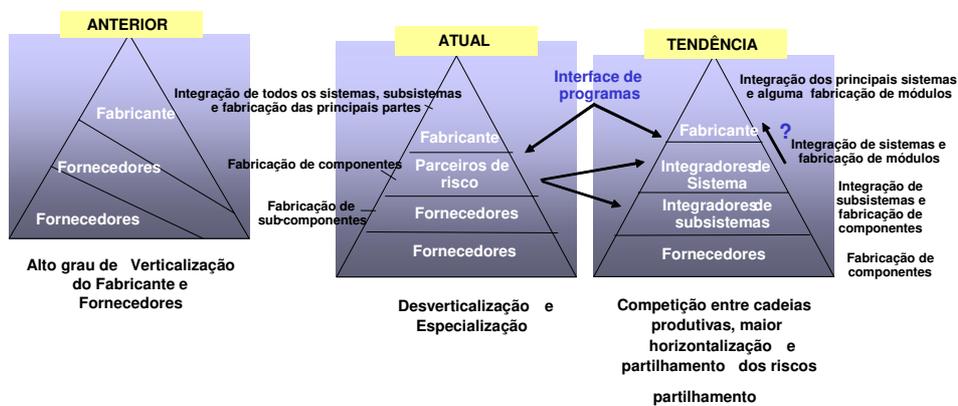
A ilustração 3.4 apresenta a evolução da cadeia produtiva aeronáutica no mundo. Pode-se constatar que a Embraer, e sua cadeia de fornecedores, segue a tendência evolutiva mundial. A fase anterior, apresentada na ilustração, é comum ao período de desenvolvimento do Brasília. É importante ressaltar que a Embraer impõe a organização a sua cadeia de fornecedores em todas as fases. Em um segundo momento, é apresentada a descrição da cadeia produtiva atual. A Embraer se encontra nesta fase, já presente na produção do ERJ 145 e de forma mais intensa na família de aeronaves Embraer 170. A ilustração também apresenta as principais características da cadeia. A verticalização abre espaço para um movimento de desverticalização e especialização no

desenvolvimento de projetos e na integração de aeronaves. Os fornecedores por sua vez, passam se classificar como produtos de sistemas, peças e parceiros de risco.

A ilustração também sugere uma tendência de competição entre cadeias, maior horizontalização e uma intensidade, ainda mais presente, no compartilhamento de riscos. Entretanto, a conclusão deste trabalho irá detalhar de forma mais profunda esta tendência.

Ilustração 3.4 – Evolução da Cadeia Produtiva - Mundo

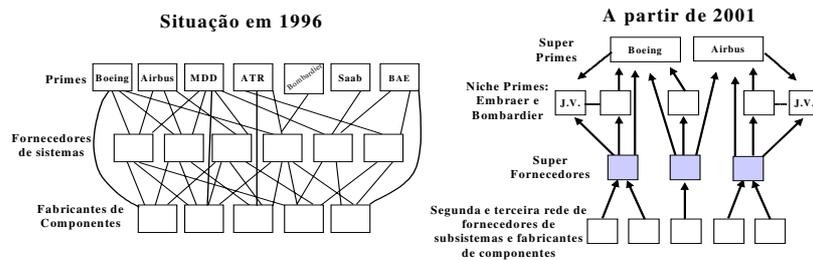
Evolução da Cadeia Produtiva - Mundo



Fonte: Embraer

Ao se considerar a evolução da cadeia aeronáutica mundial devemos ter em mente a evolução desta cadeia no Brasil. Este processo possibilita ganhos de competências e capacidades por parte da Embraer. Já a ilustração 3.5 descreve as tendências na reorganização da cadeia produtiva aeronáutica. Como podemos verificar existe uma modificação nas relações entre integradora, sistemistas e fornecedores de aeroestruturas. A situação de proximidade entre integradora e fornecedores de aeroestruturas se modifica para uma relação de maior distanciamento. Esta tendência se mostra presente nas relações entre a Embraer e seus fornecedores. A ilustração 3.6 apresenta as etapas do domínio tecnológico e do desenvolvimento do ciclo de produto.

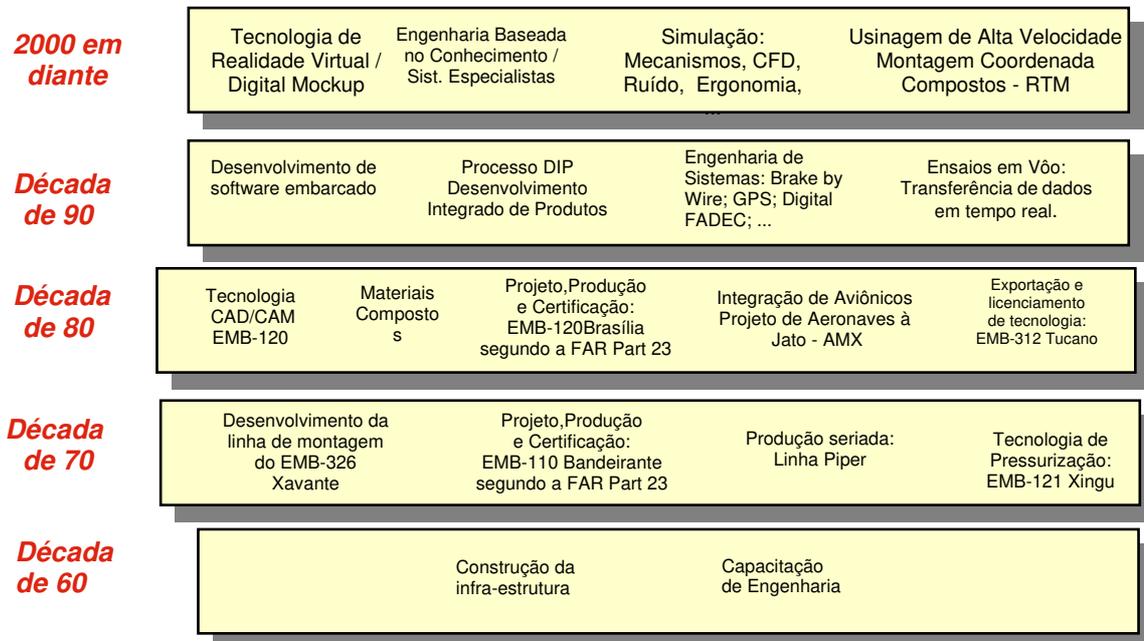
Ilustração 3.5 – Tendências na Reorganização da cadeia Produtiva Aeronáutica



Source: Industry Publications, JSA Analysis

Poderemos observar este movimento, com maiores detalhes, durante a descrição da elaboração do desenvolvimento do modelo 170 que será apresentado no decorrer deste capítulo.

Ilustração 3.6 – Domínios tecnológicos para desenvolvimento do produto



Fonte: Embraer

A próxima seção descreve de forma mais detalhada as opções tecnológicas e estratégicas da Embraer.

3.3.2.1 - As opções tecnológicas e estratégicas

É factível dividir a trajetória da Embraer em duas fases: um período pré-privatização e um período pós-privatização. Entretanto, a opção exercida aqui parte de outra divisão, neste caso o marco histórico é o programa 145. A opção por esta divisão está fundamentada no fato das derivações e adoção de conceito de família presente neste projeto, além da adoção “agressiva” da idéia de formação de parcerias e internacionalização da produção. O conceito de família de aeronaves implica em uma adoção estratégica de padronização de rotinas, que se estendem em vários aspectos, passando da redução nos custos de desenvolvimento de novos projetos até a redução de custos de manutenção para as empresas clientes da integradora (Embraer). Outro aspecto importante diz respeito a uma tentativa de criar vínculos mais “estreitos” entre a integradora de aeronaves e seus clientes⁴².

Todos os modelos desenvolvidos a partir de então se enquadram na classificação de jatos *Commuters*, ou seja, jatos médios para a aviação comercial regional. Os quadros 6, 7 e 8⁴³, desenvolvidos a partir de Frischtak (1992) e Cassiolato, Bernardes e Latres (2002), descrevem as estratégias e opções tecnológicas da Embraer no tocante ao design do projeto, produção e teste de vôo; dando ênfase ao período a partir do projeto 145. Eles estão estruturados em 2 colunas descritas como: Fase/descrição e Estratégia tecnológica da Embraer. O esforço está em descrever todo o processo de concepção da aeronave, desde o design do projeto até os (rígidos) testes de vôo e homologação do avião.

Uma característica importante do segmento de produção de aeronaves civis é a opção pela adoção de padrões tecnológicos maduros. Normalmente tecnologias recentes são incorporadas no desenvolvimento e produção de aviões militares (Murman, Walton and Rebentisch, 2000; Oliveira e Bernardes, 2002 a). As inovações que se fazem presentes quando observada a produção de aviões comerciais civis são de caráter incremental, dentro do cenário descrito por

⁴² A expectativa, normalmente realizada, é que a empresa aérea que faz a opção por um determinado modelo procura se manter fiel a esta família de aeronaves, em função dos custos de manutenção mais baixos no tocante a treinamento de pessoal (tanto tripulação como mecânicos e pessoal de terra).

⁴³ Respectivamente: Quadro 3.4 – Design - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia. Quadro 3.5 – Produção - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia. Quadro 3.6 – Teste de vôo - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.

Utterback (1994) como fase transitória, período este em que as inovações incrementais ganham destaque principalmente no desenvolvimento de projeto e estruturação da produção.

A elaboração do design do projeto (Quadro 3.4 – Design - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.) deve ser vista sob quatro aspectos: **Aerodinâmica, Estrutura, Engenharia de Produto e Aviônicos/comandos de voo.**

Quando observado o **design aerodinâmico** deve-se ter em conta a definição geométrica do avião e o desenvolvimento dos coeficientes aerodinâmicos; já nesta fase é perceptível a opção crescente de internacionalização da Embraer. Atualmente, a empresa trabalha junto a alguns fornecedores e centros de pesquisa no exterior. Destes centros podemos destacar os seguintes: TsAGI (Rússia), Cranfield/ETPS (Reino Unido) e o EPNER (França). Estas parcerias surgem em decorrência da assimetria tecnológica entre a Embraer e o CTA. Esta assimetria está vinculada à dificuldade do CTA em acompanhar os ensaios exigidos para a elaboração de novos projetos pela Embraer. Entre os ensaios considerados críticos podem ser destacados: aerodinâmico (túnel de vento), *crash test* e resistência de materiais, entre outros.

Quadro 3.4 – Design - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.

Fase/descrição	Estratégia tecnológica da Embraer
DESIGN	
<p>Aerodinâmica Definição geométrica do avião. Desenvolvimento dos coeficientes aerodinâmicos.</p>	Acesso à tecnologia através de “blue prints” junto à NASA (aqui estão sendo considerados dados aerodinâmicos – formatos de fuselagem, asas e partes diversas da aeronave). Incremento “in-house” através de desenvolvimento computacional. O desenvolvimento da nova família de jatos (170) envolveu uma atividade de P&D intensa junto a alguns parceiros de risco e centros de pesquisa (os quais: ITA – Brasil, TsAGI – Rússia, Cranfield/ETPS – Reino Unido, EPNER – França).
<p>Estrutura Estrutura principal, incluindo fuselagem, asas, empenagens, nacelles e pilons. Os aspectos fundamentais são segurança, peso e economia.</p>	A análise da estrutura é desenvolvida pela própria Embraer, através da utilização do software Nastran e principalmente através do seu CRV (Centro de Realidade Virtual). Entretanto, o desenvolvimento de algumas destas estruturas é compartilhado com seus parceiros de risco.
<p>Engenharia de produto Detalhamento específico de todas as partes, sistemas e sub sistemas. Seleção dos parceiros de risco e desenvolvimento.</p>	Desenvolvimento do projeto e integração de sistemas, sub sistemas e partes através de softwares CAD/CAM e Catia. Determinação e coordenação do desenvolvimento do design e co-design destes sistemas e componentes. A partir do projeto do Brasília desenvolve-se a idéia de parceria de risco, aperfeiçoada no projeto 145 e amplamente utilizada no projeto 170.
<p>Aviônicos e comandos de vôo Controles primários de vôo, sistema de combustível, hidráulicos, trens de pouso.</p>	Desenvolvidos juntamente com a cadeia de fornecedores e subsidiárias (co-design).

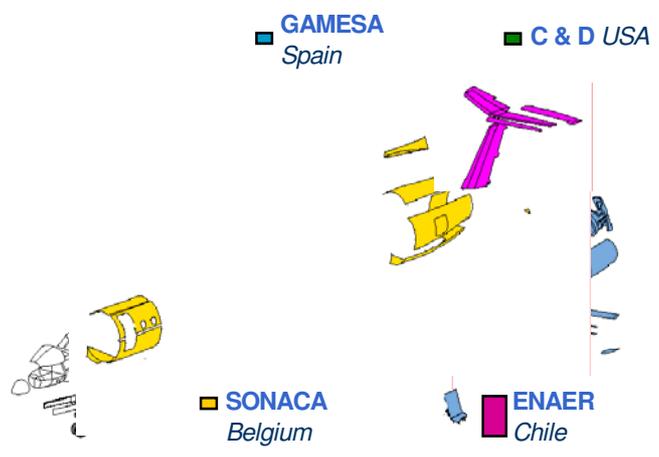
Elaboração própria.

No **design da estrutura**, é verificada novamente uma aproximação junto aos fornecedores (parceiros de risco, destaque para Gamesa, Sonaca e Kawasaki). Entretanto, existe uma intensificação no esforço de coordenação desta cadeia. O principal instrumento que possibilita este processo é o CRV (Centro e Realidade Virtual). A viabilidade de desenvolvimento do *mock-up* digital permite à integradora (Embraer) ter uma visão clara dos sistemas e do produto antes da produção do protótipo, possibilitando assim uma integração mais eficiente e rápida de todos os módulos, sistemas e sub sistemas.

Na **engenharia de produto** observa-se a “expertise” da Embraer na execução do projeto e seleção dos parceiros e fornecedores. A padronização de mecanismo de comunicabilidade entre a

cadeia é uma estratégia que se demonstrou eficiente; a utilização de softwares CAD/CAM e Catia são um exemplo destes procedimentos. Embora a adoção do conceito de parceria de risco tenha surgido com o modelo AMX (segmento militar) ele é plenamente utilizado na família 145, Ilustração 3.7. Nesta última etapa, família 145, é significativo o número de parceiros e a elevada complexidade no processo de integração, principalmente em função da maior cadência de produção (visto a boa receptividade desta família de aeronaves pelo mercado) .

Ilustração 3.7 – Modelo 145 e seus parceiros de risco (estrutura)



Fonte: Embraer

O desenvolvimento da integração de **aviônicos e comandos de voo** ao projeto foi centrado na parceria de risco. Deve-se destacar que o desenvolvimento do design do projeto é apontado por muitos, dentro da Embraer, como o principal fator que possibilitou a redução no ciclo de desenvolvimento do projeto (Oliveira e Bernardes, 2002 a).

No tocante à produção (Quadro 3.5 – Produção - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.), é possível considerar esta etapa em 3 níveis distintos: **processo, escolha de material e matéria prima e montagem.**

O **processo** inclui desde o manuseio de material sensível até a montagem de peças e partes, além do acompanhamento e organização da linha de montagem. Nesta fase, os desenvolvimentos de expertise junto a Aeromachi, Northrop e Piper foram fundamentais para o aprimoramento de capacidades internas que viabilizaram aspectos relativos a controle da qualidade, tecnologias críticas e organização de produção. Deve-se ressaltar que muito desta expertise foi adquirida no período pré-privatização (durante projetos como o Bandeirante, linha Piper e AMX), sendo aprimorados durante a elaboração da família 145.

Quadro 3.5 – Produção - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.

Fase/descrição	Estratégia tecnológica da Embraer
<p>PRODUÇÃO</p> <p>Processo</p> <p>Inclui material sensível (corte e fabricação), montagem de peças e partes e ferramental. Acompanhamento e organização do Departamento de Engenharia de Produto.</p> <p>Escolha de material e matéria prima</p> <p>A produção de aviões é sensível a estes quesitos, principalmente resistência e durabilidade de material; além de mão-de-obra apta ao manuseio destes equipamentos e matéria prima.</p> <p>Montagem</p>	<p>Observa-se um aprofundamento das capacidades desenvolvidas através de contratos anteriores junto a Aeromachi, Northrop e Piper. Este processo de aprendizagem possibilitou que muitas das expertises vinculadas ao processo e coordenação de parceiros de risco pudessem ser desenvolvidas internamente. Aspectos relativos à: controle de qualidade, tecnologias críticas e organização de produção foram absorvidos e aprimorados dentro da Embraer. Este esforço de internalização destas atividades e qualificação de mão de obra envolvida neste processo é consolidado através do PEE (Programa de Especialização em Engenharia).</p> <p>É possível verificar que historicamente as utilizações de contratos <i>offset</i> foram importantes, principalmente no desenvolvimento do segmento militar. Aqui se pode destacar os contratos junto à Piper e Northrop. Hoje, na produção de <i>Commuters</i>, existe uma relação de parceira no desenvolvimento e incorporação destes materiais junto a fornecedores e parceiros de risco.</p> <p>A parceria com a Aeromachi foi importante para o aprendizado da organização da montagem. Hoje existe uma expertise da Embraer na integração e montagem das peças, sendo que o atual modelo se aproxima da produção modular característica da indústria automotiva.</p>

Elaboração própria.

Na **escolha de material e matéria prima** é verificada novamente a importância da transferência tecnológica, através de contratos de *offset*⁴⁴, junto a Piper, Northrop e Aeromachi. A

⁴⁴ Entende-se por “*offset*” (**compensação comercial, industrial e tecnológica**), toda e qualquer prática compensatória acordada entre as partes, como condição para a importação de bens e/ou serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza comercial, industrial e tecnológica. O instrumento que formaliza o compromisso do fornecedor estrangeiro para compensar as importações realizadas pelos diversos órgãos do COMAER, indústria aeroespacial e empresas de transporte aéreo civil público e privado, é chamado de **acordo de compensação**. O acordo de compensação ocorre quando o órgão contratante especifica no contrato de importação de bens e serviços, cláusulas de compensação. Atualmente a Portaria nº 747/GM2 (DMA-360-1 - Ação da Política de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica do COMAER), de 21 de setembro de 1992, estabelece que as negociações de importação de bens e serviços do setor aeroespacial realizadas por qualquer órgão do COMAER, com valor líquido F.O.B. acima de US\$ 1,000,000.00 (um milhão de dólares americanos), ou equivalente em outra moeda, seja em uma

proximidade nas relações entre a Embraer e este grupo de empresas acabou por trazer ao setor aeronáutico nacional um padrão de exigência e capacitação elevado, facilitando a inserção da Embraer nos mercados externos, em especial o norte americano. Também é importante ressaltar que a transferência de conhecimento do projeto militar AMX para a família 145 foi vital para a aquisição completa do ciclo tecnológico de um avião a jato.

Na **montagem**, a parceria com grupos estrangeiros novamente se manifesta. Um marco importante neste processo foi o aprendizado adquirido no projeto AMX. Este projeto buscou aprofundar parcerias e desenvolver o gerenciamento na elaboração de projetos, assim como a parceria na montagem de aeronaves. Atualmente, a montagem de uma aeronave possui algumas similaridades com a indústria automotiva das quais a adoção de gestão “*a la lean*” é a mais importante. Este processo de produção enxuta permite a racionalização dos meios de produção, o que Murman, Walton and Rebentisch (2000) chamam de “*Better, Faster, Cheaper*” (BFC).

O BFC passa a ser adotado a partir do início da década de 90 e modifica de maneira significativa o ambiente produtivo do setor, aspectos como o período de desenvolvimento e utilização do produto ganham importância. Atualmente, as principais empresas do setor Aeronáutico no segmento de aviação civil (Boeing, Airbus, Bombardier e Embraer) estão sintonizadas com este novo paradigma⁴⁵. Esta sintonia levou estas empresas a observarem com maior atenção fatores como o ciclo de desenvolvimento e vida útil do produto. Ao mesmo tempo em que procuram focar seus custos dentro de um novo ambiente produtivo, característico do setor Aeronáutico. O BFC busca priorizar fatores como performance, custos e tempo⁴⁶ sob basicamente três aspectos: na elaboração e desenvolvimento do design, na engenharia e na própria manufatura. Desta maneira, a relação entre fornecedores, sistemistas e integradores é um fundamento estratégico para uma possível bem sucedida trajetória de desenvolvimento e manufatura do produto.

No tocante à política junto à cadeia de fornecedores, é verificada uma mudança na postura da Embraer. Durante o período pré-privatização a preocupação com o adensamento da cadeia de

única compra ou cumulativamente com um mesmo fornecedor, num período de 360 dias, deverão incluir, necessariamente, um Acordo de Compensação. **Fonte:** CTA (<http://www.ifi.cta.br/cfa/port/DCT/OFFSET.htm>).

⁴⁵ O BFC supera em vários aspectos (principalmente no tocante aos custos de desenvolvimento e produção de aeronaves) o modelo anterior chamado de “*Higher, Faster, Farther*” (HFF).

⁴⁶ A atual discussão sobre a determinação de um novo paradigma para o setor aeronáutico, o BFC, aplica uma série de fatores como determinantes para a performance, custos e tempo de produção. Para uma análise mais profunda é recomendado o texto de Murman, Walton e Rebentisch, “*Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing*” (2000). No entanto, é possível observar a dinâmica do BFC através da fórmula abaixo:

fornecedores de origem de capital nacional era uma constante na elaboração de projetos. Gradativamente esta postura foi se modificando e atualmente a grande maioria dos parceiros de risco da Embraer são empresas de origem de capital externo, sendo que parte significativa deles não atua no país.

O Quadro 3.6 – Teste de vôo - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia. - apresenta a estratégia da Embraer nas fases de **teste de vôo, comercialização/pós-vendas e certificação**.

Quadro 3.6 – Teste de vôo - Embraer: estratégia de aquisição e desenvolvimento de tecnologia.

Fase/descrição	Estratégia tecnológica da Embraer
TESTE DE VÔO	
Necessidade de certificados de homologação que obedeçam às exigências nacionais e internacionais, em especial do CTA (Centro Tecnológico Aeroespacial/Brasil), FAA (Federal Aviation Administration/EUA) e JAA (Join Aviation Authority/Europa), considerando fatores como performance de vôo e definição de manuais de procedimentos.	A cooperação com a Piper, quando do desenvolvimento do Bandeirante, criou uma rotina por parte da Embraer em seguir os padrões internacionais de certificação. Este procedimento torna-se padrão no desenvolvimento dos outros modelos (considerando a família 145 e 170).
Comercialização e pós-vendas	A experiência com a Piper trouxe também uma tradição neste procedimento. Atualmente a empresa desenvolve trabalhos junto aos seus clientes de prospecção para novas oportunidades, mantendo escritórios no exterior que permitem uma troca contínua de informações.
Certificação	O processo de certificação na aeronáutica é exigente, seguindo padrões internacionais. O principal órgão certificador é o IFI/CTA; entretanto, a própria Embraer também efetua um trabalho de certificação junto aos seus fornecedores, também é verificada a incidência de certificações ISO's. Dos certificados RBHA (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica) estão presentes: RBHA 21 – equivalente ao JAR-21/FAR-21, RBIA 01, ISO 9001, ISO 9002, ISO 14001; RBHA 22 a 33; RBHA 34; RBHA 39; RBHA 183.

Elaboração própria.

A proximidade nas relações entre Embraer e Piper criou uma rotina, interna à Embraer, em seguir os padrões de homologação e certificação de vôos internacionais. A relação com a Piper Aircraft Company se inicia em 1974. A cooperação baseava-se em três estágios:

Valor=f p(performance)/f c (custo)*f t (tempo).

“a) estágio 1. A Piper enviaria as estruturas completas, fuselagem, comandos e asas, e a Embraer se encarregaria da fase de montagem de todos os componentes e sistemas;

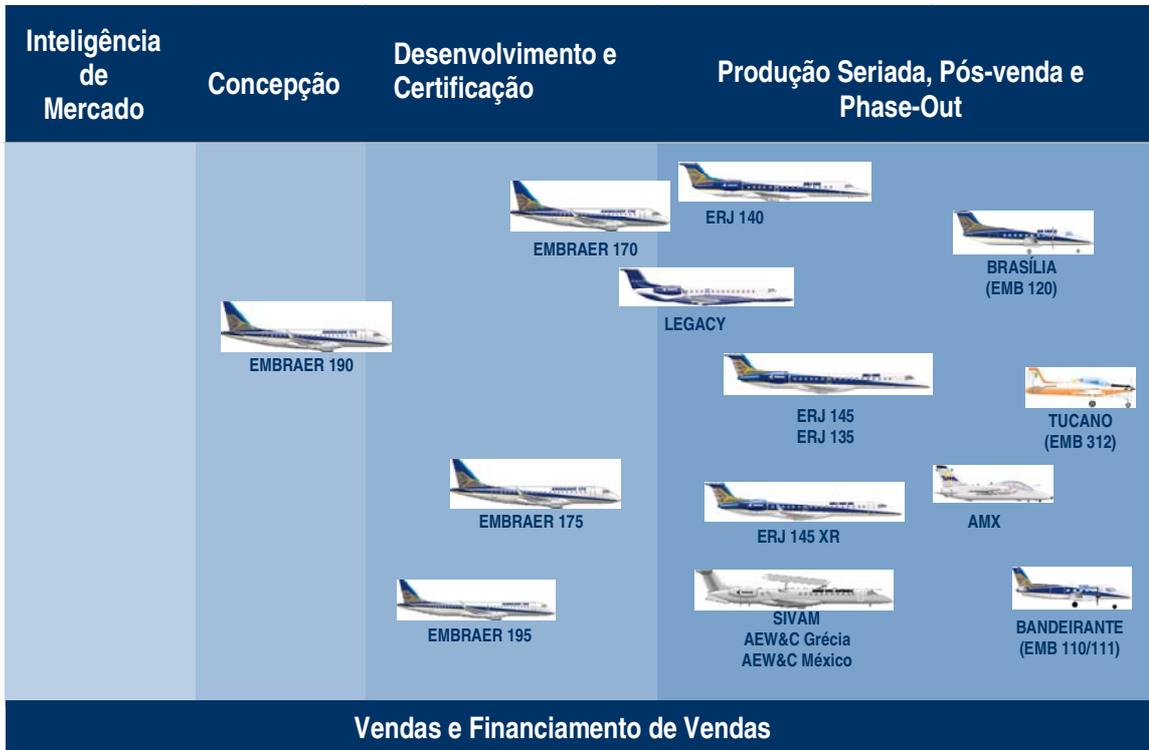
b) estágio 2. A Piper remeteria os componentes pré-montados e forneceria auxílio para a montagem completa do produto;

c) estágio 3. Este estágio pode ser dividido em três etapas: (i) substituição gradual de peças fabricadas na Piper nos EUA, que passariam a ser produzida localmente, incluindo mais de 50% das peças de acrílico e fibra de vidro; (ii) apoio para substituição de todas as peças de acrílico e fibra de vidro, e reposição das peças fabricadas pela Piper; (iii) produção completa no Brasil das aeronaves com as peças e componentes sendo produzidos localmente, com exceção dos limitados por questões tecnológicas ou problemas de escala” (Bernardes, 183: 2000 a).

Este padrão de comportamento viabilizou (do ponto de vista tecnológico) o acesso a mercados externos, em especial o mercado norte-americano. Também se deve ressaltar que o eficiente trabalho de pós-venda e suporte técnico dos aviões comercializados criaram uma relação de confiabilidade e credibilidade no mercado internacional, que facilitou o desdobramento e o ingresso na produção de aviões *Commuters* por parte da Embraer.

Este conjunto de aquisições de capacitação e de opções estratégicas possibilitou a Embraer uma evolução e, foco, no ciclo de seu negócio conforme está demonstrado na Ilustração 3.8 (Padrão de Evolução do Ciclo de Negócio – Embraer). O processo de desenvolvimento de novos produtos, por parte da Embraer, possui um fluxo rápido. Desta forma a partir do momento em que a Embraer projeta uma aeronave ela já está considerando as derivações de projeto, a Família 170 e o ERJ 145 são exemplos deste procedimento.

Ilustração 3.8 – Padrão de Evolução do Ciclo de Negócio - Embraer



Fonte: Embraer

3.4 – A Certificação Aeronáutica Civil

Conforme visto anteriormente no capítulo 2, o setor aeronáutico caracteriza-se pela elevada exigência das agências certificadoras. A atividade de certificação aeronáutica civil tem por objetivo estabelecer, através de requisitos rígidos, um nível mínimo de segurança que deve ser verificado em todo produto aeronáutico. Ao mesmo tempo, a certificação possui um papel de fiscalização e aplicação desses mesmos requisitos. No Brasil o papel de agente certificador aeronáutico fica sob responsabilidade do IFI/CTA (Instituto de Fomento e Coordenação Industrial).

O histórico de certificações do IFI/CTA acompanha a evolução da indústria aeronáutica brasileira. Desde a sua criação, em 1971, o IFI/CTA serviu como agente certificador e avaliador de todos os modelos produzidos pela Embraer. A cronologia desta trajetória pode ser observada abaixo:

- 1971: criação do IFI;
- 1972: EMB 110;
- 1976: acordo bilateral com os EUA;
- 1985: Brasília;
- 1996: EMB 145;
- 2001: EMB 135 BJ
- 2004: 170.

A necessidade em desenvolver uma metodologia de avaliação de conformidade em consonância com o mercado externo (principalmente o norte-americano), exigiu um movimento de melhora constante nas rotinas certificadoras do IFI. Um marco nesta trajetória foi o acordo bilateral firmado com os EUA, este surgiu em função da proximidade nas relações entre a Embraer, a Piper e a Northrop.

O processo básico de certificação é composto por oito etapas:

- Requerimento e definição do projeto preliminar;
- Definição dos requisitos aplicáveis;
- Análises e substanciações;
- Inspeções e conformidades (protótipos);
- Ensaios no solo e em voo;
- Aprovação de relatórios de engenharia;

- Aprovação da documentação de serviços;
- Emissão do Certificado e da Especificação.

Este processo de certificação se desenvolve como uma atividade essencialmente técnica e altamente especializada. Consiste em uma sistemática e exaustiva verificação de conformidades a fim de observar se o projeto está de acordo com os milhares de requisitos de engenharia aeronáutica.

Estes requisitos são determinados de maneiras distintas: (i) evidências de projeto; (ii) cálculos; (iii) análises de engenharia; (iv) inspeções; (v) simulações; (vi) ensaios em laboratórios; (vii) ensaios de vôo; e (ix) similaridade.

As abrangências destes requisitos atingem várias especialidades de engenharia:

- estruturas (fadiga dos materiais e tolerância ao dano, aeroelasticidade, cargas, análise de tensões);
- segurança de cabine;
- vôo (qualidades de vôo e pilotagem, desempenho de pista e de vôo, interface homem máquina);
- propulsão (instalação, sistema de combustível, proteção contra fogo);
- sistemas mecânicos, pneumáticos e hidráulicos;
- sistema elétrico;
- sistemas aeronáuticos;
- software embarcado;
- áreas interdisciplinares.

Estes requisitos acabam por impor um padrão de qualidade de produto bastante elevado. Embora a agência certificadora imponha a atividade de certificação somente sobre a integradora e os fornecedores de sistema, o processo “retroage” para toda a cadeia. A partir do momento em que a agência exige da integradora uma rígida rotina de certificação, a integradora passa a exigir de seus fornecedores de aeroestruturas uma rotina tão rígida quanto à que ela, integradora, é submetida.

3.4.1 - A rotina para certificação e o caso do Embraer 170

O processo de certificação segue as regras do RBHA (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica). A Regulamentação legal está fundamentada na lei n. 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (Código Brasileiro de Aeronáutica, capítulo IV – do sistema de segurança de

vôo, artigos 66 a 71), pela portaria 453/GM5, de 02 de agosto de 1991 (reformula o Sistema de segurança de vôo da aviação civil – SEGVÔO, instituído pela portaria 381/GM5, de 02 de junho de 1998) e pelo regimento interno do CTA.

Observando o Código Brasileiro de Aeronáutica de 1986, através dos artigos 66 à 71, são verificadas as seguintes disposições:

- art. 66: estabelece os padrões mínimos de segurança e prevê a emissão dos RBHAs;
- art. 67: impõe a obrigatoriedade da homologação, excetuada a aeronave experimental;
- art. 68: prevê a emissão de certificados de homologação de tipo, também aplicável a produtos aeronáuticos importados;
- art. 69: prevê a emissão de certificados de homologação de empresa para fabricação de produtos aeronáuticos;
- art. 70: prevê a emissão de certificados de homologação de empresa para manutenção de produtos aeronáuticos;
- art. 71: prevê a emenda, modificação, suspensão ou cassação dos certificados de homologação.

Considerando o modelo 170, os principais RBHA considerados são:

- RBHA 21 (Procedimento de Homologação);
- RBHA 22 a 33 (Requisitos de Homologação);
- RBHA 34 (Emissões);
- RBHA 39 (Diretrizes de Aeronavegabilidade);
- RBHA 183 (Representantes Credenciados).

Para Aeronavegabilidade os principais RBHA (considerando o Embraer 170) são:

- RBHA 25 (Aviões categoria transporte);
- RBHA 33 (Motores)

Ao mesmo tempo, a certificação aeronáutica segue um consenso internacional instituído pela Convenção de Chicago de 1944 (Anexos ICAO – *International Civil Aviation Organization*). Este mecanismo é um requisito fundamental para a exportação e importação de aeronaves civis. Para a viabilidade de exportação são ainda exigidos: (i) a adoção dos requisitos da RBHA 21 subparte L e (ii) inspeção e emissão de CAE (Certificado de Aeronavegabilidade para Exportação).

Como foi verificado anteriormente, o principal mercado consumidor de aeronaves *Commuters* são os EUA. Entretanto, o mercado norte americano exige uma permissão (USA FAR 21.29) para a importação de produtos aeronáuticos. Além desta permissão, é exigido também a

certificação da FAA (*Federal Aviation Administration/EUA*). Observando a FAA, é possível detectar que ela atua como uma espécie de *benchmarking* para as outras agências certificadoras, mesmo a EASA (*European Aviation Safety Agency*).

A sintonia com este arranjo de entidades certificadoras (FAA, EASA) exige do IFI/CTA uma capacidade de recursos humanos elevados, assim como uma capacidade laboratorial bastante desenvolvida, que é facilmente perceptível no caso metrológico. No caso do Embraer 170, verifica-se que a certificação ocorreu de forma simultânea entre o FAA, EASA/JAA e IFI/CTA.

É importante não perder de foco a complexidade e a extensão de certificação aeronáutica. No caso do modelo Embraer 170 (primeira aeronave da família 170) o período para conclusão de todo procedimento de habilitação foi de 50 meses seguindo a seguinte cronologia:

- requerimento: 20/05/1999
- reunião preliminar: 30/05/2000
- primeiro voo: 19/02/2002
- reunião pré-voo: 08/11/2002
- reunião final e emissão do CHT (Certificado de Homologação de Tipo): 19/02/2004
- exportação da primeira aeronave: 05/03/2004.

A observação dos destinos do Embraer 170 explicita a importância do mercado externo para a cadeia aeronáutica brasileira. De seu primeiro voo (19/02/2002) até julho de 2004 foram produzidos 39 unidades, deste total 70% (27 unidades) teve como destino o mercado norte-americano e 30% (12 unidades) teve como destino a Europa.

3.5 – A Gestão de projetos: o modelo 170

O fato da aeronave se constituir como um produto complexo, torna a eficiência dinâmica entre integradora e fornecedores um ativo estratégico, principalmente quando observada a gestão do desenvolvimento do design e co-design do projeto entre integradora e sistemista (Browning, 1997). Convém ressaltar que algumas destas empresas sistemistas produzem produtos que podem ser considerados também como complexos; neste caso, a produção de turbinas é exemplar (Bonaccorsi e Giuri, 2000).

Traçar um paralelo com a indústria automotiva passa a ser a tendência natural quando da interpretação do movimento de especialização no desenvolvimento do design do projeto e co-design do projeto; entretanto, as similaridades entre os dois setores tornam-se marginais quando considerado o processo produtivo em âmbito geral. A adoção do toyotismo pode ser apontada

como um caminho das integradoras no desenvolvimento de sua gestão de projeto e de gerenciamento do processo produtivo, porém, a dinâmica de produção é distinta. A complexidade da produção do setor aeronáutico inviabiliza algumas das principais características do setor automotivo, das quais pode-se citar o processo de produção em massa. Entretanto, as dinâmicas do desenvolvimento de design e co-design de projeto são muito próximas. Inicialmente, é possível verificar que a necessidade do cliente está em primeiro plano, convém ressaltar que as expectativas destes clientes podem ser distintas; neste caso, estão sendo consideradas as expectativas dos clientes das integradoras e não as integradoras como clientes. Busca-se assim, focar as necessidades dos consumidores finais. Depois de definidas as necessidades mercadológicas, são verificadas as funções técnicas que estas necessidades exigem. Em seguida são determinados os parâmetros do design a ser desenvolvido e conseqüentemente, as possíveis variações de processos exigidos pela demanda inicial (Suh, 1990).

A capacidade de desenvolvimento de projeto apresenta-se em níveis distintos, esta distinção surge em função do caráter do conhecimento exigido para o desenvolvimento. Gulati e Eppinger (1996) definem três fases críticas quando considera as diferenças nas dimensões do conhecimento: (i) a avaliação da informação, (ii) a transferência de informação, (iii) a proposta de uso e aplicação da informação. O fluxo de informações é um ativo fundamental na eficiência da elaboração do design; a partir do momento em que é possível distinguir dois grandes sub-grupos catalisadores deste conhecimento, o *Downstream Design Process* (que permeia o caráter tácito do conhecimento) e o *Upstream Design Process* (onde o se apresenta o conceito técnico teórico). Faz-se necessário criar capacidades de troca de experiências e conceitos que viabilize a fluidez do projeto.

A eficiência desta gestão exige a construção de mecanismos de comunicabilidade que viabilizem a integração entre os atores. Browning (1997), procura mapear e interpretar como este processo se sedimenta no setor aeronáutico. Inicialmente, o autor busca aprofundar a dinâmica das relações entre fornecedores observando que estes podem se dividir em níveis hierárquicos, coordenados inicialmente pela integradora. Esta coordenação exige, por sua vez, um eficiente grupo de mecanismo de integração (MI), que cumpre o papel de ferramenta de comunicabilidade entre os níveis de produção.

Alguns atores que participam deste processo ganham um papel estratégico quando considerada a efetividade das interfaces que o desenvolvimento do projeto exige. O papel dos “*integrated product teams*” (IPT) e “*functional support groups*” (FGS) são um exemplo da

necessidade de criação de capacidades de integração e comunicação entre os agentes envolvidos. A idéia de rede de produção pode ser adotada neste exemplo; assim, busca-se um ganho de escala e uma otimização nas tarefas de desenvolvimento e integração do produto. As relações dentro destes times ou grupos criam interfaces que necessitam de um grau de comunicabilidade eficiente sob todos os aspectos⁴⁷. As principais ferramentas de MI estão apresentadas abaixo, Quadro 3.7 - Ferramentas de MI (mecanismos de integração):

⁴⁷ Quanto maior o número de níveis, maior a complexidade de produto.

Quadro 3.7 - Ferramentas de MI (mecanismos de integração)

1. Engenharia de sistemas e otimização de interface – sistema para arquitetura do produto. Uma arquitetura decomposta de maneira racional facilitando o gerenciamento das interfaces.
2. Aperfeiçoamento de informação e tecnologia de informação – sistemas de CAD/CAM/CAE, e-mail, tele e videoconferências, base de dados comum (com acesso fácil e compartilhado), nomenclatura comum aos atores, etc.
3. Treinamento – especializado na construção de times; aumento do conhecimento sobre o papel e necessidades dos participantes da integração.
4. Co-locação – física dos IPT, FGS e sistemas de times e/ou membros de programas.
5. Reuniões tradicionais – encontros face a face para tomadas de decisão.
6. “Town meetings” – encontros para um aumento da “camaradagem” entre os atores envolvidos, ao mesmo tempo em que procura criar um aumento nas relações e percepções a respeito do trabalho em grupo.
7. Mediação gerencial – esquema para tomadas de decisão, envolvendo os responsáveis pelo produto e os integradores.
8. Mediação dos envolvidos – engenharia de ligação, engenheiros de resolução de conflitos.
9. Grupos de gerenciamento de interface – times de integração com o objetivo de mediar conflitos nos assuntos da interface.
10. Contratos e padrões de interface – delineamento explícito de valores e características da interface para avaliação de sua efetividade.

Fonte: Browning (1997).

A aplicação destes mecanismos de MI exige um esquema de mediação para a interface entre os atores. Este esquema está vinculado a algumas características: de definição de informações (a fim de se definir quais as necessidades exigidas pela interface), de permeabilidade (que possibilite uma fácil percepção entre todos os envolvidos, das necessidades e “time” entre estas necessidades), de mutação (capacidade de compreender as mudanças em possíveis modificações de instrumentos de fluxo de informações), de eficiência, de documentação (possibilitando um fluxo de informação capaz de fluir entre os agentes) e de adaptação (adaptação e readaptação das tarefas exigidas).

3.5.1 – A gestão integrada do projeto no programa 170

O programa da família 170 é o mais complexo e sofisticado já desenvolvido pela Embraer. Sob vários aspectos este programa é inovador: pela engenharia e gestão institucional das parcerias de risco; pelas ferramentas de desenvolvimento integrado de produto (DIP) e a nova filosofia de gestão do co-design do projeto; pelas tecnologias de ponta incorporadas no produto, como os sistemas de navegação *fly-by-wire*; e, pelas novas tecnologias de produção, cuja referência são as técnicas de *lean production*. No projeto da família 170 foi empregado o

conceito de família⁴⁸, que oferece a vantagem de comunalidade entre os aviões e o regime de *co-design* de projeto para o desenvolvimento do projeto da nova aeronave com as parceiras de risco. Estas duas estratégias são tendências mundiais, estimuladas pela natureza tecnológica do produto, estrutura de mercado, custo de desenvolvimento e risco elevado, taxa de retorno de investimentos de longa maturação (início em 3 anos e pleno em 10), exigindo dos parceiros de risco sólida capacidade financeira para o aporte de investimentos (a relação dos parceiros de risco do 170 estão apresentados no Quadro 3.8 - Parceiros de Risco do Programa 170 e na Ilustração 3.9 - Modelo 170 e os parceiros de risco do projeto) .

A Embraer teve 45% de participação nos projetos, sendo a responsável pela integração de todos os sistemas, estrutura e parte técnica final da montagem. O desenvolvimento da nova família de jatos regionais demandou investimentos da ordem de US\$ 850 milhões. A viabilização desses recursos exigiu a participação de empresas e instituições financeiras internacionais que, assumindo os riscos de mercado, dispunham de capacidade de investimento, com início de recuperação em 3 anos e retorno pleno em 10 anos, além de notória capacidade tecnológica e competitividade mercadológica. Além disso, estas empresas participaram no desenvolvimento de engenharia de processo e ferramental das partes do avião. Esse perfil de empresas, aliado ao prazo acelerado de seleção dos parceiros do programa, necessário pela intensa pressão de mercado, determinou que a quase totalidade das empresas parceiras fossem internacionais. A estratégia de seleção das empresas parceiras multinacionais foi guiada de forma a assegurar ao programa agregação de valor tecnológico, atendendo aos três requisitos de alto nível, capacitação técnica, fornecimento e integração de “pacotes tecnológicos” e estrutura financeira e de investimento. Na prática, os parceiros de riscos atuaram como fornecedores de primeira linha e serão responsáveis por uma parcela significativa da P&D e pela agregação de um conjunto de subsistemas e componentes que vão compor um “pacote tecnológico” do projeto da aeronave a ser fornecido e integrado na fase final na linha de montagem na Embraer. Com a redução e concentração dos fornecedores externos e locais, foram criadas novas normas e parâmetros para a composição e integração de sua cadeia de fornecimento, implicando em uma nova estrutura na relação de suprimento global e local. Este modelo de produção é muito próximo conceitualmente da filosofia do condomínio industrial e sistemistas adotada pela indústria automobilística.

⁴⁸ O conceito de desenvolvimento de ‘família’ de aeronaves, significa menor custo de infra-estrutura de manutenção, custos de treinamento de pilotos e pessoal técnico e a possibilidade de *up-grading* nos tripulantes.

Quadro 3.8 - Parceiros de Risco do Programa 170

Empresas	País	Fornecimento
GAMESA	Espanha	Empenagens e fuselagem traseira
Sobraer	Bélgica	Slat/Fuselagem Central II (Fabricação)
C&D	EUA	Interior
Hamilton Sundstrand	EUA	Sistema de Geração Elétrica/APU – Conte de Cauda/Sistema de Gerenciamento de Ar
Parker Hannifin Corporation	EUA	Controle de Vôo, Sistema de combustível e Sistema Hidráulico
Honeywell	EUA	Aviônica
Liebherr	Alemanha	Trem de pouso
Kawasaki	Japão	Asa (bordo de ataque fixo, bordo de fuga fixo, stub, pilone, superfícies de controle)
Late Coere	França	Fuselagem Central I/ Fuselagem Central III / Portas
General Electric	EUA	Motor/Nacelle
Figeac Aero	França	Fornecimento de Painéis de Revestimento e Nervura de Asas
Pilkington	EUA	Produção de transparências/janelas

Fonte: elaboração própria a partir de dados fornecidos pela Embraer.

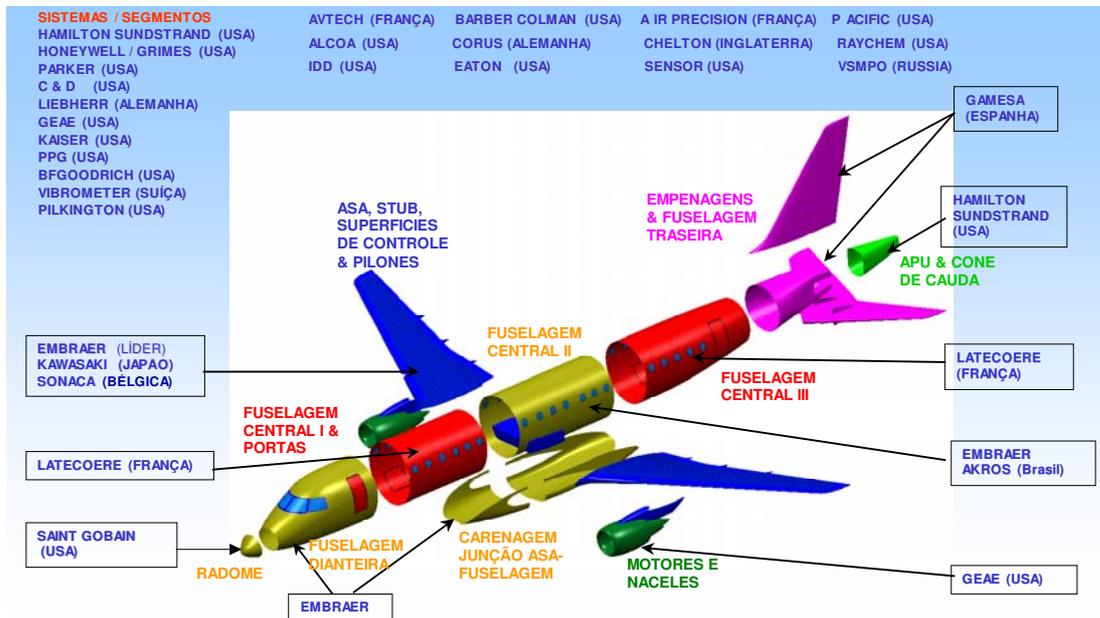


Ilustração 3.9 – Modelo 170 e os parceiros de risco do projeto

Fonte: Embraer

O conjunto de parceiros de riscos a integrarem o programa da nova família de jatos regionais para 70, 98 e 108 passageiros que receberam a designação de 170, 190-100 e 190-200, foi selecionado a partir da análise de 85 potenciais parceiros, destes, 58 foram qualificados e finalmente, 12 foram escolhidos.

Para a coordenação do programa 170 foi criada uma diretoria dedicada ao projeto. Uma das primeiras iniciativas foi organizar dois grupos centrais responsáveis por cada segmento físico e subsistemas do programa. O primeiro tipo de grupo denominado *Integrated Program Teams* (IPT) tem como atribuição assegurar a visão funcional e a qualidade do projeto dos subsistemas da aeronave. O segundo tipo de grupo chamado *Design Build Teams* (DBT) fica responsável por cada segmento físico da aeronave. Estes grupos têm como missão garantir a perfeita integração das partes do projeto. Dentro da filosofia da Embraer de desenvolvimento integrado de produto, visando a integração e interação constante entre os parceiros e usuários, foram criados também os *Advisory Boards* e *Steering Comittes* para incorporar as sugestões e impressões dos usuários e clientes na consecução do programa (YU e Tromboni, 2001).

3.5.2 - Gênese e Seleção de Informações para o projeto do programa 170

A atual estratégia de competição da Embraer consiste no delineamento de uma trajetória tecnológica direcionada à inovação de produto sincronizado ao conhecimento, atendimento e monitoramento constante às demandas dos clientes/usuários. A partir de 1998, foi criada uma área denominada de “Inteligência de Mercado”, onde a metodologia destes estudos prospectivos sobre o conhecimento do mercado passou a ser internalizada na cultura e estratégia competitiva da Embraer, ou seja, a empresa começou a realizar os seus próprios estudos de mercado⁴⁹. O projeto da família 170 é desenvolvido a partir do conhecimento gerado pela área de “Inteligência de Mercado” e transformada em conceito de produto na fase do ante projeto. A partir das visitas em cerca de 40 operadoras de transporte aeronáutico regional foram identificadas informações precisas sobre os requisitos (parâmetros como, alcance, capacidade de passageiros, etc) e demanda das empresas para a definição do produto (Yu e Nascimento, 2001; Affonso e Campello, 1998).

3.5.2.1 - Gestão de Projetos, Regime de Inovação e Organização das rotinas de P&D.

Presenciou-se uma mudança no regime de inovação e desenvolvimento de engenharia de projeto em direção a um padrão de rotinas mais integradas e compartilhadas entre os parceiros. A competência essencial da empresa é expressa na excelência no *design* do projeto e na integração de sistemas de alta complexidade tecnológica. A empresa focalizou suas atividades na fase de agregação de valor, é uma integradora de sistemas, dominando as diversas especificidades e fases técnicas dos subsistemas, sem, no entanto, fabricá-los, mas com a capacidade de combinar e adaptá-los conforme as suas necessidades de projeto. Neste aspecto, a Embraer detém o ativo estratégico que permite à empresa exercer o poder de comando sobre a rede das parcerias de risco e sobre a sua cadeia produtiva global, o que acaba por fortalecer sua posição competitiva. O regime de inovação é resultado de uma trajetória de evolução tecnológica e institucional, natural

⁴⁹ Basicamente, os estudos incorporam as tendências de mercado por meio da quantificação da demanda global de aeronaves através de uma técnica de análise chamada *Top Down* que consiste em avaliar elementos como: frota, quantidade de aviões em operação e condição da frota, evolução das vendas, *Backlog* (carteira de pedidos), unidades vendidas e não entregues, previsão de vendas. A outra metodologia para quantificação é chamada *Bottom-up* que

de contínuo aperfeiçoamento incremental, com algumas mudanças significativas iniciadas em 1994, antes da privatização da empresa, a partir do programa ERJ-145. Tal regime de inovação adquire uma dinâmica mais integrada organicamente e inter-institucionalmente, a partir do programa 170, com um “*modus operandi*” fundado por uma lógica de funcionamento em rede⁵⁰, sendo mais interdependente e interativo em relação às empresas participantes do programa. A estratégia tecnológica pressupõe uma diretriz de autonomia tecnológica, mas focando nas tecnologias que trarão retorno econômico.

No programa 170 foi aplicado o conceito de gestão que a empresa denomina de DIP (desenvolvimento integrado de produtos)⁵¹. Sob a ótica operacional, o programa foi organizado em três fases: (i) fase 1 – *Initial Definitions*, (ii) fase 2 – *Joint Definitions* e (iii) fase 3 – *Detailed Design and Certification*.

Fase 1 – *Initial Definitions*.

A concepção, o detalhamento e a própria definição do projeto do avião foram feitos antes da definição dos parceiros de risco. Foi elaborado um plano de negócio abordando requisitos de mercado e detalhamento de produto; planejamento de custos; análise do ciclo de vida; investimento, análise do risco e retorno do investimento, além de um estudo específico de identificação do mercado com metodologia própria elaborada pela Embraer.

Fase 2 – *Joint Definitions*.

Esta fase foi caracterizada pela repartição do avião em diversos segmentos e pela divisão do trabalho entre as empresas, seguindo-se da definição conjunta dos parâmetros da aeronave entre os parceiros e a Embraer. A inovação neste projeto se deu pela internacionalização das rotinas de P&D, que se desenvolveram através da aplicação de uma filosofia que a empresa denominou de engenharia colaborativa conectada a sites globais, isto é, a configuração de uma rede de P&D entre as plantas e laboratórios dos diversos parceiros internacionais, centralizada e

consiste em abordagem direta com os clientes sondando sobre a quantificação e o real interesse sobre o novo produto.

⁵⁰ O sentido da organização da produção aeronáutica segue a lógica evolutiva da organização em rede. Neste caso, indústria aeronáutica é verificada a formação de uma rede de produtos complexos (conforme a apresentado no capítulo 1 deste trabalho).

⁵¹ Segundo Yu e Trombone (2001, pág.20) “o DIP objetiva a redução de custos, melhoria de qualidade, compressão do tempo, diminuição de impactos no meio ambiente e otimização da logística. DIP é a estratégia de gerenciamento de um programa de desenvolvimento que deve sistematicamente utilizar times multidisciplinares que não só

coordenada pela Embraer no Brasil. A construção institucional deste novo padrão de P&D se deu com a criação de times multidisciplinares descentralizados, um modelo de organização matricial organizado por times de inovação que cruza toda a empresa, suportado por ferramentas de *design review* para o desenvolvimento em conjunto de partes do avião com os parceiros. Estes procedimentos permitiram o desenvolvimento integrado de produto, uma vez que as tomadas de decisões eram realizadas por especialistas que representavam as empresas parceiras e que, portanto, detinham autoridade para decidir⁵².

O trabalho de engenharia e projeto foi conduzido pelo centro de computação avançada da Embraer que proporcionou um ambiente de projeto totalmente integrado. Com a implantação dos sistemas web e EDI – *Electronic Data Interchange*, conectados ao canal de satélite, foi possível ligar *on-line* a rede de firmas parceiras ao *mock-up* e o banco de dados do 170 que ficaram centralizadas no parque de informática da Embraer. As modificações gerais no *design* do projeto efetuadas pelos parceiros e fornecedores são enviadas eletronicamente para Embraer, onde são checadas e validadas para depois serem atualizadas no *mock-up* e no banco de dados. O novo sistema de transmissão de informações permite a configuração de uma arquitetura empresarial em rede de alta velocidade, no que tange as respostas, com redução dos custos transacionais, além de possibilitar um processo de trabalho em rede.

Foram ainda aplicados novos conceitos de engenharia baseados no conhecimento (EBC). A Embraer introduziu um novo *software* e padrão organizacional que permitem que o conhecimento e aprendizado gerado pela engenharia seja codificado e transmitido com maior velocidade e precisão, liberando o trabalhador para a realização de atividades mais criativas, adensando as competências, as rotinas e o conteúdo de trabalho direcionado à inovação.

Fase 3 – *Detailed Design and Certification*

Esta fase corresponde aos trabalhos de finalização e definição final da aeronave e congelamento de sua configuração para certificação nos órgãos de homologação. Os engenheiros e técnicos das empresas parceiras retornarão aos seus países de origem para terminar a fase de detalhamento. Em 29 de outubro de 2001 foi realizada a apresentação pública (*roll-out*) da primeira aeronave 170.

executam simultaneamente todos os processos necessários para o DPP (Desenvolvimento de Produtos e Processos), mas o faz de forma integrada”.

3.4 – Conclusões

Compreender a trajetória tecnológica do setor aeronáutico no Brasil é um exercício que envolve a percepção da mudança da organização tecnológica e produtiva das cadeias de produção mundiais. Inicialmente, a concepção da indústria aeronáutica brasileira esteve vinculada a sedimentação do CTA. No período pré-privatização, a importância da formulação de uma política pública de desenvolvimento tecnológico foi fundamental para o desenvolvimento desta indústria. A criação não só de um ambiente científico e tecnológico, via CTA, mas também de um conjunto de estímulos fiscais juntamente com o poder de demanda do Estado viabilizaram a construção de uma indústria capaz de se desenvolver de maneira eficiente.

A percepção inicial que, para a construção de um ambiente apto ao desenvolvimento de aeronaves, era necessário a construção de uma grupo amplo de atores vinculados a: realização de P&D no campo espacial, realização de P&D de tecnologia críticas, capacitação e formação de competências, fomento – apoio – certificação às atividades da indústria aeroespacial e produção de aviões, esteve presente na ótica dos formuladores de política científica e tecnológica nacional no período.

Ao mesmo tempo, o contínuo desenvolvimento de projetos, no âmbito da Embraer, possibilitou uma consecução de absorção de expertise de toda a cadeia coordenada pela empresa. É importante destacar as parcerias com Aeromachi, Northrop e Piper. Estas parcerias possibilitaram o desenvolvimento de capacitação, da Embraer, no desenvolvimento de projetos compartilhados. Ainda no período pré-privatização a preocupação com os índices de nacionalização de aeroestruturas estava presente, esta lógica se sustentava em função da presença do Estado como demandador de aeronaves de “última instância”.

A lógica da organização da cadeia se modifica no período pós-privatização. A crise econômica do Estado e a privatização da Embraer levaram a um novo comportamento na gestão de projetos e organização da cadeia produtiva. A capacitação da Embraer na gestão e execução de projetos, através do desenvolvimento dos modelos de aeronaves anteriores, possibilitou uma escolha estratégica na sua atuação. Embora o modelo ERJ 145 tenha sido elaborado no período

⁵² Neste programa foram alocados em regime *full-time* cerca de 600 engenheiros, sendo 300 especialistas da Embraer e 300 especialistas das demais parcerias multinacionais do Japão, da Espanha e dos EUA, entre outras, que trabalharam intensamente de forma co-localizada e *in-house* na sede da Embraer no Brasil.

pré-privatização, sua viabilidade de produção só foi concebida no período pós-privatização. A elaboração de uma arquitetura complexa, na elaboração da cadeia produtiva, que incorporava um grupo de parceiros dispersos geograficamente e altamente internacionalizados exigiu um aprofundamento da Embraer na sua gestão de produção. Ao mesmo tempo, os fornecedores locais não se incorporaram ao novo modelo. Quanto ao CTA, o processo de certificação exigiu uma contínua melhoria de suas práticas, fazendo com que o IFI (Instituto de Fomento Industrial, instituto que faz parte da CTA) acompanhasse o estado da arte da certificação aeronáutica. No entanto, este esforço do CTA só é capaz de amenizar a crise que acompanha a instituição. A lógica militar, que permeia o centro, permanece em constante conflito com a necessidade de acompanhar as demandas que surgem da iniciativa privada. Ao mesmo tempo, o constante fluxo de profissionais do centro que se transferem para a Embraer causa um contínuo processo de “descapacitação” dos quadros profissionais do CTA. Esta dificuldade em identificar um foco estratégico de atuação é um gargalo de difícil equacionamento.

Por outro lado, o novo foco estratégico da Embraer, centrado na elaboração de projetos, fica em consonância com o comportamento da indústria mundial de produção de aeronaves, mais caracterizada como uma indústria integradora de aeronaves. Este movimento é fruto de um processo evolutivo, de todo um setor industrial, e que passa a ser denominado de um novo paradigma técnico produtivo, que incorpora a lógica “*a la lean*” no dia a dia da empresa, o BFC. Esta lógica incorpora a adoção de parcerias de risco na elaboração do design de projetos e na integração de aeronaves, este cenário exige uma troca constante de informações e de experiências de todos os atores integrantes da cadeia, além de uma capacidade financeira que dê sustentação na produção e integração das partes. Ao mesmo, este comportamento tem uma tendência de regressão das trajetórias de capacitação de fornecedores locais caracterizando assim uma alienação, destes fornecedores, da cadeia de produção.

A verificação dos níveis de capacitação assimétricos, entre os participantes da cadeia aeronáutica no Brasil, ficam claro a partir do momento em que se observa de forma detalhada a característica e competência das empresas fornecedoras de aeroestruturas atuando no país, conforme será constatado no capítulo 4 deste trabalho.

**Capítulo 4 - Níveis de Capacitação Tecnológica dos Fornecedores Locais da
Embraer**

Introdução

O estudo dos fornecedores da cadeia aeronáutica no Brasil compreende a observação dos fornecedores da Embraer⁵³, toda a cadeia de produção aeronáutica brasileira é coordenada e organizada seguindo a lógica desta empresa. Desta forma, as capacidades da cadeia seguem o comportamento imposto pela Embraer. A verificação de assimetrias nos níveis de capacitação das empresas é o retrato mais claro das opções estratégicas adotadas pela Embraer. Os parceiros de risco, atuando no país de maneira marginal, são um contraponto à fragilidade do papel exercido pelas empresas fornecedoras locais de aeroestruturas, de origem de capital nacional, que produzem (na sua maioria) peças de reduzido conteúdo tecnológico e elevada incorporação de mão-de-obra. As atividades desenvolvidas por estas empresas estão descritas nas matrizes de capacitação, apresentada no decorrer do capítulo. As matrizes possibilitam a construção da percepção da influência, ou da oportunidade de influência, das políticas públicas no adensamento da cadeia.

4.1 – Os fornecedores de aeroestruturas, sistemas e motores

Este capítulo analisa a capacitação tecnológica no interior das empresas que fazem parte da cadeia de fornecedores da Embraer e que estão instaladas, de alguma forma, no país. Algumas destas empresas possuem somente escritórios de representação no país, desta forma os níveis de capacitação considerados são os desenvolvidos pela matriz no exterior⁵⁴. Estes fornecedores estão sendo classificados em dois grupos: (i) fornecedores de aeroestruturas e (ii) sistemistas.

4.4.1 – Alguns aspectos da cadeia de fornecedores

Consideramos aeroestruturas a produção de peças de aeronave que não se caracterizam como sistemas aeronáuticos. Mesmo peças mais sofisticadas e complexas, que incorporam tecnologia e agregam valor, são aqui consideradas aeroestruturas. Como “sistemas” são considerados: sistema de vôo, sistemas aviônicos embarcados, sistema de propulsão, sistema de combustível, sistema ambiental, sistema de partida e suprimento de energia, sistema hidráulico e sistemas elétricos. O restante das peças que compõem a aeronave são considerados como sendo

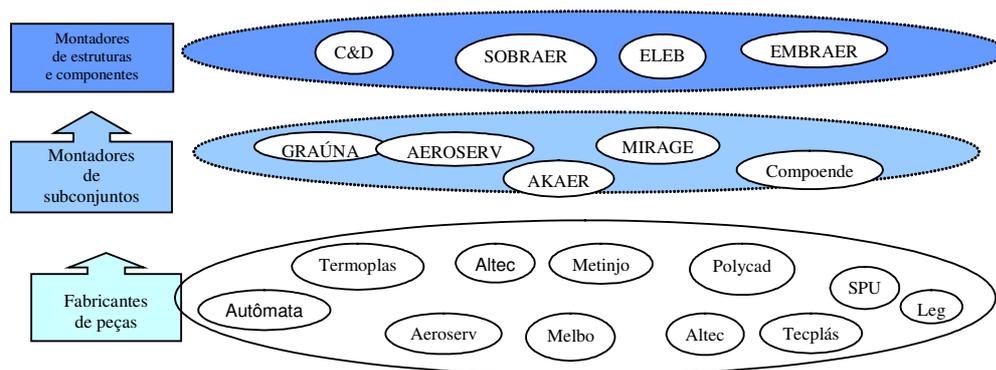
⁵³ Deve-se ter claro que as análises dos níveis de capacitação, consideradas neste capítulo, estão vinculadas à análise dos fornecedores da Embraer. O objetivo aqui não é analisar a capacidade tecnológica interna da Embraer.

⁵⁴ Mesmo nos casos em que a atividade considerada é a desenvolvida pela matriz, o processo de entrevistas e pesquisa de campo foi importante a fim de esclarecer quais são as atividades realizadas pela empresa, mesmo que estas atividades tenham sido realizadas no exterior.

aeroestruturas. É importante destacar que mesmo serviços tecnológicos ou produtos como *software* embarcado estão sendo considerados como aeroestruturas.

A Ilustração 4.1 descreve e apresenta as empresas que produzem aeroestruturas. Conforme a ilustração demonstra é possível classificar os produtores de aeroestruturas em três grupos. Em um primeiro grupo estão os fabricantes de peças, mesmo peças (independente da complexidade do componente), no segundo grupo estão localizados os montadores de conjuntos (deve-se destacar que os montadores de sistemas não estão incluídos neste grupo) e por fim, em um terceiro grupo estão os montadores de estruturas, componentes e sistemas (neste grupo já podem ser identificados alguns parceiros de risco como: C&D, Sobraer, Eleb).

Ilustração 4.1 – Perfil da cadeia de fornecedores de aeroestruturas



Fonte: Adaptado de Embraer

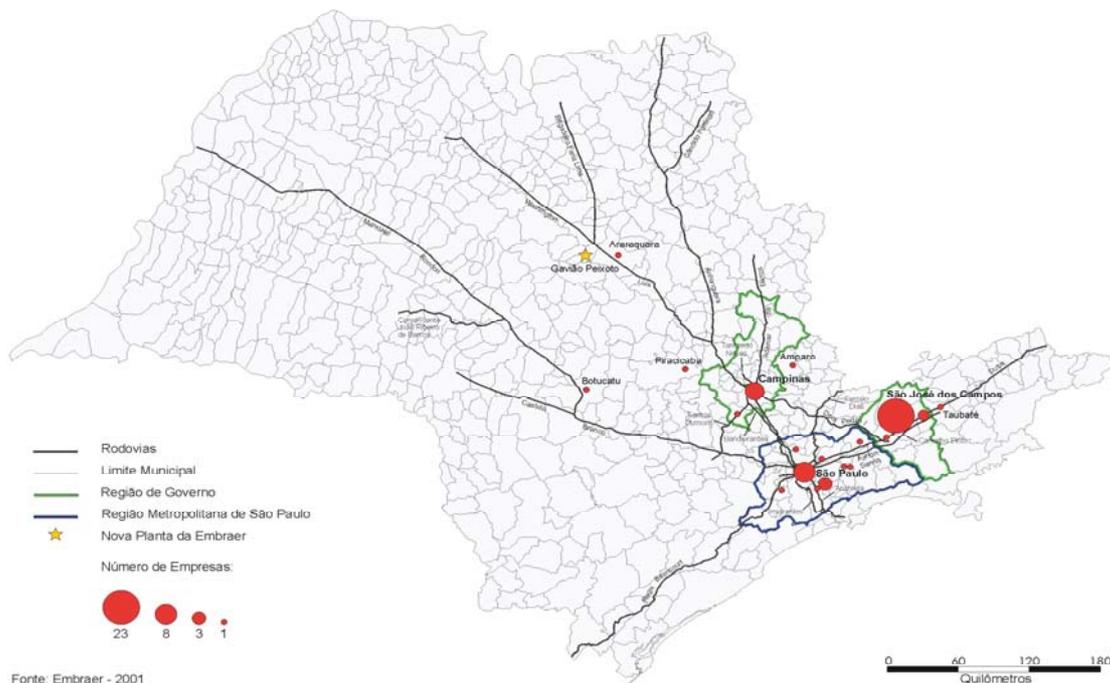
É importante lembrar ainda que consideramos como sendo parceiros de risco os fornecedores de sistemas e alguns fornecedores de aeroestruturas. Nem todos os fornecedores de aeroestruturas são parceiros de risco⁵⁵, existem alguns casos em que isto acontece, como no desenvolvimento e fornecimento de partes da fuselagem e das asas da aeronave, mas isto não se caracteriza como uma regra.

⁵⁵ Parceiros de risco são considerados os fornecedores da Embraer que ajudam no desenvolvimento e no financiamento do projeto. Estes parceiros ficam vinculados ao programa enquanto este existir.

A distribuição geográfica destas empresas, fornecedores de aeroestruturas e sistemas, é peculiar. A grande maioria está instalada no estado de São Paulo, principalmente na região de José dos Campos, como podemos observar na ilustração 4.2.

Ilustração 4.2 – Mapa do Cluster Industrial Aeronáutico do Estado de São Paulo

Mapa do Cluster Industrial Aeronáutico do Estado de São Paulo - 2001



Embora o objetivo deste trabalho não seja discutir a dinâmica locacional, que viabiliza ou não a formação de clusters industriais, é importante ressaltar que o CTA em conjunto com a Embraer são os principais fatores de atração destas empresas para a região. Mesmo a existência de uma segunda planta da Embraer na Região de Araraquara, de forma mais específica em Gavião Peixoto, não foi capaz de atrair um número maior de indústrias. Esta região comportou a instalação de apenas uma empresa, parceira de risco da Embraer, a Kawasaki.

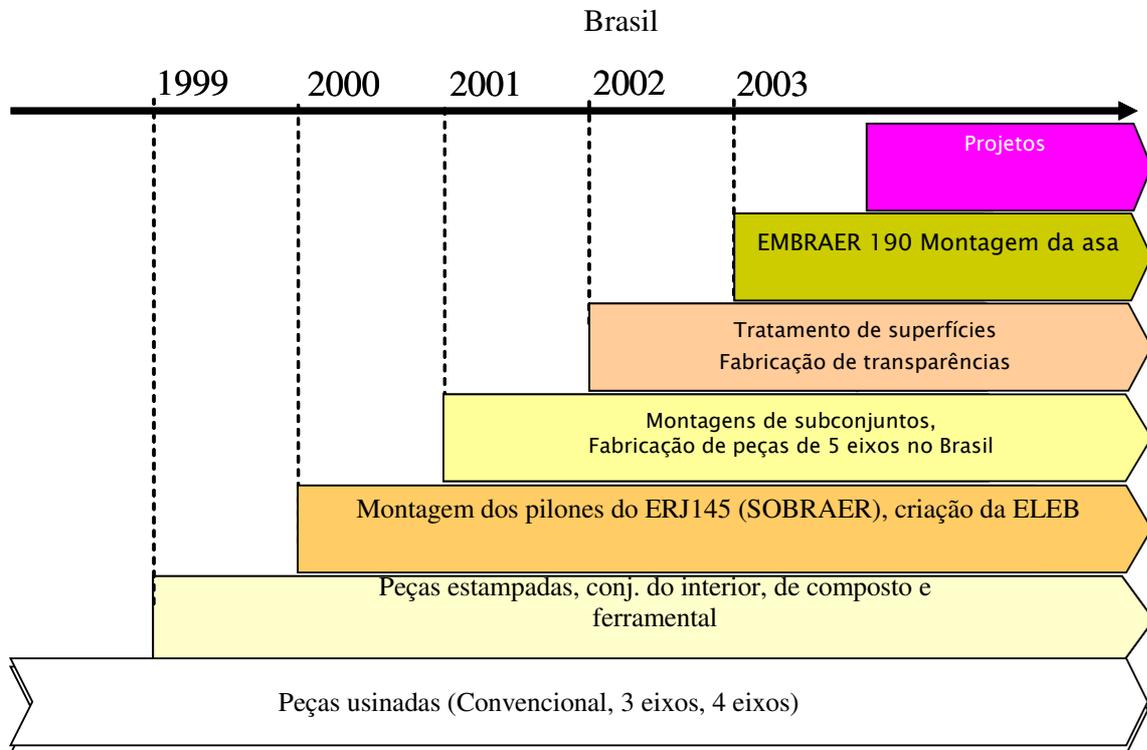
Este reduzido número de instalações industriais na região de Gavião Peixoto pode ser justificada por dois motivos. Um primeiro que diz respeito ao fato da planta industrial da Embraer, em Gavião Peixoto, ser muito recente. O segundo motivo, mais coerente com nossa argumentação, está centrado na lógica do desenho da cadeia de fornecedores da Embraer, altamente internacionalizada e focada na parceria de risco.

A ilustração 4.3 demonstra a evolução das atividades dos fornecedores de aeroestruturas da Embraer, inclusive parceiros de risco, instalados no país. Deve-se ressaltar que a descrição está focada na produção de estruturas. Sistemas aeronáuticos, motores, serviços e *software* embarcados não estão sendo considerados. É interessante constatar que as atividades dos fornecedores locais são ampliadas a partir do modelo ERJ 145 e da concepção da família 170. O diagrama demonstra a evolução das capacidades das empresas instaladas no país, chama a atenção que parte importante das empresas que desenvolveram expertises, nos dois projetos da Embraer pós-privatização, são parceiros de risco e, na sua maioria empresas de origem de capital externo.

De todo modo, é possível constatar um ganho de capacidade nos projetos ERJ 145 e 170. Também merece destaque a criação de ELEB, uma empresa subsidiária da Embraer e da alemã Liebherr. A ELEB procura atuar em um nicho de mercado onde é perceptível a possibilidade de torna-se uma *player*, atuando principalmente na produção e exportação de trens de pouso. As empresas locais, e de capital nacional (considerando estruturas), atuam principalmente na produção de peças estampadas e ferramental. A produção de compostos e, principalmente, conjuntos interiores são produzidas por alguns parceiros de risco que desenvolvem seus produtos principalmente em suas matrizes no exterior.

Deve-se observar o desenvolvimento de capacidades e competências com um certo cuidado. Algumas empresas, embora instaladas no país, desenvolvem poucas atividades tecnológicas, se ocupando muitas vezes da montagem de conjuntos.

Ilustração 4.3 – Evolução das atividades dos parceiros e fornecedores de aeroestruturas no



Fonte: Embraer

4.2 – Capacitação

Para este trabalho, inicialmente, adotou-se a idéia de que aprendizado, competência e capacidade (capacitação) não só estão ligados, mas também geram um movimento de alimentação recíproca (Figueiredo, 2003). Desta forma, embora o aprendizado possua características múltiplas, através de movimentos de *learning-by-doing*, *learning-by-interacting*, *learning-by-training*, *learning-by-hiring*, *learning-by-clustering* e *learning-by-researching* ele desempenha um papel importante no desenvolvimento de competências, que por sua vez criam as condições para a sedimentação de várias formas de capacitação no âmbito da firma (Bell, 1984; Lundvall, 1988; Freeman, 1994).

No entanto, esta parte do trabalho não focou a dinâmica do processo de aprendizado no interior da firma, assim como não considerou o processo de desdobramento do aprendizado e desenvolvimento de competências. A idéia básica foi focar, única e exclusivamente, na capacidade da firma (neste caso os fornecedores da Embraer). Assim, a capacidade está dada, a lógica de sua construção não está sendo considerada.

Por sua vez, a idéia de capacitação está vinculada ao desenvolvimento de capacidades internas à firma, capacidades que podem possuir aspectos tecnológicos, financeiros e organizacionais⁵⁶ (Lall, 1982, 1987, 1992; Bell e Pavitt, 1993, 1995 e Figueiredo, 2002). Este trabalho está centrado na análise destas capacidades⁵⁷.

Algumas ressalvas. É importante destacar que o processo de aprendizado e capacitação da Embraer é bastante distinto do restante da cadeia produtiva local. Ao se observar a trajetória tecnológica da Embraer é possível constatar que todas as etapas do processo de desenvolvimento de aprendizado estão presentes. Como visto anteriormente, a Embraer criou mecanismos que permitiram a: i) aquisição de saber externo, ii) aquisição do saber interno, iii) socialização do saber, e iv) codificação do saber. Todas estas etapas estão muito bem delineadas na trajetória tecnológica da Embraer. Estas características permitem um nível de comparação com alguns processos de aprendizado ocorrido com os países asiáticos de industrialização recente, em especial o caso do setor eletro eletrônico (Hobday, 2005; Lee, 2000; Kim, 1997). Entretanto, um aspecto precisa ser ressaltado. As especificidades dos produtos são distintas, enquanto aos países

⁵⁶ Deve-se deixar claro que a tecnologia está, também, vinculada a desenvolvimentos organizacionais, assim como o desenvolvimento organizacional está vinculado a incorporações tecnológicas nas rotinas observadas no dia a dia da firma.

asiáticos se destacam na produção de componentes de média alta e média baixa intensidade tecnológica, o caso da Embraer é centrado em um produto de alta intensidade tecnológica.

Este cenário de construção de um “arcabouço” claro de aprendizado e capacitação ocorrido na interior da Embraer não se descola da empresa. O restante da cadeia produtiva é, em grande parte, alienada deste processo. Embora a lógica da organização do desenho da cadeia produtiva aeronáutica no Brasil incorpore fornecedores que não possam se apresentar como parceiros de risco, esta incorporação não permite uma absorção pelos fornecedores dos conhecimentos adquiridos, e desenvolvidos, pela Embraer. Já os fornecedores de sistemas já se apresentam amplamente capacitados em função do contato intenso com outras integradoras de aeronaves. Desta forma, os fornecedores locais de aeroestruturas ficam descolados da trajetória de aprendizagem tecnológica da Embraer. Dos quatro processos de aprendizado considerados (aquisição de saber externo, aquisição do saber interno, socialização do saber e codificação do saber) somente o primeiro (aquisição de saber externo) é mais intensamente absorvido por estes atores. Mesmo porque, este saber externo é dado pela Embraer. O segundo fator (aquisição de saber interno) é muito baixo em função da precariedade das relações internas à cadeia produtiva. Quanto aos dois fatores restantes, socialização e codificação do saber, estes estão pouco desenvolvidos em função de: relações de atritos entre fornecedores, relações contratuais com a Embraer e incapacidade de codificar e decodificar informações de forma eficiente.

Ao se considerar todos os fornecedores (aeroestruturas e sistemas) podemos constatar que inserção destes fornecedores, na cadeia, também possuem aspectos peculiares. As atividades desempenhadas pelas empresas exigem níveis de capacitação distintos. Cada empresa está inserida na cadeia de produção de forma diferente, desenvolvendo práticas que se modificam conforme se modifica a atividade por ela executada. Assim, as empresas que desenvolvem sistemas aeronáuticos possuem um nível de capacitação que se distingue das empresas que fornecem aeroestruturas. Deve-se ressaltar que se modificam as atividades exercidas, assim como as formas de inserção da empresa na cadeia produtiva.

Muitas empresas, parceiras de risco, estão instaladas no país de forma marginal. As atividades principais destas empresas continuam a ser exercidas nos países de origem, assim como as atividades mais intensivas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Mesmo durante a concepção do projeto, a maioria destas empresas atuaram no desenvolvimento de suas peças ou

⁵⁷ Para uma visão mais completa sobre o processo de capacitação tecnológica nos países de desenvolvimento tardio ver: Capítulo 1, item 1.5 - O Aprendizado em países de industrialização tardia, deste trabalho.

sistemas com técnicos que se submetiam diretamente à matriz no exterior, a relação com a filial da empresa no país hospedeiro era limitada.

Por sua vez, as empresas fornecedoras de aeroestruturas possuem aspectos comportamentais distintos. Aspectos como: porte, origem de capital e atividade tecnológica induzem este comportamento que se modifica no papel desempenhado por cada uma no interior da cadeia produtiva.

4.3 – Níveis de capacitação

Ao se observar o nível de capacidades tecnológicas é possível perceber uma assimetria entre as empresas que compõem a cadeia de produção aeronáutica. A matriz dos níveis de capacitação apresentada abaixo descreve as atividades das empresas a partir dos níveis de complexidade tecnológica realizada por cada empresa. As diversidades apresentadas expõem a disparidade das empresas que compõem a rede de fornecedores da Embraer.

A matriz está organizada em três níveis distintos:

- Nível básico,
- Nível intermediário;
- Nível avançado.

Estes níveis, por sua vez, foram sub divididos em outros três níveis, chamados de grupos:

- Técnico básico;
- Técnico intermediário;
- Técnico avançado.

Cada grupo se sub divide em subgrupos. Desta forma temos três subgrupos básicos, três subgrupos intermediários e três subgrupos avançados, conforme figura abaixo (Ilustração 4.4 – Descrição das matrizes de capacitação.).

Ilustração 4.4 – Descrição das matrizes de capacitação.

	Nível básico (a)	Básico (a-1) Intermediário (a-4) Avançado (a-7)	Básico (a-2) Intermediário (a-5) Avançado (a-8)	Básico (a-3) Intermediário (a-6) Avançado (a-9)
Capacitação	Nível intermediário (b)	Básico (b-1) Intermediário (b-4) Avançado (b-7)	Básico (b-2) Intermediário (b-5) Avançado (b-8)	Básico (b-3) Intermediário (b-6) Avançado (b-9)
	Nível avançado (c)	Básico (c-1) Intermediário (c-4) Avançado (c-7)	Básico (c-2) Intermediário (c-5) Avançado (c-8)	Básico (c-3) Intermediário (c-6) Avançado (c-9)

Cada célula da matriz é denominada como um grupo. Desta forma, a empresa está inserida em um grupo que possui um determinado nível técnico no âmbito de um nível de capacidade pré-determinado (nível básico, nível intermediário e nível avançado).

A matriz é apresentada em três quadros, o primeiro quadro descreve o nível de capacidade técnica da empresa no nível básico, o segundo quadro descreve o nível intermediário e o terceiro quadro descreve o nível avançado. O padrão de complexidade da atividade desenvolvida pela empresa vai evoluindo conforme o quadro observado. Desta forma, o último quadro apresenta as atividades mais intensivas em tecnologias críticas para o setor. O segundo quadro, apresenta atividades intensivas em economias baseadas no conhecimento e em atividades no qual o acesso a bens de capital são fatores importantes para a viabilidade de sua execução. O primeiro quadro apresenta as empresas que se caracterizam por fornecer mão-de-obra qualificada de forma ordenada ou não.

4.3.1 – Nível básico (a)

A matriz de capacitação de nível básico, Quadro 4.1, descreve as atividades menos complexas da cadeia de produção aeronáutica no Brasil. As empresas que se encaixam neste perfil possuem algumas características comuns: são empresas de micro e pequeno porte, suas atividades são intensivas em mão-de-obra, possuem várias condições precárias (financeira, empregatícia e estrutural), possuem uma alta dependência financeira e tecnológica junto à empresa que coordena a cadeia (Embraer) e a totalidade das empresas possuem origem de capital nacional. Neste nível, básico, a totalidade das empresas são fornecedoras de aeroestruturas.

A seguir são apresentados as descrições de cada uma das atividades.

4.3.1.1 – Básico (a-1, a-2, a-3)

No seu primeiro nível, técnico básico, as atividades estão centradas no fornecimento de mão-de-obra, de forma integrada ou não. Considera-se mão-de-obra integrada o fornecimento de mão-de-obra qualificada de maneira organizada. Aqui, a existência de cooperativas de trabalhadores, muitos deles ex-integrantes da Embraer, é o mais comum. Mão-de-obra não integrada seria de trabalhadores individuais, atuando na Embraer como prestadores de serviços em atividades não correlatas com a cadeia aeronáutica.

O processo de acompanhamento, pela Embraer, dos processos de produção é contínuo. A imposição desta rotina, pela Embraer, é um dos mecanismos utilizados para o acompanhamento de todo o processo produtivo dentro das empresas. É interessante observar que: as empresas que sofrem este acompanhamento estão sujeitas a um movimento de aprendizado contínuo. O contato com a equipe de apoio da Embraer faz com que cada vez mais as empresas estejam familiarizadas com os padrões de qualidade aeronáuticos possibilitando, eventuais *upgrades* nas normas de produção.

A atividade da montagem não incorpora maiores níveis tecnológicos embora incorpore processos técnicos específicos. Desta forma, esta atividade exige um nível de capacidade de mão-de-obra técnica de padrão de média⁵⁸ qualificação. Nesta fase de montagem não está sendo considerada a integração da peça (ou conjunto) na fuselagem da aeronave, mas sim a montagem de partes que posteriormente serão incorporadas a um conjunto maior.

4.3.1.2 – Intermediário (a-4, a-5, a-6)

Como produção de peças simples individuais entende-se a manufatura de peças menos complexas, onde as atividades são mais intensivas na utilização de mão-de-obra. Estas peças, na maioria das vezes, são peças que somadas formam um conjunto que é incorporado à estrutura da aeronave. Exemplo deste tipo de montagem de conjunto seria a integração das peças que formam o assoalho da aeronave. A empresa responsável pela produção não tem participação alguma no

⁵⁸ A maioria dos trabalhadores que atuam neste segmento são profissionais de nível educacional técnico profissionalizante.

desenvolvimento do componente, sua atuação se restringe à produção sob supervisão da empresa contratante, no caso a Embraer.

Como produção de peças simples compostas entende-se a produção de um conjunto ou semiconjunto que, posteriormente, será incorporado a um conjunto maior. Do ponto de vista de agregação de valor, estas peças (ou conjuntos) também incorporam valor através da intensificação de mão-de-obra. A maioria das peças são componentes que passam por um processo de usinagem menos complexo.

4.3.1.3 – Avançado (a-7, a-8, a-9)

A montagem da fuselagem é classificada como uma atividade técnica avançada, parte da integração das partes é efetuada nesta etapa. A montagem da fuselagem incorpora um padrão de comunicabilidade elevada entre os fornecedores, que necessitam produzir componentes capazes de se intercambiar.

Os compostos pouco complexos estão relacionados com o tratamento e composição de materiais compostos como concepção de moldes, modelos e protótipos. Aqui também se enquadra o tratamento de superfícies para a análise e prevenção de corrosão.

A caracterização de peças médio-complexas está vinculada à complexidade na manufatura do componente. Neste caso os componentes exigem varias etapas na sua produção, desde a usinagem até a utilização de determinados materiais compostos e tratamentos específicos de superfície (alonização, anodização, fosfatação, zincagem e niquelação).

Quadro 4.1 – Níveis de capacitação básica das empresas instaladas no Brasil

Básico (a-1)	Básico (a-2)	Básico (a-3)
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibiliza mão-de-obra (Individualizada). 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibiliza mão-de-obra (Individualizada). • Montagem. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibiliza mão de obra de forma ordenada (ex. cooperativa). • Montagem. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer.
Intermediário (a-4)	Intermediário (a-5)	Intermediário (a-6)
<ul style="list-style-type: none"> • Produção de peças simples individuais. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibiliza mão-de-obra de forma ordenada. • Produção de peças simples individuais. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de peças simples compostas. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer.
Avançado (a-7)	Avançado (a-8)	Avançado (a-9)
<ul style="list-style-type: none"> • Vende mão-de-obra como prestadora de serviço, montando parte da fuselagem. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produz compostos pouco complexos com médio valor agregado. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de peças médio-complexas. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer.

Fonte: elaboração própria a partir de pesquisa de campo, adaptado de Lall (1992).

4.3.2 – Nível intermediário (b)

A matriz de capacitação de nível intermediário, Quadro 4.2, descreve as atividades tecnológicas de nível intermediário da cadeia de produção aeronáutica no Brasil. As empresas deste nível se caracterizam pelos seguintes aspectos: são empresas de pequeno e médio porte, possuem uma infra-estrutura própria, muitas são intensivas em mão-de-obra qualificada, algumas delas podem ser caracterizadas como empresas intensivas em economia do conhecimento e algumas destas empresas (as que se enquadram nos grupos mais avançados) possuem origem de

capital externa. Nos níveis mais elevados da matriz são observadas as primeiras empresas sistemistas.

A seguir são apresentados as descrições de cada uma das atividades.

4.3.2.1 – Básico (b-1, b-2, b-3)

No seu primeiro nível, técnico básico, as atividades estão centradas na atividade de usinagem com máquinas de controle numérico (CNC) e no acesso a certificados ISO. Inicialmente são observadas as empresas que trabalham com máquinas de controle numérico sem a certificação ISO. Deve-se ressaltar que mesmo as empresas que possuem certificação são acompanhadas constantemente pela Embraer. A última etapa deste nível compreende a utilização de máquinas CNC mais complexas, quatro eixos, e que possibilitam a produção de componentes mais específicos. Deve-se ressaltar que em todos os níveis o processo de aprendizado, junto a Embraer, é uma constante.

4.3.2.2 – Intermediário (b-4, b-5, b-6)

As empresas que se enquadram nestes grupos são as empresas mais intensivas em conhecimento. Aqui se destacam as empresas que desenvolvem projetos de componentes e de integração de componentes com a Embraer. Muitas destas empresas não possuem infra-estrutura própria, como máquinas e equipamentos aptos para desenvolver projetos. Desta forma elas optam por utilizar equipamentos da própria Embraer. Outra característica presente é a dependência financeira que estas empresas apresentam em relação à coordenadora da cadeia.

No próximo subgrupo são observadas as empresas que desenvolvem trabalhos baseados em conhecimento, mas que possuem infra-estrutura própria para esta atividade. Estas empresas não se integram em outras cadeias em função de problemas de escala reduzida de capacidade de trabalho.

O último subgrupo é composto por empresas que desenvolvem atividades baseadas em conhecimento, possuidoras de infra-estrutura própria e que não atuam em outras cadeias devido às especificidades, próprias, das atividades desenvolvidas. Entretanto, a partir deste grupo as empresas passam a desenvolver atividades de co-design em conjunto com a empresa integradora e responsável pelo projeto.

4.3.2.3 –Avançado (b-7, b-8, b-9)

As empresas que se enquadram nestes grupos possuem a capacidade de desenvolver co-design em parceria com a empresa responsável pelo projeto. No entanto, algumas empresas neste grupo ainda sentem dificuldades em se inserir em cadeias que não a aeronáutica.

No penúltimo grupo as empresas já apresentam condições de integrarem outras cadeias produtivas. O que permite este novo cenário é o fato destas empresas possuírem uma maior opção mercadológica, elas não foram criadas a partir da cadeia aeronáutica mas sim a partir de cadeias diversas. A produção de aeroestruturas surgiu historicamente, para estas empresas, como uma opção de diversificação de seu mercado principal.

Todos os grupo observados, com exceção do último, estão sujeitos a processos constantes de certificação da Embraer. A partir do último grupo a atividade de certificação não se caracteriza como uma rotina, a produção é acompanhada pela Embraer, mas a periodicidade é espaçada.

Quadro 4.2 – Níveis de capacitação técnica intermediária das empresas instaladas no Brasil

Básico (b-1)	Básico (b-2)	Básico (b-3)
<ul style="list-style-type: none"> • Possui centros de usinagem com máquinas CNC. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possui centros de usinagem com máquinas CNC e certificados ISO 9000. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possui centros de usinagem com máquinas CNC (4 eixos) e certificados ISO 9000. • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer.
Intermediário (b-4)	Intermediário (b-5)	Intermediário (b-6)
<ul style="list-style-type: none"> • Fornece componentes (não só intensivos em mão-de-obra), apresenta forte dependência financeira. • Não possui infra-estrutura técnico operacional própria (ex. estações Catia). • O processo de aprendizagem junto a Embraer é constante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece componentes (não só intensivos em mão-de-obra), apresenta forte dependência financeira. • Possui infra-estrutura própria (ex. estações Catia, Autocad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve componentes (pode trabalhar em sistema de co-design). • Impossibilidade de se inserir em outra cadeia. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer.
Avançado (b-7)	Avançado (b-8)	Avançado (b-9)
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve componentes (pode trabalhar em sistema de co-design). • Dificuldades em se inserir em outra cadeia • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve componentes (pode trabalhar em sistema de co-design). • Apresenta condições de se inserir em outra cadeia. • Sujeito a processos de certificação <u>constantes</u> da Embraer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolve componentes (pode trabalhar em sistema de co-design). • Apresenta condições de se inserir em outra cadeia. • Sujeito a processos de certificação da Embraer.

Fonte: elaboração própria a partir de pesquisa de campo, adaptado de Lall (1992).

4.3.3 – Nível avançado (c)

A matriz de capacitação de nível avançado, Quadro 4.3, descreve as atividades tecnológicas de nível avançado da cadeia de produção aeronáutica no Brasil. As empresas deste nível se caracterizam pelos seguintes aspectos: são empresas de médio e grande porte; atuam como parceiras da Embraer no desenvolvimento do projeto; muitas possuem autonomia financeiro-tecnológica; muitas não produzem componentes no Brasil possuindo somente

escritórios de representação próximos à Embraer; e a origem de capital da maioria das empresas é externa.

A seguir são apresentados as descrições de cada uma das atividades.

4.3.4.1 – Básico (c-1, c-2, c-3)

As empresas que se classificam neste grupo trabalham na elaboração de co-design em parceria com a Embraer. Estas empresas apresentam uma elevada capacidade de absorção de conhecimentos no processo de troca de informações com a integradora. Entretanto, elas ainda apresentam uma relativa dependência financeira com a coordenadora da cadeia, além de estarem sujeitas a processos de certificação junto à Embraer.

O último subgrupo desta seção apresenta empresas que agregam valor ao produto e ao projeto. Neste caso, as empresas desenvolvem o projeto em parceria com a Embraer, co-design, e também desenvolvem produtos de forma autônoma à empresa coordenadora. Estas empresas apresentam autonomia tecnológica e financeira.

4.3.4.2 – Intermediário (c-4, c-5, c-6)

As empresas deste grupo se posicionam como parceiras de risco da Embraer. A origem de capital destas empresas é externo, assim como a atividade tecnológica de desenvolvimento do produto também se dá no exterior. Existe uma parcela da atividade de P&D que é desenvolvida no interior da integradora, mas esta atividade fica vinculada à matriz no exterior. É importante destacar que muito da atividade de desenvolvimento do produto é realizada no interior da integradora.

No último grupo, deste nível, são observadas os parceiros de risco que desenvolvem todos seus sistemas no exterior em parceria com a integradora.

4.3.4.3 – Avançado (c-7, c-8, c-9)

Neste grupo são verificadas as empresas, sistemistas, parceiras de risco que desenvolvem seus sistemas sob demanda da Embraer. Estas empresas possuem autonomia tecnológica para

desenvolver seus produtos. Entretanto, as especificidades da demanda fazem com que estas empresas trabalhem sob encomenda da Embraer.

O segundo grupo deste nível apresenta as empresas que, também parceiras de risco, desenvolvem projetos e sistemas a revelia da coordenadora da cadeia. Estas empresas são de origem de capital externa e desenvolvem e comercializam seus produtos de forma autônoma.

No último grupo se classificam as empresas que desenvolvem, fornecem e vendem sistemas complexos. Neste grupo as empresas se caracterizam como grandes grupos com ramificações financeiras, o que possibilita que elas atuem como financiadoras de aeronaves através de produtos financeiros como *leasing*.

Quadro 4.3 – Níveis de capacitação técnica avançada das empresas instaladas no Brasil

Básico (c-1)	Básico (c-2)	Básico (c-3)
<ul style="list-style-type: none"> • Trabalha em sistema de co-design de maneira intensa com o integrador, existe uma clara tendência a absorver capacidades. • Apresenta uma relativa dependência financeira. • Sujeito a processos de certificação da Embraer. 		<ul style="list-style-type: none"> • Trabalha em sistema de co-design de maneira intensa com o integrador, existe uma clara tendência a absorver capacidades. • Agrega valor ao produto e projeto. • Sujeito a processos de certificação da Embraer.
Intermediário (c-4)	Intermediário (c-5)	Intermediário (c-6)
<ul style="list-style-type: none"> • Trabalha em sistema de co-design, sistema de parceria. • O desenvolvimento é feito na integradora. 		<ul style="list-style-type: none"> • Trabalha em sistema de co-design, sistema de parceria. • O desenvolvimento é feito totalmente na matriz ou escritório de P&D da matriz.
Avançado (c-7)	Avançado (c-8)	Avançado (c-9)
<ul style="list-style-type: none"> • Projeta, desenvolve e executa em parceria com a integradora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeta, desenvolve e executa (independente da integradora). 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeta, desenvolve e executa (independente da integradora). • Financia venda do produto (avião) completo.

Fonte: elaboração própria a partir de pesquisa de campo, adaptado de Lall (1992).

4.4 – As empresas pesquisadas

No total foram visitadas 23 empresas, além da Embraer. Três particularidades: uma dessas empresas (Aeromot) não faz mais parte da cadeia de fornecedores da Embraer, uma empresa

(Rolls Royce) não faz parte da cadeia de fornecimento do 170, e por fim uma destas empresas (HTA) é um consórcio de pequenas empresas. O restante das empresas, 21, fazem parte da cadeia de fornecedores da Embraer (no caso do modelo 170) sendo que a maioria delas estão localizadas em São José dos Campos, no estado de São Paulo. Algumas empresas foram visitadas mais de uma vez em função da necessidade de se entrevistar mais de uma pessoa. Como foi descrito anteriormente, estas empresas possuem, na sua maioria, aspectos distintos uma das outras, o que permite uma visualização completa da cadeia de produção. Todas as empresas, vinculadas ao projeto 170 e instaladas no Brasil, foram visitadas e responderam ao questionário.

Quanto à origem de capital. Oito (8) das empresas da amostra são de origem de capital externo, atuando no Brasil como parceiros de risco da Embraer. Estas empresas, parceiros de risco, se associaram no Conselho de Fornecedores da Embraer (CFE). Este Conselho tem o papel de facilitar a comunicação entre as empresas e a Embraer, toda decisão que considera a modificação de prazo de entrega, novos contratos de venda de aeronave, ou ainda uma modificação no projeto é debatido no interior deste grupo. Este tipo de comportamento deixa clara a idéia da parceria de risco como um modelo de parceria de fato, onde muitas das decisões são tomadas em conjunto entre integradora e parceiros.

Quinze (15) empresas da amostra possuem origem de capital nacional. Destas empresas apenas uma (1) é, também, parceira de risco da Embraer. Algumas destas empresas se associaram na forma de um consórcio para exportação, sendo que a intenção deste grupo é buscar um posicionamento mais estratégico na relação com a Embraer e na capacidade de se inserir no mercado externo⁵⁹.

4.4.1 – Classificação das empresas nas matrizes de capacitação

Para classificar as empresas entrevistadas nas matrizes de capacitação optou-se por classificar cada grupo da matriz proposta. Desta forma, a matriz de capacitação básica está classificada em: a-1 até a-9. A matriz de capacitação intermediária está classificada em: b-1 até b-9. A matriz de capacitação avançada está classificada em: c-1 até c-9.

⁵⁹ Os resultados obtidos pelo consórcio são ainda muito limitados. No âmbito da produção de aeronaves civil os resultados são nulos.

Tabela 4.1 – Níveis de capacitação básica das empresas instaladas no Brasil

a-1	a-2	a-3
a-4	a-5	a-6
a-7	a-8	a-9

Tabela 4.2 – Níveis de capacitação intermediária das empresas instaladas no Brasil

b-1	b-2	b-3
b-4	b-5	b-6
b-7	b-8	b-9

Tabela 4.3 – Níveis de capacitação avançada das empresas instaladas no Brasil

c-1	c-2	c-3
c-4	c-5	c-6
c-7	c-8	c-9

A próxima etapa é a distribuição das empresas nas matrizes acima, seguindo as descrições de capacitação já propostas.

O nível de capacitação técnica básica apresenta sete (7) empresas distribuídas como: a-2 (uma empresa), a-3 (uma empresa), a-4 (uma empresa), a-5 (duas empresas), a-7 (uma empresa), a-9 (uma empresa).

O nível de capacitação técnica intermediária apresenta nove (8) empresas distribuídas como: b-2 (duas empresas), b-3 (duas empresas), b-5 (duas empresas), b-7 (uma empresa), b-9 (uma empresa).

O nível de capacitação técnica avançado apresenta oito (08) empresas distribuídas como: c-1 (uma empresa), c-3 (uma empresa), c-4 (duas empresas), c-6 (duas empresas), c-8 (uma empresa), c-9 (uma empresa).

Todas as empresas de origem de capital nacional, com exceção de uma empresa na qual a Embraer é co-proprietária, fazem parte dos níveis de capacitação básico e intermediário. Destas empresas somente uma desenvolve o co-design com a Embraer (esta empresa está classificada como b-9). No nível avançado, todas as empresas são parceiras de risco da Embraer.

4.5 – Conclusões

Antes das conclusões a respeito da observação das matrizes de capacitação do setor aeronáutico no Brasil, algumas considerações são importantes. Inicialmente, as empresas não precisam, necessariamente, se enquadrar nos níveis mais avançados tecnologicamente. Algumas atividades não exigem um acesso a conhecimento ou nível de capacitação mais elaborado, é certo que muitas das atividades desenvolvidas pelas empresas são atividades que se adequam aos níveis tecnológicos exigidos pela empresa que coordena a cadeia de produção.

A partir deste ponto surge uma questão. Existem oportunidades de *upgrade* tecnológico dentro desta cadeia produtiva, a ponto de permitir que uma empresa possa produzir algum tipo de aeroestrutura, ou sistema, que ela não executa em um primeiro momento?

Existe um desenho claro que divide os fornecedores que atuam na cadeia de produção aeronáutica. Em função das características das capacidades produtivas de cada empresa é possível dividi-las em dois conjuntos: no primeiro estão as empresas que estão situadas entre os grupos a-1 até b-7 (ver tabelas 4.1, 4.2 e 4.3), no segundo estão as empresas que se classificam entre os grupos b-8 até c-9 (ver tabelas 4.1, 4.2 e 4.3).

No primeiro universo se situam as empresas de origem de capital nacional, na sua maioria, de pequeno porte. A realidade destas empresas apresenta um cenário pouco amigável para a atividade inovativa e para o desenvolvimento de P&D. Se estas empresas não chegam a atuar de forma precária, elas não possuem uma margem de manobra que possibilite uma inserção mais estratégica na cadeia produtiva. A verificação de que estas empresas dependem da Embraer, sob varias óticas, deixa clara uma dependência financeira e tecnológica que se torna uma espécie de barreira ao desenvolvimento e acesso a cadeias distintas. Neste caso a Embraer possui um papel ambíguo: no primeiro momento ela capacita as empresas possibilitando que elas atuem na cadeia. Em um segundo, momento ela exerce pressão sobre estas mesmas empresas através de práticas de formação de preço e determinando a cadência de produção.

No segundo universo se enquadram as empresas parceiras de risco, na sua maioria empresas que fornecem sistemas aeronáuticos. Estes parceiros de risco são empresas de origem de capital externo, com exceção de duas empresas, e atuaram já na concepção do projeto. Estas

empresas concentram as atividades de P&D nas suas matrizes, as atividades desenvolvidas por elas no país é centrada na montagem de sistemas e na integração destes sistemas nas aeronaves⁶⁰.

É importante destacar que a seleção das empresas que serão parceiras de risco é efetuada na elaboração do design da arquitetura do projeto. É após a elaboração da arquitetura dos parceiros e das estratégias de atuação de cada um que será iniciada a concepção do projeto. Após a elaboração deste desenho os parceiros estão vinculados ao projeto enquanto a aeronave for produzida. Neste processo a participação das empresas do primeiro grupo é muito reduzida.

Este detalhe é importante, pois são as características da atuação dos parceiros de risco que determinaram os níveis de capacidade das empresas que atuaram no país. O não desenvolvimento de sistemas aeronáuticos nas empresas instaladas no Brasil é determinado no design da arquitetura do projeto. A possibilidade de inserção das empresas que habitam o primeiro universo no segundo é pequena.

As matrizes deixam claro que os níveis de capacitação dos fornecedores de aeroestruturas que se localizam na base da cadeia (nível básico a) é reduzido, embora seja o suficiente para as atividades desenvolvidas pelas empresas.

As empresas mais capacitadas são as empresas no segundo grupo. Algumas destas empresas ganham competências no contato com a Embraer, o exemplo do desenvolvimento das asas do modelo 170 é um caso típico de ganhos de competência por parte do parceiro de risco. Neste caso específico, a parceria de risco foi determinada muito em função da capacidade financeira do parceiro e não na sua competência tecnológica. Em outros casos, as empresas parceiras já possuem tanto a competência técnica como a capacidade financeira.

No entanto, surgem alguns elos da cadeia que apresentam um potencial de adensamento. Neste caso são verificadas as empresas que se situam entre os grupos b-4 até c-1. A principal característica das empresas que se situam neste grupo é o fato delas desenvolverem atividades intensivas em conhecimento como: desenvolvimento de softwares, desenho de componentes e desenvolvimento de capacidades para integração de componentes. Neste último caso é verificado a existência de empresas que desenvolvem a integração de partes e componentes, como cabos elétricos e de fibra ótica, mas não integram de fato. O papel destas empresas é elaborar a engenharia na integração, mas não sua execução.

⁶⁰ A idéia de integrar sistemas na aeronave no interior da integradora é uma pratica que teve sua origem na indústria automotiva. Esta pratica é característica da produção *a la lean* que caracteriza todas as integradoras de aeronaves.

Esta observação leva à conclusão de que o potencial de adensamento na cadeia não se expande para todos os elos, ficando concentrado em algumas atividades onde o conhecimento é o ativo mais significativo não exigindo um investimento elevado em bens de capital.

Capítulo 5 - Políticas Tecnológicas para o Setor Aeronáutico no Brasil

Introdução

O objetivo desta seção é observar as atuais políticas públicas tecnológicas (PPT) que de alguma forma incidem sobre o setor aeronáutico brasileiro. As ações aqui observadas são de esfera federal, as políticas locais e estaduais não estão incluídas nesse estudo. O motivo desta opção diz respeito ao fato de que as políticas locais (municipais e estaduais) estão fora do âmbito de regulação da Organização Mundial do Comércio (OMC). Desta forma, a OMC funciona como um parâmetro limitador das políticas públicas a serem consideradas. É importante ressaltar que as políticas apresentadas aqui não são aquelas políticas de caráter, exclusivamente, financeiro. Desta forma, as linhas de crédito de financiamento às exportações concedidas pelo governo não são discutidas. É interessante notar as limitações de ação das PPT brasileiras para o setor aeronáutico, poucas empresas utilizam ou estão cientes dos “pacote” de estímulos fiscais oferecidos pelo governo, assim como também é reduzido o número de empresas que buscam recursos nas agências de fomento (Finep e BNDES).

5.1 – Políticas Públicas Tecnológicas (PPT)

A maioria dos países industrializados, ou em fase de industrialização, possuem políticas de fomento para as atividades de P&D. Esta peculiaridade é derivada do fato da rápida transformação do conhecimento proveniente desta atividade, em bens de caráter público. Mesmo quando o conhecimento gerado é apropriado pelo agente privado, o efeito multiplicador deste bem possui um retorno que é absorvido pela sociedade.

Por sua vez, o mercado, de forma isolada, mostra-se incapaz de atender as necessidades para o fomento tecnológico em função da própria característica da atividade de P&D, que envolve um período de retorno prolongado quando considerada a apropriação dos resultados, e grau de risco elevado.

Historicamente as PPT seletivas, que priorizavam determinados setores e segmentos, apresentaram resultados positivos. Os setores aeronáutico e petrolífero no Brasil são exemplos de geração de bons resultados.

Deve-se salientar que na concepção do SNI brasileiro o Estado foi sempre muito presente, com destaque para o período de 1972 a 1974 através do PBDCT (Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Entretanto, a transposição da intervenção pública para a atuação privada foi falha, muito em função das seqüentes crises macroeconômicas da

década de 80. Desta forma, a atuação do Estado na atividade da P&D se manteve mais ativa do que a atuação do setor produtivo. Como consequência, observa-se que poucas vezes existiu uma convergência de áreas de pesquisa entre academia/IPP/setor produtivo, os interesses poucas vezes se complementaram.

Atualmente, a observação da agenda para a PPT sinaliza uma mudança no foco das ações públicas. A década de 90 trouxe para a agenda governamental, dos países desenvolvidos, uma lógica de investimentos na área que se diferencia das políticas indutoras dos anos 70. As economias de desenvolvimento tardio rapidamente adotam a mesma opção na condução de suas políticas. Hoje, a PPT está focada na ênfase para a inovação, na interação entre pesquisa acadêmica e empresarial, em programas horizontais, no fortalecimento dos Sistemas Nacionais de Inovação e no estímulo tecnológico para as PMEs.

5.1.1 – A construção de um marco regulatório para Ciência, Tecnologia e Inovação

A busca de um marco regulatório para a atividade tecnológica esteve presente no país nos últimos 10 anos. Entretanto, os mecanismos criados não atenderam as expectativas dos investidores em função de pouca clareza de instrumentos disponíveis e da não perenidade de recursos e linhas de financiamento.

No Brasil a atividade de P&D está baseada principalmente na Lei n. 8.661/93 que cria o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA). Com o passar do tempo, criou-se um complexo mecanismo de leis que buscavam desenvolver instrumentos capazes de estimular a atividade tecnológica no país⁶¹. Hoje, a atenção está centralizada na lei 10.973/2004 (Lei da Inovação) que legisla sobre a atividade inovativa no país. Entretanto, a lei carece ainda de regulamentação no tocante a incentivos para a atividade tecnológica no âmbito das empresas, focando somente mecanismos capazes de estimular a inovação dentro dos IPP e Universidades.

5.1.1.1 - FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Os Fundos Setoriais constituem o principal instrumento utilizado para alavancar as atividades do SNI. Os Fundos Setoriais foram criados como um mecanismo capaz de viabilizar o

⁶¹ Pacheco (2004) apresenta e descreve a complexa estrutura legal que abrange a atividade tecnológica.

financiamento da atividade de P&D no país. Uma preocupação na concepção dos fundos foi a de criar um arcabouço legal que pudesse manter uma regularidade na geração dos recursos. Esta preocupação está vinculada com a idéia de que o processo de desenvolvimento tecnológico exige um período de maturação prolongado e que a não regularidade dos recursos pode comprometer a eficiência e a qualidade dos resultados. Desta forma, as receitas dos fundos provêm de diversas origens: (i) royalties, (ii) parcela da receita das empresas beneficiárias de incentivos fiscais, (iii) CIDE, (iv) compensação financeira, (v) direito de passagem, (vi) licenças e autorizações, (vii) doações, (viii) empréstimos e (ix) receitas diversas. O Quadro 5.1, abaixo, descreve algumas das características e finalidades dos quatros principais fundos (em recursos) em operação no país mais o fundo do setor aeronáutico.

Outra idéia importante, na concepção dos fundos, foi a percepção da necessidade de criação de mecanismos para um aprofundamento na relação Universidade/Empresa. Desta forma, procura-se aproximar as áreas de interesse entre atores que possuem um papel importante no SNI.

Atualmente existem 15 fundos (ver Quadro 5.1), sendo que o primeiro fundo, Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural (CT-Petro), foi criado no ano de 1999. Em seguida foram criados os fundos setoriais de Energia Elétrica, Recursos Hídricos, Transporte, Mineração, Espacial, Tecnologia da Informação, Infra-estrutura, Saúde, Agronegócio, Verde Amarelo, Biotecnologia, Aeronáutico, Telecomunicação, Aquaviário e de Construção Naval.

Quadro 5.1 – Fundos Setoriais, objetivos e origem de recursos (destaque para o CT-Aeroespacial)

Fundo setorial	Objetivo	Origem dos recursos
CT-Petro – Fundo setorial de petróleo e gás natural. Lei 9.487/97.	Desenvolvimento setorial através de P&D e qualificação de recursos humanos.	25% dos valores de royalties que ultrapassem 5% da produção de petróleo e gás natural.
CT-Energia – Fundo setorial para energia. Lei 9.921/00.	Desenvolvimento setorial através de P&D.	0,75% a 1% sobre o faturamento líquido de empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.
FVA-Fundo Verde Amarelo. Lei 10.168/00.	Fomento para cooperação tecnológica entre Universidade, Institutos de Pesquisa e Empresas.	50% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE, cuja arrecadação advém da incidência de alíquota de 10% sobre a remessa de recursos ao exterior para pagamento de assistência técnica, royalties, serviços técnicos especializados ou profissionais; 43% da receita estimada do IPI incidente sobre os bens e produtos beneficiados pelos incentivos fiscais da Lei de Informática.
CT-Infra. Fundo para infraestrutura. Lei 10.197/01.	Subsídio para o manutenção e modernização de infraestrutura tecnológica das Universidades Públicas e Centros/Institutos Públicos de Pesquisa para melhorar a competitividade do setor produtivo.	20% dos recursos destinados a cada Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CT-Aeronáutico. Fundo para o setor aeronáutico. Lei 10.168/00.	Estimular investimentos em P&D no setor com vistas a garantir a competitividade nos mercados interno e externo, buscando a capacitação científica e tecnológica na área de engenharia aeronáutica, eletrônica e mecânica, promover a difusão de novas tecnologias, a atualização tecnológica da indústria brasileira e maior atração de investimentos internacionais para o setor.	7,5% da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico - CIDE, cuja arrecadação advém da incidência de alíquota de 10% sobre a remessa de recursos ao exterior para pagamento de assistência técnica, royalties, serviços técnicos especializados ou profissionais.

Fonte: MCT (<http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/info/geral.htm>)

Uma análise mais profunda dos Fundos conduz a alguns resultados preocupantes. Atualmente, parte significativa dos recursos fica em estado de contingenciamento⁶², o que acaba por impedir a viabilidade de projetos estratégicos dentro de suas respectivas áreas. Em alguns casos o volume de recursos contingenciados é superior aos recursos disponibilizados pelo governo (ver CT-Petro, CT-Infra, CT-Saúde, CT-Agronegócio, CT-Aeronáutico e CT-Aquaviário e de Construção Naval). A Tabela 5.1 – Recursos Financeiros dos Fundos Setoriais: Orçamento de 2005, abaixo, apresenta os orçamentos para 2005 dos 15 Fundos Setoriais em ordem decrescente de verba total. A tabela apresenta também a verba real de cada Fundo, assim como os valores contingenciados e a percentagem dos valores contingenciados em proporção às verbas totais.

Tabela 5.1 – Recursos Financeiros dos Fundos Setoriais: Orçamento de 2005

Fundos Setoriais	Verba Total	Reserva Contingenciada	Verba Real	Reserva Contingenciada (%)
CT-PETRO	463.304.754	376.217.842	87.086.912	81,20
CT-INFRA	363.495.832	218.457.469	145.038.363	60,10
CT-VERDE AMARELO	247.665.080	47.665.511	199.999.569	19,25
CT-ENERGIA	100.573.240	25.573.240	75.000.000	25,43
CT-SAÚDE	70.960.089	39.760.089	31.200.000	56,03
CT-AGRONEGÓCIO	70.960.089	39.760.089	31.200.000	56,03
CT-HIDRO	42.546.383	386.383	42.160.000	0,91
CT-INFO	31.540.800		31.540.800	0,00
CT-AERONÁUTICO	30.411.467	15.411.647	15.000.000	50,68
CT-BIOTECNOLOGIA	30.411.467	411.039	30.000.428	1,35
CT-AMAZÔNIA	20.642.728		20.642.728	0,00
CT-AQUAVIÁRIO E DE CONSTRUÇÃO NAVAL	20.294.098	15.702.099	4.591.999	77,37
CT-MINERAL	6.352.109		6.352.109	0,00
CT-ESPACIAL	1.880.000		1.880.000	0,00
CT-TRANSPORTE	207.088		207.088	0,00
VERBA REAL			721.899.996	
VERBA RESERVA DE CONTIGÊNCIA		779.345.408		
TOTAL GERAL	1.501.245.224			

Fonte: MCT (<http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/Recursos/Orçamento>)

⁶² O contingenciamento pode ser considerado uma anomalia do ponto de vista legal já que se trata de contribuições de setores produtivos com fins determinados e que, portanto, não podem ser "desviados". Ciente disto o governo utilizou um artifício para bloquear estes recursos: como os Fundos Setoriais são vinculados a despesas específicas, previstas em lei, criaram-se várias reservas de contingências nos Fundos, nas autarquias e nos órgãos públicos que utilizam os seus recursos, de tal forma que a contabilidade expressará a existência dos recursos, mas eles não poderão ser utilizados. Desta forma, os recursos bloqueados serão integralmente incorporados ao Tesouro a fim de reforçar o superávit primário.

Deve-se destacar que os valores orçados para os Fundos são significativos, na ordem de R\$.1,5 bilhões. Deste valor, R\$.721 milhões estão liberados e R\$.779 milhões estão contingenciados ou seja 51,9% dos valores não estão disponíveis.

5.1.2 - Incentivos fiscais à Ciência, Tecnologia e Inovação

O Brasil dispõe de um quadro complexo de incentivos fiscais destinados a inovação e a pesquisa tecnológica. As principais leis para esta atividade são:

- a) Lei nº 4506/64, sobre o Imposto que recai sobre as Rendias e Proventos de qualquer Natureza. As importâncias pagas a pessoas jurídicas ou naturais domiciliadas no exterior a título de assistência técnica, científica, administrativa ou semelhante, quer fixas, quer como percentagens da receita ou do lucro, somente poderão ser deduzidas como despesas operacionais;
- b) Decreto-Lei nº 756/1969, dispõe sobre despesas operacionais com pesquisas de recursos naturais na área da Amazônia dedutíveis do IRPJ;
- c) Lei nº 8.010/90, isenta ou reduz os impostos de importação (II) e o imposto sobre produtos industrializados (IPI) para bens destinados à pesquisa científica e tecnológica;
- d) Lei nº 8.032/90, amplia o foco da lei nº 8.010/90 ao possibilitar a redução de tributação para material de consumo destinado a atividade de pesquisa tecnológica;
- e) Lei nº 8.248/91, destaca – i) Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), isenção até 1999 dos produtos fabricados de acordo com as regras do Processo Produtivo Básico, ii) Imposto de Renda (IR), dedução de até 50% das despesas em atividades de P&D do IR (este incentivo foi revogado em 1997), iii) Capitalização – dedução de 1% do IR devido, na compra de ações novas de empresas brasileiras de capital nacional no setor de TI (este incentivo foi revogado em dezembro de 1997), iv) Preferência nas compras governamentais, em condições equivalentes de técnica e preço, o governo dá preferência para bens e serviços desenvolvidos e produzidos no país;
- f) Lei nº 8.661/93, dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária através do Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial - PDTI e Programas de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário – PDTA;

- g) Lei nº 9.532/97, concede uma redução de cinquenta por cento da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados, prevista na Tabela de Incidência do IPI, incidente sobre equipamentos, máquinas, aparelhos e instrumentos, bem assim sobre os acessórios sobressalentes e ferramentas que acompanhem esses bens, destinados à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico;
- h) Lei nº 10.176/01, sobre a capacitação e competitividade do setor de tecnologia da informação;
- i) Lei nº 10.332/01, modificou a sistemática de funcionamento do Fundo Verde Amarelo. A Lei afirma: “A proposta orçamentária anual da União destinará ao Programa de estímulo à Interação Universidade-Empresa para Apoio à Inovação (Fundo Verde Amarelo), recursos não inferiores ao equivalente a 43% da receita estimada sobre os bens e produtos beneficiados com incentivos fiscais previstos na Lei nº 10.176/01”⁶³. E determina que o estes recursos sejam destinados a: i) equalizar encargos financeiros das operações de redito à inovação tecnológica (FINEP), ii) participar no capital de microempresas e pequenas empresas de base tecnológica e fundos de investimento (FINEP), iii) subvencionar empresas que executam PDTI/PDITA, iv) dar liquidez aos investimentos privados em fundos de investimento em empresas de base tecnológica (FINEP);
- j) Lei nº 10.637/02, dispõem que as pessoas jurídicas poderão deduzir do lucro líquido, na determinação do lucro real e da base de cálculo da CSLL, as despesas operacionais relativas aos dispêndios realizados com pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica de produtos (incluindo depósitos de patentes no país e no exterior);
- k) Lei nº 10.664/03, diz respeito sobre a capacitação e competitividade do setor de tecnologia da informação;
- l) Lei nº 10.973/04, viabilizar a inovação através de formas de subvenção ao setor privado, utilizando recursos das programações específicas do FNDCT.
- m) Lei 8.666/93, esta Lei regulamenta e institui normas para licitações e contratos públicos.

⁶³ Pacheco p.19, 2004.

5.1.3 – Agências de fomento

No Brasil as duas principais agências de fomento que atuam nacionalmente são: o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Estas duas agências possuem linhas de financiamento de caráter distinto. O BNDES procura atuar na concessão de financiamentos com perfil de *funding* (longo prazo), enquanto a Finep atua na concessão de recursos na linha de *finance* (curto prazo).

Observando o perfil de recursos disponibilizados pelo BNDES é possível verificar um distanciamento das linhas de crédito oferecidas pelo banco das atividades tecnológicas. Somente em 2004, através do Fundo Tecnológico (Funtec), o banco voltou a trabalhar de forma mais centrada no financiamento desta atividade. Também é notória a participação do BNDES como agente financeiro no setor. O BNDES atua financiando a venda das aeronaves através de *leasing* bancário via PROEX⁶⁴ (Programa de Estímulo a Exportação).

A Finep, por sua vez, tem sua atuação quase que exclusivamente centrada na atividade tecnológica. Uma característica importante da Finep é o fato dela administrar os recursos destinados aos fundos setoriais. Desta forma, os perfis de seus projetos possuem um caráter tecnológico claro.

Autores como Bastos (2003) e Corder e Salles (2004) destacam algumas diferenças importantes no perfil de acesso a recursos das duas agências: “do ponto de vista de captação de recursos, existe uma diferença substancial entre a Finep e o BNDES. As fontes de captação do BNDES para *funding* são o PIS-Pasep e o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). A Finep, ao contrário, possui uma limitada capacidade de gerar *funding* para os investimentos, pois ela nunca atuou com uma estrutura de suporte que garantisse captação de recursos”⁶⁵.

“Claramente, falta à Finep uma fonte de *funding* que lhe permita operar sua missão de financiadora de tecnologia para as empresas nacionais. Sem essa fonte e sem condições especiais de empréstimos para tomadores finais a Finep fica numa espécie de limbo financeiro: deveria ser agente de promoção do crédito e do *funding* para as empresas que querem investir em pesquisa e

⁶⁴ Criado em 1991, opera com recursos provenientes do Tesouro Nacional alocados à programação especial das operações oficiais de crédito. Procura financiar exportações brasileiras de bens e serviços nacionais, em condições equivalentes às do mercado internacional.

⁶⁵ Corder, S. e Salles-Filho, S. p. 132, 2004.

inovação, mas não é dotada pelo governo de recursos e de amparo do Tesouro para tanto. Assim, sobra-lhe pouca margem para cumprir uma parte importante de sua missão”⁶⁶.

5.2 – A cadeia aeronáutica brasileira e a utilização das PPTs

Uma preocupação da pesquisa era detectar o nível de conhecimentos das empresas a respeito do “pacote de incentivos fiscais” para a atividade tecnológica, assim como o nível de conhecimento das empresas referente às agências de fomento tecnológico. Deve-se ressaltar que a Embraer não faz parte da amostra. Nas entrevistas realizadas na Embraer, a empresa demonstrou ter conhecimento e *know how* na utilização da legislação em vigor, assim como do acesso às linhas de crédito e das agências para fomento tecnológico.

Tabela 5.2 apresenta o número de empresas que conhecem, mesmo que não seja de forma profunda, a legislação para estímulo da atividade tecnológica.

Tabela 5.2 – Conhecimento da legislação de estímulo fiscal para a atividade tecnológica

	Conhece	Desconhece
Número de Empresas	03	20

Fonte: pesquisa de campo

É significativo o número de empresas que desconhecem o “pacote de incentivos fiscais” para atividades tecnológicas. Somente três (03) empresas afirmaram conhecer uma legislação que trata sobre o assunto. Destas três empresas duas (02) são empresas de capital externo de grande porte. O grupo das PMEs desconhece totalmente a legislação que trata sobre o tema.

Quando questionadas a respeito das fontes de recursos para o financiamento das atividades tecnológicas (Tabela 5.3), a totalidades das empresas de origem de capital nacional afirmaram utilizar fontes de recursos próprios. Deste grupo, apenas uma empresa afirmou usar, também, linhas de recursos públicos. A totalidade de empresas de origem de capital externo afirmaram que utilizam recursos da matriz, no exterior, para financiar as atividades tecnológicas.

⁶⁶ Corder, S. e Salles-Filho, S. p. 132, 2004.

Tabela 5.3 – Fontes de recursos para financiamento das atividades tecnológicas

Fonte de recursos	Número de empresas
Recursos próprios	13
Recursos de empresas associadas/matriz	10
Recursos de outras empresas no Brasil	01
Recursos públicos	01
Recursos privados	0
Outros organismos internacionais	0

Fonte: pesquisa de campo

A Tabela 5.4 – Número de empresas que conhecem as agências públicas para fomento da atividade tecnológica - apresenta um quadro interessante das empresas quanto às linhas de fomento. A totalidade das empresas afirmou conhecer o BNDES, entretanto muitas afirmaram não saber que o banco trabalhava com linhas de crédito para a atividade de pesquisa e desenvolvimento (somente uma empresa afirmou conhecer as linhas oferecidas pelo banco). Quanto à Finep, é significativo o número de empresas que desconhecem totalmente a agência. Isto é um aspecto preocupante, visto que a agência existe com o objetivo de fomentar a atividade tecnológica (principalmente das PMEs). As empresas que já ouviram falar, de alguma forma, na Finep acabam vinculando seu papel a um outro objetivo, ficando patente que as empresas não possuem uma clareza da função final da agência.

Tabela 5.4 – Número de empresas que conhecem as agências públicas para fomento da atividade tecnológica

Agência	Conhece a agência	Não conhece a agência
Finep	08	15
BNDES	23	0

Fonte: pesquisa de campo

A Tabela 5.5 – Número de empresas que conhecem as linhas de créditos federal para a atividade tecnológica - busca apresentar o número de empresas que, de fato, conhecem as linhas de crédito oferecidas pelas instituições. Os números demonstram que as empresas possuem um maior conhecimento dos mecanismos oferecidos pelo BNDES, mesmo assim é grande o número de empresas que desconhecem os mecanismos de acesso e programas do banco. Quanto à Finep,

o resultado comprova o que foi visto anteriormente, poucas empresas, independente do porte e da origem de capital, conhecem a agência e as linhas e programas para o desenvolvimento de atividades tecnológicas. A única empresa que afirmou conhecer a Finep é uma empresa de grande porte, subsidiária da Embraer. A empresa fez questão de destacar a importância das linhas de crédito a que teve acesso. Segundo a empresa, o resultado do projeto foi satisfatório criando condições para que ela tivesse acesso a outras cadeias de produtivas no exterior.

Tabela 5.5 – Número de empresas que conhecem as linhas de créditos federal para a atividade tecnológica

Agência	Conhece as linhas de crédito	Não conhece as linhas de crédito
Finep	01	22
BNDES	12	11

Fonte: pesquisa de campo

Quando questionadas a respeito da avaliação das linhas de financiamento público para atividades tecnológicas (Tabela 5.6) a grande maioria das empresas se manifestou de forma negativa e crítica. Segundo estas empresas, o fato do desconhecimento e da falta de capilaridade das agências é um ponto negativo que não pode ser minimizado. Para este grupo de entrevistados, por melhor que fossem as linhas oferecidas, a partir do momento em que estas linhas não são utilizadas por problemas de divulgação, as linhas não são de boa qualidade. Um segundo grupo preferiu não se manifestar, visto que não conheciam as linhas oferecidas. A única empresa que se manifestou de forma favorável foi a empresa que já havia realizado um convênio com a Finep.

Tabela 5.6 – avaliação das linhas de financiamento público para atividades tecnológicas

	Boa	Ruim	Não se manifestou
Número de Empresas	01	15	7

Fonte: pesquisa de campo

5.3 - Conclusões

Este capítulo aponta para uma direção interessante quanto as PPT realizadas no Brasil. Inicialmente, é possível verificar que existe de fato um arcabouço institucional e fiscal para fomentar o desenvolvimento de atividades tecnológicas no país. Independente deste conjunto de leis e instituições chegarem ao seu destino, o fato é que existem atores e mecanismos capazes de estimular a atividade tecnológica.

É importante destacar que também existem recursos disponíveis, principalmente recursos provenientes dos fundos setoriais, com o destino “carimbado” para a atividade tecnológica. Mesmo que os recursos para o setor aeronáutico sejam reduzidos quando comparados com outros setores como o setor de petróleo, estes recursos existem.

Entretanto, a problema está associado à questão de acessibilidade às linhas de crédito e à divulgação da legislação para o setor. Este quadro é grave visto que torna claro o problema de que não basta criar mecanismos indutores para o desenvolvimento de atividades tecnológicas, se faz necessário implementar estes mecanismos.

Considerando o setor aeronáutico como uma cadeia de produção atípica no cenário nacional, por produzir um produto de elevado componente tecnológico, é de causar surpresa o pouco conhecimento das empresas quanto às linhas e políticas oferecidas.

Por outro lado, fica clara uma desarticulação do setor aeronáutico no país. A existência de uma empresa importante na cadeia produtiva (cadeia esta de espraiamento reduzido), com uma experiência satisfatória junto à agência de fomento tecnológico, e o não conhecimento da maioria das empresas fornecedoras de sistemas e aeroestruturas, deixa clara a falta de comunicação entre os integrantes da cadeia de fornecedores da Embraer. Mesmo as associações de fornecedores, como CFE e a HTA, e entidades como a AIAB não são capazes de polarizar e difundir ações junto às empresas.

Esta pouca articulação entre os elos da cadeia acabam por trazer resultados distintos para a Embraer. Inicialmente, a pouca articulação entre os fornecedores (principalmente de aeroestruturas) possibilita a Embraer uma maior margem de manobra para a definição de contratos e, conseqüentemente, preços. Entretanto, impossibilita uma atividade tecnológica mais intensa por parte das empresas, o que pode trazer resultados preocupantes em médio prazo.

Por outro lado, não se pode minimizar a pouca capilaridade das agências de fomento. A existência de linhas de crédito, com uma boa engenharia financeira, e a não acessibilidade destas

linhas demonstram que as agências não tem desenvolvido seu trabalho de forma eficiente. As agências necessitam, além de oferecer bons produtos, divulgar seu portfolio. O não conhecimento de setores de características complexas, como o setor aeronáutico no Brasil, torna-se uma barreira à eficiência do exercício do papel a ser desenvolvido tanto pelo BNDES quanto pela Finep.

Chama atenção também a questão de contingenciamento de recursos. A não disponibilidade integral dos recursos provenientes dos fundos setoriais pode comprometer a perenidade de projetos estratégicos para o setor. Por outro lado, a pouca acessibilidade aos mecanismos de fomento impede que os projetos tecnológicos sejam financiados desta forma. Cria-se desta forma um paradoxo pois mesmo que os recursos sejam bloqueados, este bloqueio não causará maiores danos visto que os recursos não são de pleno conhecimento da sociedade. Logo, mesmo com os recursos disponíveis a sociedade não irá demandar produto algum. A política é traçada de forma perversa onde ela se escora em um ciclo pernicioso de falta de divulgação e transparência.

Uma possível solução seria criar mecanismos de articulação entre os atores que compõe a cadeia produtiva. Para isto, a iniciativa de constituição de um parque tecnológico pode contribuir para a sedimentação do setor. Esta iniciativa poderia criar uma pressão de demanda pelas linhas de crédito já existentes e pela utilização das políticas de incentivos a P&D, como as que possibilitam a redução do IPI e II.

Este processo pode gerar uma pressão política pela maior eficiência das agências e por um maior desbloqueio dos recursos cujo fim é a atividade tecnológica. Deve-se ressaltar que os recursos existem e estão disponibilizados no Orçamento da União, não se faz necessária a criação de novas linhas para abastecimento de recursos, só se faz necessário cumprir o que já foi definido por lei.

6 - Conclusões

Um fator importante que colaborou para o desenvolvimento deste trabalho foi a necessidade de compreender a lógica de funcionamento da cadeia produtiva aeronáutica, em um país de características periféricas como o Brasil. São muitas as pesquisas que ajudaram no delineamento das questões trabalhadas (Frischtak, 1992; Dagnino, 1993; Barros de Castro, 1996; Mendonça, 1997; Bernardes, 2000 a; Cassiolato et al, 2002; Bernardes e Oliveira, 2003). Estes trabalhos desenvolvem e descrevem aspectos vinculados ao desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva, focando a trajetória do desenvolvimento de capacidades e possíveis adensamentos na cadeia de produção. A retomada de uma trajetória bem sucedida da cadeia extrapola os ganhos de capacidades e competências das empresas fornecedoras da Embraer, ao menos as de origem de capital nacional. A questão central passa a ser a lógica de organização produtiva da empresa que coordena todas as demais.

Durante a elaboração deste trabalho alguns pontos sempre se mostraram presentes, destes um dos mais importantes foi: a importância em se “destacar que se tem claro que a cadeia de produção aeronáutica no Brasil é coordenada por uma única empresa, a Embraer. No entanto a análise extrapola o estudo sobre a empresa coordenadora e alcança, também, os fornecedores de aeroestruturas (tanto fornecedores padrões como parceiros de risco)”. Desta forma, este estudo parte da compreensão da lógica comportamental da Embraer para a partir daí interpretar o comportamento dos demais atores. Conforme visto na primeira seção deste trabalho, o objetivo proposto foi o de compreender os seguintes pontos: (i) qual a lógica comportamental que induz a organização da cadeia aeronáutica no Brasil?, (ii) existe, nesta cadeia produtiva, possibilidades de adensamento de fornecedores, via instalação de novos fornecedores no país, ou mesmo adensamento de atividades desenvolvidas pelos fornecedores já instalados?, (iii) as políticas públicas existentes para o setor são capazes de atender as necessidades impostas pelo mercado?

A opção escolhida para a realização do trabalho foi através da aplicação de um questionário qualitativo, focado nas áreas de Pesquisa e Desenvolvimento das empresas selecionadas. O processo envolveu três etapas: (i) a primeira fase se iniciou ainda no trabalho sobre arranjos coletivos coordenado pelo professor J. E. Cassiolato e M. H. Lastres (Redes de Inovação e Cadeias Produtivas Globais), (ii) a segunda etapa, mais extensa, foi a realização de 35

visitas em várias empresas do setor (no período de 2002 e 2003), (iii) a terceira, e última etapa, foi fase de visitas e entrevistas junto ao *The National Research Council* (NRC) no Canadá.

Como um dos objetivos deste trabalho foi analisar a atual lógica de organização da cadeia de fornecedores da Embraer, buscou-se focar a elaboração de somente um projeto. A partir da escolha deste projeto, preferencialmente o mais recente e complexo, as empresas, áreas e pessoas entrevistadas foram selecionadas. Partindo destes cortes optou-se pela análise do modelo 170. Conforme visto anteriormente, “a opção pelo modelo 170 está fundamentada no aspecto de que este projeto foi o primeiro desenvolvido no período pós-privatização da Embraer (este modelo é a primeira aeronave do que se convencionou chamar de família de aeronaves 170)”.

As conclusões aqui desenvolvidas estão estruturadas nas conclusões de cada capítulo apresentado. Assim, inicialmente temos a abordagem evolucionista da cadeia de produção e do mercado, seguida pelas considerações a respeito da trajetória e das capacitações tecnológicas das empresas que fazem parte dessa cadeia. As Políticas Públicas Tecnológicas para o setor, PPT, concluem a última fase desta seção.

Conforme visto anteriormente, compreender a dinâmica tecnológica da cadeia de produção aeronáutica no Brasil exige uma abordagem que considere as questões que viabilizaram a trajetória bem sucedida na produção de um produto de alto conteúdo tecnológico em um país de desenvolvimento tardio.

Deve-se ressaltar que a lógica de organização da cadeia aeronáutica brasileira se modificou no decorrer do tempo. O sentido de funcionamento dessa indústria, direcionada pelo Estado, característico do início de sua formação, modificou-se sensivelmente a partir do momento em que o Estado abandona a administração geral da principal empresa do setor e coordenadora da cadeia. Esta modificação acaba por abranger todos os participantes da cadeia de produção.

O afastamento do Estado modifica também o ambiente de todos os atores envolvidos nesse processo produtivo. Algumas questões importantes, que eram consideradas na fase pública da Embraer, deixam de ser levadas em conta. Destas, a mais importante é a falta de preocupação com índices de nacionalização de componentes e acessos a tecnologias que não sejam críticas para o *core* da empresa.

Concomitantemente, o padrão evolutivo do setor, como um todo, se modifica em direção a uma internacionalização de atividades e responsabilidades. Esta modificação é viabilizada

através de mudanças tecnológicas e institucionais, que facilitam os padrões de comunicação entre empresas e o intercâmbio de peças, componentes e sistemas. É importante ressaltar que o elevado padrão de concorrência deste setor, focando de maneira agressiva a redução de custos de produção e de desenvolvimento de projetos, induziu as indústrias de aeronaves a se configurarem cada vez mais como indústrias de integração de sistemas, adotando o BFC (*Better, Faster, Cheaper*) que acabou por se transformar em um paradigma organizacional induzindo as demais integradoras a reproduzir este modelo. A complexidade fica presente na relação entre a integradora e seus parceiros de risco co-responsáveis pela elaboração do projeto. A relação com fornecedores de aeroestruturas locais se apresenta como uma relação econômica padrão, onde questões relacionadas a capacidade de exercer poder de mercado ficam expostas.

Este processo evolutivo fica claro ao se observar a Ilustração 3.5 – Evolução da Cadeia Produtiva – Mundo, apresentada anteriormente. A ilustração aponta três fases distintas da cadeia aeronáutica mundial, no primeiro momento a cadeia possui um alto grau de verticalização dos fabricantes e fornecedores, no segundo momento a desverticalização e especialização estão presentes, na última fase (que apresenta a tendência do setor) existe uma previsão de competição entre cadeias produtivas, além de um maior partilhamento de riscos. Este modelo evolutivo é ditado pela empresa que coordena a cadeia de produção, no caso brasileiro este processo de coordenação é mais explícito em função da pouca inserção competitiva que a cadeia local possui em mercados externos, considerando as empresas de origem de capital nacional. Também chama a atenção a possibilidade de produção de alguns poucos sistemas pelas integradoras, no caso brasileiro esta tendência já se mostra presente ao se observar a produção de trens de pouso pela ELEB.

Desta forma, o processo evolutivo ocorre em dois sentidos, de maneira endógena e exógena. A evolução endógena ocorre no interior da firma, ela é dada através da privatização da Embraer e tem como reflexo a modificação na relação com os integrantes da cadeia produtiva. A evolução exógena ocorre pelo novo padrão organizacional das principais empresas integradoras de aeronaves, onde o processo de internacionalização de atividades é intenso.

Conforme verificado nos capítulos anteriores, à medida em que uma firma evolui, esta evolução é rapidamente absorvida pelo grupo ao qual a firma pertence; a mudança de comportamento organizacional ou gerencial, em função da rapidez de difusão, se dá de forma sistêmica e dentro de uma dinâmica contínua. Desta maneira, as mudanças importantes que

ocorreram nas cadeias de produção das principais empresas integradoras (Boeing e Airbus) são rapidamente incorporadas na Embraer. Esta incorporação é facilitada em decorrência do novo padrão de gestão da Embraer, que se vê livre das “amarras” impostas pela lógica pública. Ao mesmo tempo, a empresa neste processo acaba por privatizar todo o ganho de capacidade tecnológica que acumulou no período público.

A semelhança dos ambientes produtivos entre as principais integradoras é remota, principalmente quando são consideradas as pequenas semelhanças entre os países desenvolvidos e os países de desenvolvimento tardio. Isto fica claro na análise das cadeias de produção aeronáutica no Brasil, Canadá, na União Européia e mesmo nos Estados Unidos.

É factível concluir que as condições sistêmicas⁶⁷ (as mesmas que moldam o ambiente de atuação da firma) se modificam, induzindo a firma a desenvolver padrões de expertise diferenciados. O *core* das empresas se modificam, algumas habilidades acabam sendo mais desenvolvidas por uma integradora do que por outra. O caso da Embraer é emblemático, a empresa caracteriza-se pelo foco na gestão da parceria de riscos e na integração de aeroestruturas.

A relação com os fornecedores merece destaque. A ilustração 3.6 apresenta a tendência da reorganização da cadeia produtiva aeronáutica, podemos perceber, na situação em 1996, que a relação entre os integradores e seus fornecedores é dispersa. A integradora tem uma relação comercial com um número elevado de fornecedores de sistemas e componentes. A partir de 2001, com a adoção de novas práticas de gestão da produção a *la lean*, característico do paradigma BFC, as integradoras passam a ter uma relação mais direta com os fornecedores de sistemas, na ilustração chamados de super fornecedores, estes atores passam a participar da concepção e do financiamento do projeto, conquistando o status de parceiros de risco. Os fornecedores de aeroestruturas, na ilustração chamados de segunda e terceira rede de fornecedores, passam a ter uma relação mais direta com os parceiros de risco (ou super fornecedores).

Outro ponto importante, a partir do momento em que cada parceiro concentra-se em sua atividade fim, sob coordenação de uma única empresa, o risco de investimento para a empresa que coordena todo projeto diminui. A concepção de parcerias de risco considera também a idéia de formação de uma rede de cooperação entre as empresas, que constituem a cadeia de produção (ou de fornecedores). Assim, se ganha eficiência na gestão de risco de projeto e na própria

⁶⁷ As condições sistêmicas consideradas são aquelas que agem no contexto nacional. Desta forma aqui esta sendo considerado as questões ambientais do interior da firma e do meio em que ela está inserida.

elaboração do projeto, tendo como resultado a capacidade de desenvolvimento de uma família de aeronaves em tempo reduzido.

Retomando o caso brasileiro. Se a estrutura de governança não é muito bem estabelecida, a ponto de afirmarmos que não existe uma situação hierárquica ou quase-hierárquica clara (Humphrey e Schmitz, 2000), fica patente que a coordenação da cadeia sob a tutela da Embraer induz a uma situação de “quase-quase-hierarquia” onde as empresas são parceiras de risco da Embraer, mas atuam sobre sua coordenação para a elaboração do projeto, principalmente nas fases críticas, e na integração das partes.

Em contrapartida, não se deve excluir a contribuição do Sistema Nacional de Inovação Aeronáutico (SNI-A) na constituição da Embraer e das expertises adquiridas pela empresa. No período pré-privatização a importância da formulação de uma política pública de desenvolvimento tecnológico foi fundamental. Assim, o CTA teve um papel histórico importante na constituição desta indústria. A criação não só de um ambiente científico e tecnológico, via CTA, mas também de um conjunto de estímulos fiscais juntamente com o poder de demanda do Estado viabilizaram a construção de uma indústria capaz de se desenvolver de maneira eficiente.

Este esforço, de caráter público, possibilitou a instituição e consolidação de uma gama importante de atores que viabilizaram a trajetória tecnológica da Embraer e da cadeia produtiva local como um todo.

Os ganhos proporcionados pela utilização racional da transferência tecnológica, que se concentrou em áreas críticas para o desenvolvimento de projetos aeronáuticos (ex. Aeromachi, Northrop e Piper), colaboraram para o desenvolvimento de capacidades que serão utilizadas para a construção de uma teia de fornecedores de características distintas.

A constituição da atual cadeia de fornecedores da Embraer segue a lógica da concepção de projetos de aeronaves. As janelas de oportunidades se abrem no período de pré-projeto, aonde são selecionados os fornecedores e principalmente os parceiros de risco. Na escolha dos parceiros o processo é peculiar pois não basta a capacidade tecnológica e produtiva para se adequar como parceiro a capacidade de se adequar financeiramente é fundamental. Durante a concepção do projeto a Embraer exige o comprometimento deste parceiro em assumir parte da elaboração do projeto e da execução da produção e, em contrapartida, este parceiro tem a exclusividade no fornecimento dos sistemas e/ou aeroestruturas daquele projeto. Este procedimento foi seguido a risca na elaboração do projeto 170.

Os fornecedores locais por sua vez ficam relegados a um papel menos dinâmico no processo. A complexidade das aeroestruturas fornecidas é, na maioria das vezes, reduzida. Não resta dúvida que a cadeia local teve mais capacidade, financeira e tecnologicamente, no período pré-privatização da Embraer.

Para termos uma visão mais clara, da cadeia de fornecedores, é interessante dividirmos estes fornecedores em dois grandes grupos: (i) um primeiro grupo onde se situam as empresas de origem de capital nacional, na sua maioria, de pequeno porte. A realidade destas empresas apresenta um cenário pouco amigável para a atividade inovativa e para o desenvolvimento de P&D. Se estas empresas não chegam a atuar de forma precária, elas não possuem uma margem de manobra que possibilite uma inserção mais estratégica na cadeia produtiva. A verificação de que estas empresas dependem da Embraer, sob varias óticas, deixa clara uma dependência financeira e tecnológica que se torna uma barreira ao desenvolvimento e acesso a cadeias distintas, aqui a relação hierárquica da Embraer é explícita. Por outro lado, a Embraer desempenha um papel ambíguo em relação a este grupo: no primeiro momento ela capacita as empresas possibilitando que elas atuem na cadeia, em um segundo momento ela impõe padrões de restrições ao desenvolvimento destas mesmas empresas, ao exercer poder de mercado na compra de componentes e na elaboração e renovação de contratos de compra de peças; (ii) o segundo grupo é composto pelas empresas parceiras da Embraer. Este grupo possui uma relação mais “saudável” com a integradora. A própria organização do Conselho de Fornecedores da Embraer (CFE) é um exemplo desta relação mais cooperativa entre fornecedor e integrador.

Esta segmentação dos fornecedores faz com que a chance de *upgrade* na cadeia de fornecedores seja reduzida. A lógica organizacional da cadeia impõe este mecanismo. Esta lógica parte de uma estrutura rígida de organização e determinação do papel da cada integrante da cadeia. As chances de modificações no status de cada ator é definida na elaboração do pré-projeto.

O caminho facilitador para as empresas, principalmente as de pequeno e médio porte, para acesso a ganhos tecnológicos seriam as linhas de *funding* e *finance* disponíveis no mercado. Paralelamente, existe uma série de políticas de subvenção à atividade tecnológica. Entretanto, estas iniciativas esbarram na pouca acessibilidade às linhas de financiamento e deficiente divulgação dos mecanismos de subvenção.

Isto deixa claro alguns pontos importantes na organização do SNI-A no Brasil. Inicialmente, o setor é pouco articulado a ponto de não existir uma real noção dos instrumentos disponíveis para o acesso ao desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, as instituições públicas de fomento mostram-se incapazes de divulgar e tornar acessíveis suas linhas de crédito, sendo que a pouca capilaridade da FINEP e BNDES acabam por impedir um maior acesso a crédito para a atividade de P&D nas empresas.

As possíveis soluções, como a criação de parques tecnológicos, incubadoras de empresas e esforços para uma maior articulação do setor (o que poderia facilitar o acesso a crédito e utilização de linhas de subvenção) esbarram em algumas questões críticas. A atual lógica de organização da cadeia de produção aeronáutica no Brasil comporta adensamentos? Seria possível facilitar o acesso, das empresas fornecedoras de peças aeronáuticas, em cadeia distintas da cadeia da Embraer? A produção e integração de aeronaves, realizada pela Embraer, esgota todas as possibilidades de oportunidades de mercado?

Para responder estas questões alguns aspectos devem ser destacados. Poucos setores no Brasil se apoiaram e souberam capitalizar tantos benefícios dos processos de mudanças tecnológicas (ex. telecomunicação e informação) e facilitação do comércio internacional como o aeronáutico. Ao mesmo tempo, a privatização da Embraer levou ao pragmatismo na tomada de decisões. É este cenário que viabilizou a agilidade da Embraer, através de um aprofundamento da sua já internacionalizada cadeia de fornecedores. Os fornecedores locais, não souberam ou não tiveram condições de acompanhar este processo. Tecnicamente atrasados em relação aos fornecedores externos, eles não conseguiram se integrar a outras cadeias de produção. Ao mesmo tempo, o acesso a outras cadeias internacionais acaba por esbarrar em políticas públicas bem delineadas, existentes nos países hospedeiros dessas outras cadeias produtivas. Tyson deixa claro a opção de organização do mercado de “aeroestruturas” dos EUA e Canadá.

Este cenário induz à seguinte questão: existe um *trade off* entre a integração de aeronaves e o adensamento da cadeia? Considerando a cadeia como um todo, ou seja, como todos os fornecedores locais, este *trade off* existe. Entretanto, considerando alguns elos estratégicos da cadeia, como visto no capítulo 4, as possibilidades de adensamento são factíveis. Estes elos ficam centrados em produtos e serviços baseados em conhecimento e em algumas atividades de estruturas. Aqui, a acessibilidade às PPT são pontos importantes que não podem ser desconsiderados. Facilitar os mecanismos de apoio à atividade tecnológica nestes setores teria

como resultado uma possível internacionalização destas empresas, possibilitando um adensamento racional das atividades produtivas do setor.

Referencial bibliográfico

AFFONSO, L.C. e CAMPELLO, A.C.. “Gestão Integrada de Multi-Projetos em um Empresa Aeronáutica”. Em: **XX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo, novembro, 1998.

ALBAN, M.. **Crescimento sem Emprego**. O desenvolvimento capitalista e sua crise contemporânea à luz das revoluções tecnológicas. Ed. Casa da Qualidade, Salvador/BA,1999.

AMSDEN, A.. **Asia’s next Giant: South Korea and late industrialization**. Oxford University Press, Oxford, 1989.

_____. **The rise of the rest: challenges to the West from late-industrializing economies**. New York: Oxford University Press, 2001.

ARRIGHI, G.. **O longo século XX**. Ed. Unesp/Contraponto,1994.

BAIN, J.. **Barriers to new competition**. Harvard University Press, Cambridge, 1956.

BASTOS, V. D.. “Fundos Públicos para Ciência e Tecnologia”. Em: **Revista do BNDES**, v.10 n. 20, p. 229-260, 2003.

BARROS de CASTRO, A.. **Estratégias Empresariais na Indústria Brasileira: discutindo mudanças**. Ed. Forense, RJ, 1996.

BELL, M. “Learning and accumulation of industrial and technological capability in developing countries”. In: FRANSMAN, M.; KING, K. (eds). **Technological capacity in the Third World**. London: Macmillan, 1984, p. 187-209.

BELL, M.; ALBU, M. “Knowledge systems and technological dynamics in the industrial clusters in developing countries”. **World Developments**, v. 27, p. 1715-1734. 1999.

BELL, M. PAVITT, K. “Accumulation technological capability in developing countries”. In: **World Bank Annual Conference on Development Economics**, 1992. p. 257-281.

BERNARDES, R.. **Embraer: elos entre estado e mercado**. Ed. Hucitec/Fapesp, 2000 a.

BERNARDES, R.. “O Arranjo Produtivo da Embraer na Região de São José dos Campos”. Em: **texto da pesquisa - Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Proposições de Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico**, coordenado pelos profs. Cassiolatto, J. E. e Lastres, H.. UFRJ, RJ/RJ, 2000 b.

BERNARDES, R. e OLIVEIRA, L. G.. Building up complex productive systems in developing countries: the Embraer experience. In: CASSIOLATO, J.E.; LASTRES, H. M. M.; MACIEL,

M.L. (orgs.) **Systems of Innovation and Development: Evidence from Brazil**. London/UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2003.

BERNARDES, R. e OLIVERA, L.G.. “O Arranjo Produtivo da Rede Embraer de Fornecedores”. Em: **Nota Técnica da pesquisa - Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Proposições de Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico**, UFRJ, RJ/RJ (mimeo), 2000.

BELL, M.. “Learning and the Accumulation of Technological Capacity in Developing Countries”. In: M. Frasnman e K. King (eds), **Technological Capability in the Third World**. Ed. Macmillan, London, 1984.

BELL, M.; PAVITT, K.. “Technological accumulation and Industrial growth: contrasts between developed and developing countries”. In: **Industrial and Corporate Change**, vol. 02, n. 02, 1993.

_____; _____. “The development of technological capabilities”. In: Haque, I. (ed.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC, Word Bank, 1995.

BELLON, B.; NIOSI, J.. “Institutionalist theories and inter-firm alliances: The transaction cost, resource-based and evolutionary debate revisited”. In: **Workshop of ISA RCn. 2**, Economy and Society, Montreal, July, 3-5, 1997.

BENKO, G.. **Economia, Espaço e Globalização na aurora do século 21**. Ed. Hucitec, São Paulo, 1999.

BIELSCHOWSKY, R.. **Cinquenta anos de pensamento da Cepal**. Ed. Record, Cofecon, Rio de Janeiro e São Paulo, vol.1. e 2, 2000.

BLAUG, M.. **Metodologia da Economia**. Ed. Edusp. SP/SP, 1999.

BONACCORSI, A .; GIURI, P.. “When shakeout doesn’t occur. The evolution of the turboprop engine industry”. In: **Research Policy**, Vol.29, n. 7-8, 2000,

BRITTO, J.. “Redes de firmas e eficiência técnico-produtiva: uma análise crítica da abordagem dos Custos de Transação”. Em: **XXII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**. Anais. Florianópolis: ANPEC, p. 125-44, 1994.

_____. **Características Estruturais em modos operanti das Redes de Firms em Condições de Diversidade Tecnológica**. Tese doutorado, IE-UFRJ, 1999.

_____. “Cooperação Industrial e redes de empresas”. Em: Kupfer, D. e Hasenclever, L. (orgs.) **Economia Industrial**. Ed. Campus, RJ/RJ, 2002.

- BRITTO, J. e ALBUQUERQUE E. M. (2001). “Clusters industriais na economia Brasileira; uma análise exploratória a partir de dados da Rais”. Em: **textos IPEA**. DF, Brasil, 2001
- BROWNING, T.. “Exploring Integrative Mechanism with a View Design for Integration”. In: **Advances in Concurrent Engineering** – CE 97, Aug.20-22, 1997.
- BURLAMAQUI, L. e FAGUNDES, J.. “Notas sobre diversidade e regularidade no comportamento dos agentes econômicos – Uma perspectiva neo-shumpeteriana”. Em: BARROS de CASTRO, A. (org.). **Estratégias Empresariais na Indústria Brasileira**: discutindo mudanças. Ed. Forense, RJ, 1996.
- CASTELLS, M.. **A Sociedade em Rede**. Ed. Paz e Terra, SP, 2001.
- CALLON, M.. “The Dynamics of techno-economic networks”. In: Coombs, R. et alii (eds.), **Technology Change and Company Strategies**. Ed. Harcourt Jvanovich, Londres, 1992.
- CASSIOLATO, J.E; BERNARDES, R.; LASTRES, H.. “Transfer of Technology for Successful Integration into the Global Economy – A case study of Embraer in Brazil”. In: UNCTAD, NY and Geneva, www.unctad.org, 2002.
- CHANDLER, A. D.. **Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise**. Cambridge, MIT Press, 1962 a.
- CHANDLER, A. D.. “What is a firm? A historical perspective”. In: **European Economic Review**, v. 36, p. 483-92, 1962 b.
- CHESNAIS, F.. **A Mundialização do Capital**. Ed. Xamã, SP/SP, 1996.
- COASE, R.H.. **La empresa, el mercado y la ley**. Ed. Alianza Economía, Mexico, 1994.
- CORDER, S. e SALLES, S. “Financiamento e incentivos ao Sistema Nacional de Inovação”. Em: **Parcerias Estratégicas**, n. 19, p. 129-164, 2004.
- COOMBS, R. et alii. **Economics and Technological Change**. Ed., MacMillan, Londres, 1987.
- _____. “Technology and the firm: the convergence of economic and sociological approaches?”. In: Coombs, R.. et alii (eds.). **Technology Change and strategies**. Ed. Harcourt Brave Jovanovich, London, 1992.
- COSTA, I. **Empresas Multinacionais e Capacitação Tecnológica na Indústria Brasileira**. Tese de doutorado, DPCT/IG. Campinas, SP, 2003.
- DAGNINO, R.. **Gestão estratégica da inovação: metodologias para análise e implementação**. GAPI-UNICAMP, mimeo, 2001.

_____. “A Indústria Aeronáutica”. ECIB - Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira”. Em: **Nota Técnica Setorial**. Campinas .IE/Unicamp/MCT/FINEP/PACDT, 1993.

DAVIES, A.. “The Life cycle of a complex product system”. In: **International Journal of Innovation Management** 1 (3), 1998.

DAWKINS, R.. **O gene egoísta**. Ed. Edusp, SP/SP, 1979.

_____. **O relojoeiro cego: A teoria da evolução contra o desígnio divino**. Ed. Cia das Letras, SP/SP, 2001.

_____. **Desvendando o arco-íris**. Ed. Cia das Letras, SP/SP, 2000.

DICKEN, P. **Global Shift, Transforming the World Economy**. Ed. PCP, London/ UK, 1998.

DOSI, G.. **Technical Change and Industrial Transformation – The Theory and an Application to the Semiconductor Industry**. Ed. MacMillan, Londres, 1984.

DOSI, G. et alii. “Trade, technologies, and development”. In: Zysdman et alii (eds.). **Politics and Productivity**. Ed. Ballinger, 1989.

DOSI, G. et alii. **The Economics of Technical Change and International Trade**. Ed. Harvester Wheatshead, Londres, 1990.

DOSI, G., GIANNETTI, R. e TONINELLI, P.A.. “Theory and history of technology and business firms: the microeconomics of industrial development”. In: Dosi, G. et alii (eds.), **Technology and Enterprise in a Historical Perspective**. Ed. Clarendon Press, Oxford, 1992.

DOSI, G., TEECE, D. J. e WINTER, S.. “Toward a theory of corporate coherence: preliminary remarks”. In: Dosi, G. et alii (eds.), **Technology and Enterprise in a Historical Perspective**. Ed. Clarendon Press, Oxford, 1992.

DUNNING, J.. **Multinacional Enterprises and Global Economy**. Ed. Addison Wesley Publishing Company, Wokingham, England, 1983.

EMBRAER. **Relatórios Anual e Social 2001, 2002**.

ERNST, D.. “Transactions, Market Structure and Technology Diffusion – implications for South-South co-operation”. In: Mytelka, L., **South-South Co-operation in a Global Perspective**. Ed. Development Center Documents, OCDE, Paris, 1994.

ESSER, K; WOLFGANG, H.; MESSNER, D.; MEYER-STAMER, J.. “Competitividad sistémica: nuevo desafío para las empresas y la política”. In: **Revista de la Cepal**, n. 59, p. 39 – 52, 1996.

- FAGERBERG, J., VERSPAGEN, B.. “Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation”. In: **Research Policy**, Vol. 31, 2002.
- FAJNZYLBER, F.. **La industrialización trunca de America Latina**. Ed. Nuevo México, México, 1983.
- _____. “Industrialização na América Latina: da caixa-preta ao ‘conjunto vazio’”. Em: Bielschowsky, R. **Cinquenta anos de pensamento da Cepal**. Ed. Record, Cofecon, Rio de Janeiro e São Paulo, vol.1. e 2, 2000.
- FARGE, Y.. “Industrial Research in the European Union”. In: **Technology in Society**, Vol. 19, n 3, 1997.
- FAIRCHILD Ae. **Market Outlook and Aircraft Demand Forecast**. Alemanha, 2000.
- FERREIRA, M. S..”Rede de cidades em Minas Gerais a partir da realocação da indústria paulista”. Em: **Nova Economia**, número Especial, pp. 9-69, 1996.
- FIANE, R.. “Teoria dos custos de transação”. Em: Kupfer, D. e Hasenclever, L. (org)..**Economia Industrial**. Ed. Campus, RJ/RJ, 2002.
- FIGUEIREDO, P.N.. “Does technological learning pay off? Inter-firm differences in technological capability-accumulation paths and operational performance improvement”. In: **Research Policy**, Vol. 31, 2002.
- _____. **Aprendizagem tecnológica e performance competitiva**. Ed. FGV, 2003
- FRASMAN, M.. **Indigenous Technological Capability in the Third World**. Ed. Macmillan, London, 1984.
- FREEMAN, C.. **The Economics of Industrial Innovation**. Ed. Frances Pinter, London, 1982.
- _____. **Design, Innovation and Long Cycles in Economic Development**. London, 1986.
- _____. “The economics of technical change”. In: **Cambridge Journal of Economic**, n. 18, p. 464-514, 1994.
- FRENKEN, K.. “A complexity approach to innovation networks. The case of the aircraft industry (1909-1997)”. In: **Research Policy**, Vol. 29, 2000.
- FRISCHTAK, C.. “Learning, Technical Progress and Competitiveness in The Commuter Aircraft Industry: An Analysis of Embraer”. In: **The World Bank**, Industry and Energy Department, *Industry Series Paper*, no. 58, 1992.

- FURTADO, A. “Desconcentração Industrial”. Em: **Fundação Seade**, série São Paulo 80, vol. 3, SP, 1986.
- FURTADO, J.. “Limites e Possibilidades do Brasil nas Configurações Produtivas Globalizadas uma Análise Apoiada em Diversas Cadeias”. Em: **III Relatório Parcial de Pesquisa – GEEIN/DE/UNESP e IPEA**, 2000.
- GEREFFI, G.. “The organization of buyer-driven global commodity chain: how U.S. retailers shape overseas production networks”. In: GEREFFI, G.; KORZENIEWICZ, M.. **Commodity chain and global capitalism**. Westport: Praeger, 1994.
- GOLDSTEIN, A. (2000). “From National Champion to Global Player: Explaining the Success of Embraer”. In: **OCDE Development Centre - Paris**, mimeo, 2000.
- GOLDSTEIN, A. & SCHNEIDER, B. R.. “Big Business in Brazil: States and Markets in the Corporate Reorganization of the 1990s”. In: **Workshop on Brazil and South Korea**, University of London, mimeo, 2000.
- GULATI, R. K. & EPPINGER, S. D.. “The Coupling of Product Architecture and Organizational Structure Decisions”. In: **MIT International Center for Research on the Management of Technology**, Working Paper n. 151, 1996.
- HASENCLEVER, L e TIGRE, P.. “Estratégias de inovação”. Em: Kupfer, D. e Hasenclever, L. (orgs) **Economia Industrial**. Ed. Campus, RJ/RJ, 2002.
- HOBDAY, M. **Innovation in East Asia: The Challenge to Japan**. Edward Elgar, Aldershot, 1995.
- HOBDAY, M.. “Special Issue: Innovation in Complex Products and Systems”. In: **Research Policy**, Vol. 29, 2000.
- HOBDAY, M.. “Os sistemas de inovação do leste e do sudoeste asiáticos: comparação entre o crescimento do setor eletrônico promovido pelo sistema FEO e pelas ETNS”. Em: Kim, L. e Nelson, R. (orgs). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação. As experiências das economias de industrialização recente**. Ed. Unicamp, Campinas/SP, 2005.
- HODGSON, G. M.. **Economics and Evolution – Bringing life back into economics**. Ed. The University of Michigan Press, 1999.
- HUMPHREY, J.; SCHMITZ, H.. “Governance and upgrading: linking industrial cluster and global value chain research”. In: **IDS Discussion Paper**, n. 120, 2000.

KATZ, J.. **Importación de Tecnología, Aprendizaje y Industrialización Dependiente**. Ed. Fondo de Cultura Económico, México, 1976.

_____. “Domestic technological innovations and dynamics comparative advantages: further reflections on a comparative case-study program”. In: ROSENBERG, N. FRISCHTAK, C. (eds.) **International Technology Transfer: concepts, measures and comparisons**. London: Praeger, 1985. p. 127-166.

_____. “Domestic technology generation in LDCs: a review of research findings”. In: Katz, J. (Ed.). **Technology Generation in Latin America Manufacturing Industries**. Ed. St. Martin’s Press, New York, 1987.

_____. **Passado y presente del comportamiento tecnológico de América Latina**. CEPAL/ECLA. Red de Reestructuración y Competitividad, 2000.

KIM, D. **Imitation to innovation: the dynamics of Korea’s technological learning**. Boston, M.A., Harvard Business School Press, 1997.

KON, A. e OLIVEIRA, L. G. (orgs.). **Pesquisas em Economia Industrial Trabalho e Tecnologia**. Fapesp/Eitt-PUC/SP, 2004.

LALL, S.. “Las Capacidades Tecnológicas”. In: Salomon, Sagasti e Sachs (orgs). **Una Búsqueda Incierta**. Ed. FCE, 1992.

_____. **Learning to industrialize: the acquisition of technological capability by India**. London, Macmillan, 1987.

_____. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, 20(2): 165-86, 1992.

_____. “Technological capabilities”. In: Salomon, J.J. et alii (eds). **The uncertain quest: science, technology and development**. Tokyo, UN University Press, 1994.

_____. “The technological structure and performance of developing country manufactured exports”, 1985-98. **Oxford Development Studies**, v. 28, n. 3, p. 337-369. 2000.

LALL, S. et al. “East Asian Exports: competitiveness technological structure and strategies”. **Report prepared for the World Bank, East and the Pacific Region: “East Asia: out of the crisis and into the new millennium”**. Ago. 1999 (preliminary draft)

LANDES, D. S.. **Prometeu Desacorrentado**. Ed. Forense, RJ/RJ, 1994.

LANGLOIS, R.; ROBERTSON, P. L.. **Firms, markets and economic change: a dynamic theory of business institutions**. London: Routledge, 1995.

- LASTRES, H.; CASSIOLATO, J.; LEMOS, C; MALDONADO, J.; VARGAS, M.. “Globalização e Inovação Localizada”. Em: **nota técnica n. 01/98** do Projeto “Globalização e Inovação Localizada”. UFRJ, Rio de Janeiro, mimeo, 1998.
- LEE, K.. “O aprendizado tecnológico e o ingresso de empresas usuárias de bens de capital na Coréia do Sul”. Em: Kim, L. e Nelson, R. (orgs). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação. As experiências das economias de industrialização recente**. Ed. Unicamp, Campinas/SP, 2005.
- LOASBY, B. J.. “The evolution of knowledge: beyond the biological model”. Em: **Research Policy**, Vol. 31, 2002.
- LUNDVALL, B.. **National systems of innovation**. Towards a theory of innovation and interactive learning. Ed. Pinter, London/UK, 1992.
- MALERBA, F. e ORSENIGO, L.. “Technological regimes and Firms Behaviour”. In: **Industrial and Corporate Change**, vol.2, n.1, 1996.
- MARKUSEN, A. (1995). “Áreas de atração de investimentos em um espaço econômico cambiante: uma tipologia de distritos industriais”. Em: **Nova Economia**, Belo Horizonte/MG, Vol. 5, 1995.
- MARSHALL, A.. **Principles of Economics**. Ed. Macmillan, London, 1982.
- MARSILI, O.. **The Anatomy and Evolution of Industry: Technological Change and Industrial Dynamics**. London, UK. Ed. Edward Elgar, 2001.
- MACHLUP, F.. **Methodology of Economics and Other Social Sciences**. New York, Academic Press, 1978
- Mc KELVEY, M.. “Co-evolution in commercialization of genetic engineering”. Em: **Industrial and Corporate Change** 6 (3), 503-532, 1997.
- Mc KRALL, T.K.. “A odisséia intelectual de Alfred D. Chandler Jr., introdução”. Em: T.K. Mc Krall (org.), **Alfred Chandler: ensaios para uma teoria histórica da grande empresa**. Ed. FGV, RJ/RJ., 1998
- Mc KRALL, T.K. (org.). **Alfred Chandler: ensaios para uma teoria histórica da grande empresa**. Ed. FGV, RJ/RJ, 1998.
- McNUTT, R.. “Reducing DoD Product Development Time: The Role of the Schedule Development Process”. **Tese de doutorado MIT**, 1999.

- MENDONÇA, M.. “Incentivo ao adensamento da cadeia produtiva da Embraer”. Em: **Relatório Final**, Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas/Brazil, 1997.
- MENENDEZ, J.. “The Software Factory: Integrating Case Technologies to Improve Productivity”. In: **LAI Report** 96-02, 1996.
- MEYER, M.; LEHNERD, A.. **The power of Product Platforms**. New York: Free Press, 1997.
- MITCHELL, W.C.. **Os Ciclos Econômicos e suas Causas**. Ed. Abril Cultural, 1984.
- MORIN, E.. **Ciência com Consciência**. Ed. Bertrand Brasil, ed. 3^a, RJ/RJ, 1999.
- MOORE, B.. **Aspectos morais do crescimento econômico**. Ed. Record, RJ/RJ, 1999.
- MURMAN, E. M.; WALTON, M.; REBENTISCH, E.. “Challenges in the Better, Faster, Cheaper era of Aeronautical Design, Engineering and Manufacturing”. In: **The Aeronautical Journal**, 2000.
- NELSON, R.. **National innovation systems. A Comparative Analysis**. Oxford University Press, New York, 1993.
- _____ . “The roles of firms in technical advance: a perspective from evolutionary theory”. In Dosi, G. et alii (eds.). **Technology and Enterprise in a Historical Perspective**. Ed. Clarendon Press, Oxford, 1992.
- NELSON, R. e WINTER, S.. **An evolutionary theory of economic change**. Ed. Harvard University Press, 1982.
- NORTH, D.C.. **Instituciones, cambio institucional y desempeño económico**. Ed. FCE, 1990.
- OCDE. **Manufacturing performance: a scoreboard of indicators**. Paris, OCDE, 1994.
- OCDE. **Technology and Industrial Performance**. Paris, OECD, 1996.
- OLIVEIRA, L.G.. “Relatório sobre o Setor Aeronáutico Civil no Brasil”. In: **DPP-Finep**, Campinas, 2003
- _____ . “Cluster Aeronáutico Brasileiro e a Formação de uma ‘Macro-região’ Aeronáutica”. In: **Texto de Discussão 802**, PPGEP/PUC-SP, 2002
- _____ . Aspectos locais do federalismo fiscal. In: KON, A. (org) **Unidade e Fragmentação**. SP/SP, Perspectiva, 2002.
- _____ . **Federalismo e Guerra Fiscal**. Ed. Pulsar, SP/SP, 2000.
- OLIVEIRA, L. G. e BERNARDES, R.. Estrutura de governança na indústria aeronáutica brasileira. In: KON, A. e OLIVEIRA, L. G. (orgs) **Pesquisas em Economia Industrial Trabalho e Tecnologia**, Fapesp/Eitt-PUC/SP, 2004.

_____. “O desenvolvimento do design em sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada de projetos aplicada ao programa ERJ-170/190”. In: **ANPAD**, Salvador/BA, 2002 a.

_____. “Capacidades tecnológicas. Uma abordagem à matriz de Lall no setor aeronáutico”. Em: **Cladea 2002**, Porto Alegre/RS, 2002 b.

OLIVEIRA, L.G.; EIRAS, A.. “A qualitative study about ‘The Regional Influence’ Factor for industrial clusters”. In: **Economics for the future**, Cambridge Journal of Economics Conference, Cambridge/ UK, 2003.

_____. “Um Estudo Qualitativo sobre o ‘Fator de Influência Regional’ para Clusters Industriais”. Em: **Série Textos para Discussão, n. 04/2003**, Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política – PEPGEP, PUCSP, 2003

PACHECO, C.A.. **Fragmentação da Nação**. Ed. Unicamp/Fapesp, Campinas/SP, 1998.

PAVITT, K. “Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory”. **Research Policy**, v. 13, 1984.

PEREZ, C.. “Technological Change and Opportunities for Development as a Moving Target”. In: **Unctad X High Level Round Table on Trade and Development**, Bangkok, mimeo, 2000.

PIORE, M., SABEL, C.. **The second industrial divide: possibilities for prosperity**. New York; Ed. Basic Books, 1984.

PRENCIPE, A.. “Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of aircraft engine control system”. In: **Research Policy**, vol. 29, n. 7-8, UK, 2000.

PRZEMIENIECKI, J.S.. **Critical Technologies for National Defense**. Ed. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington DC/USA, 1997.

POLANYI, M.. **Personal Knowledge. Towards a Post-critical Philosophy**. Ed. Rotledge & Kegan Paul, London, 1957

POSSAS, M.L.. “Concorrência schumpeteriana”. Em: Kupfer, D. e Hasenclever, L. (orgs.) **Economia Industrial**, RJ/RJ, Ed. Campus, 2002.

_____. **Estrutura de Mercado em Oligopólio**. São Paulo, Hucitec, 1985.

_____. “Competitividade: fatores sistêmicos e política industrial”. Em: BARROS de CASTRO, A. (org.), **Estratégias Empresariais na Indústria Brasileira: discutindo mudanças**, Ed. Forense, RJ, 1996.

- QUADROS, R.. “Global value chain governance, quality standards and technological upgrading: the experience of Brazilian auto-component producers with quality standards”. In: **DPCT/IG/Universidade de Campinas**, mimeo, 2002.
- QUANDT, C.. **Technological Larning, Competition and Regional Development: Emerging High-Technology Industrial Districts in Sao Paulo State, Brazil**. Tese de doutorado em Planejamento Urbano Universidade da Califórnia, 1993.
- ROSENBERG, N.. **Perspectives on Technology**. Cambridge, University Press, 1976.
- SANCHEZ, R.; MAHONEY, J.. “Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organizational design”. In: **Strategic Management Journal**, 17: 63-73, 1996.
- SCOTT, A . J.. “A economia metropolitana. Organização industrial e crescimento urbano”. Em: **As Regiões ganhadoras**. Distritos e redes: os novos paradigmas de geografia econômica. Oeiras: Celta editora, Portugal, 1994.
- SCHILLING, M.. “Towards a general modular systems theory and its application to inter-firm product modularity”. In: **Acadamy of Management Review**, 25 (2): 312-334, 2000.
- SCHMOOKLER, J.. “Economic sources of inventive activity”. Em: Rosenberg, N. (org) **Economía del Cambio Tecnológico**. Ed. FCE. Mexico, 1962.
- SCHUMPETER, J. A.. **Teoría del Desarrollo Económico**. Ed. FCE, México, 1978.
- _____. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1984.
- SMITH, A.. **Inquérito sobre a natureza e as causas da Riqueza das Nações**. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa/Portugal, 1981.
- _____. **Teoria dos Sentimentos Morais**. Ed. Martins Fontes, SP/SP, 1999.
- STORPER, M.; HARRISON, B.. “Flexibility, hierarchy and regional developments: the changing structure of industrial production systems and their forms of governance in 1990s”. In: **Research Policy**, Vol. 20, 1991.
- _____. “Flexibilidade, hierarquia e desenvolvimento regional”. Em: **As Regiões ganhadoras**. Distritos e redes: os novos paradigmas de geografia econômica Oeiras: Celta editora, Portugal, 1994
- STORPER, M.. **Latecomers in the Global Economy**. Ed. Routledge, London/UK, 1998.
- _____. “Las Economías Regionales como Activos Relacionales”. Em: **Cadernos IPPUR**, Ano XIII, n. 02, pp. 29-68, 1999.

STURGEON, T. J. “Does Manufacturing Still Matter? The Organizational Delinking of Production from Innovation”. Em: **Working Paper** 92B, Berkeley Roundtable on the International Economy (BRIE), August 1997.

_____. “Industry Co-Evolution and the Rise of a Shared Supply-base for Electronics Manufacturing”. In: **Nelson e Winter Conference** junho de 2001, mimeo, 2001.

_____. “Modular production networks; a new model of industrial organization”. In: **Industrial and Corporate Change**, 11:3, 2002.

_____. “What really goes on in Silicon Valley? Spatial clustering and dispersal in modular production networks”. In: **Journal of Economic Geography**, n. 3, 199-225, 2003.

SUH, N. P.. **The Principles of Design**. Oxford University Press, New York, NY, 1990.

SUZIGAN, W., GARCIA, R.; FURTADO, J.. “Governança de sistemas de MPME em clusters industriais”. Em: **Nota Técnica da pesquisa: Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Proposições de Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico** (mimeo), 2001.

SZMRECSÁNYI, T.. “Esboços de História Econômica da Ciência e da Tecnologia”. Em: **Da Revolução Científica à Big (Business) Science**. Ed. Hucitec, SP/SP, 2000.

THOMKE, S.; REINERTSEN, D.. “Agile product development: managing development flexibility in uncertain environments”. In: **California Management Review**, 41 (1): 8-30, 1998.

TYSON, L. D.. **Who’s Bashing Whom? Trade Conflict in High-technology Industries**. Ed. Institute for International Economics, Washington/DC, USA, 1992.

ULRICH, K. (1995). “The role of product architecture in the manufacturing firm”. In: **Research Policy**, 24: 419-440, 1995.

UTTERBACK, J.. **Dominando a Dinâmica da Inovação**. Ed. Qualitymark, RJ/RJ, 1994.

VEBLEN, T.. **A Teoria da Classe Ociosa – Um Estudo Econômico das Instituições**. Ed. Abril Cultural, 1983.

VELTZ, P.. **Mundialización, ciudades y territorios**. La economía de archipiélago. Ed. Ariel, Barcelona/Espanha, 1996.

von HIPPEL, E.. “‘Sticky Information’ and New Marketing Research Methods.” In: **Sloan, Working Paper #3753-95**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Sloan School of Management, January, 1995.

ZILBOVICIUS, M.. **Modelos para a produção, produção de modelos**. Gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção. Ed. Annablume/Fapesp, SP/SP, 1999.

WANG, Q.; Von TUNZELMANN, N.. “Complexity and the functions of the firm: breadth and depth”. In: *Research Policy*, Vol. 29, 2000.

WILLIANSO, O. E.. **The economic institutions of capitalism**. New York: Free Press, 1985

_____. **Mercados y jeraquías: su análisis y sus implicaciones antitrust**. Ed FCE, México, 1991.

_____. **The Mechanism of Governance**. Oxford University Press, 1996.

WORD BANK. **Closing the Gap in Education and Technology**. Washington/DC/USA, 2003

YU, A. e NASCIMENTO, P. T.. “Sistemas de Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Embraer versus Natura”. Em: **Working Paper**, PGT/USP (mimeo), 2001.

Anexo 1

1) Identificação do entrevistado e de sua trajetória na [empresa/unidade investigada]:

Nome: _____

Cargo: _____

Tempo de empresa: _____

Formação: _____

2) Dados Gerais da [empresa/unidade investigada]:

CNPJ/CGC: _____

Razão social: _____

Nome fantasia: _____

Ano de fundação/instalação da [empresa/subsidiária] (no Brasil): _____

Ano de início da [unidade/linha de negócio investigada]: _____

3) Ocorreu alguma mudança na estrutura patrimonial/composição acionária da [empresa/unidade investigada] nos últimos três anos?

SIM

3a) Que tipo de mudança?

a empresa foi estabelecida

fusão ou cisão total

cisão parcial

incorporação de outra empresa → Qual empresa? _____

incorporação por outra empresa → Por qual empresa? _____

outra mudança → Qual? _____

3b) Qual a motivação por parte da [empresa/unidade investigada] para esta mudança da perspectiva da sua estratégia de negócios?

NÃO houve mudança

4) A [empresa] é parte de algum grupo/conglomerado?

SIM

Questão: 5

4a) Qual grupo (nome/origem do capital) _____

4b) Qual a relação da empresa com o grupo? **definições da PINTEC/IBGE**

Controladora/Matriz: exerce, direta ou indiretamente, o poder (exercido nas 3 últimas assembleias ordinárias) de eleger a maioria dos administradores e de preponderar nas deliberações sociais de outra(s) sociedade(s)

Controlada/filial/subsidiária: aquela na qual a controladora, possui, direta ou indiretamente, condição considerada permanente de eleger a maioria dos administradores e de preponderar nas deliberações sociais

Coligada/associada: aquela na qual a investidora participa com pelo menos 10% de seu capital, sem controlá-la

NÃO

5) Qual a composição do capital da [empresa/unidade investigada], segundo sua origem?

Origem do capital	Composição	Observações
Doméstico privado <input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Questão: 5a	%	
Doméstico estatal <input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Questão: 5b	%	
Estrangeiro <input type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> Questão: 5c	%	

5a) Se majoritário doméstico:

i) Quantas plantas produtivas possui no Brasil (indicar sua localização)?

ii) Se atua em diferentes linhas de produtos, quantas, dentre as indicadas acima, são da unidade de negócio investigada (indicar a localização)?

iii) Possui unidades produtivas no exterior? Se sim: qual e em que país (es)?

iv) Possui algum outro tipo de unidade (não produtiva) no exterior? Se sim: qual e em que país (s)?

5c) \cong Ⓢ Se majoritário estrangeiro:

i) Ⓢ Qual o país de origem/onde está localizada a matriz

ii) Ⓢ Quantas plantas produtivas a [corporação] possui no Brasil (indicar sua localização)?

iii) \cong Ⓢ Se atua em diferentes linhas de produtos, quantas, dentre as indicadas acima, são da [unidade de negócio investigada] (indicar a localização)?

iv) Ⓢ Qual a participação da [subsidiária brasileira] no total da [corporação]:

- produção (%): _____
- vendas (%): _____
- mercados atendidos (%): _____

v) \cong Ⓢ Qual a posição da [subsidiária brasileira] na estratégia mundial da [corporação]?

II) Produto (s) e vendas

6)  Qual a classificação do setor de atuação da [empresa/unidade investigada] segundo a CNAE?

Descrição atividade	CNAE Divisão	CNAE Grupo	CNAE Classe

7) Vendas:

7a) Para o ano mais recente disponível, qual o valor total das vendas da [empresa/grupo/subsidiária] brasileira e (se for o caso) sua distribuição segundo unidade de negócio (unidade investigada e outras) e mercado atendido (exportação e mercado interno)

	Total Questão: 7b (US\$ ou R\$)	Exportação Questão: 7d (%)	Mercado Interno Questão: 7c (%)
Empresa/Grupo/Subsidiária brasileira			
TOTAL			
Unidade de negócio investigada Questões: 7b e 7d			
Outras unidades de negócio			

↓

**Se exportação = zero,
desconsidere a questão 7d**

7b) ≡Ⓢ Qual o faturamento total da [empresa/unidade de negócio investigada] (no Brasil), incluindo exportações e vendas ao mercado interno, nos três anos mais recentes disponíveis? (indicar se R\$ ou US\$)

Questões: 5a/ iv e 7a/ primeira coluna

Ano	Faturamento (Exportação e Mercado Interno)

7c) ≡Ⓢ Quais os principais clientes no mercado interno?

Questão: 7a/ terceira coluna

7d) No caso da [empresa/unidade de negócio investigada] exportar, qual a distribuição das suas exportações segundo mercados atendidos, para o ano mais recente disponível? Identifique os principais clientes e seus países de origem.

Questões: 5a/ iv e 7a/ segunda coluna

Investigar se houve alterações significativas em relação aos anos anteriores recentes.

Mercados Exportação	Ano mais recente informado: _____	
		Principais clientes (país)
Mercosul		
EUA		
Europa Ocidental		
Outros		
	00%	

8) Quais os três principais produtos/linhas de produto da [empresa/unidade de negócio investigada] no ano mais recente informado em “7b”? Preencha a tabela a seguir de acordo com as opções apresentadas no quadro abaixo:

O grau de importância das linhas de produtos/produtos deve ser avaliado não apenas em termos da participação do faturamento, mas também (e mais importante) em termos da estratégia da empresa. Desta perspectiva, produtos com baixa participação nas vendas, podem apresentar perspectivas bastante favoráveis. Um outro objetivo desta questão é identificar quais as competências relevantes para ser competitivo neste setor/segmento e qual a posição da empresa em relação ao desenvolvimento (ou não) destas competências.

<p>(quando possível, informar NCM)</p>	<p>vendas</p> <p>Questão: 7b</p>	<p>Tecnologia</p> <p>(A ou B/C ou D)</p> <p>Questão: 16</p>	<p>Quais as competências relevantes para ser competitivo no mercado deste produto/ linha de produto?</p> <p>p/ competitividade</p>	<p>Qual a situação da empresa em relação a estas competências?</p> <p>Questão: 8c</p>
1. NCM (s):				
2. NCM (s):				
3. NCM (s):				
Segmento Geral NCM (s):				

Observações: _____

8a)  Ocorreu alguma mudança significativa (inclusão/retirada) na linha de produtos [empresa/unidade investigada] nos últimos 3 anos? **Questão: 16**

8b) Dentre os produtos indicados na tabela acima, ou além destes, há algum que tenha atualmente pequena participação no faturamento, mas com perspectiva de crescimento no futuro (conforme a estratégia da [empresa/unidade investigada])

8c) A empresa fez alguma tentativa de introduzir/lançar um produto novo que não pôde ser levada adiante? Se sim, por quê? **Questões 16 e 8/ quinta coluna**

9) Quais os mecanismos envolvidos na identificação das oportunidades de negócio e lançamento de novos produtos? Quais as unidades/departamentos envolvidos nesta identificação? E qual a formação do pessoal alocado nestas ?

III) Esforço tecnológico (Produto e Processo)

10) Quais as principais fontes externas de informação e/ou aquisição tecnológica (produto e/ou processo) utilizadas pela [empresa/unidade investigada] nos últimos três anos? Classifique as fontes de acordo com as opções apresentadas a seguir:

Fontes externas de informação tecnológica são quaisquer outra que não a própria empresa/unidade investigada.

Natureza da relação estabelecida com a fonte			
<p><u>Relação formal:</u></p> <p>(A) contratação de serviços tecnológicos</p> <p>(B) compra de licença para exploração de patentes</p> <p>(C) compra de licença para uso de marcas</p> <p>(D) aquisição de serviços de pesquisa</p> <p>(E) aquisição de serviços de desenvolvimento</p> <p>(F) aquisição de <i>softwares</i> e outros</p> <p>(G) aquisição de máquinas, equipamentos, <i>hardware</i></p> <p>(H) treinamento tecnológico</p> <p>(I) testes, análises, pareceres técnicos</p> <p>(J) outro formal: especifique</p>	<p><u>Relação informal:</u></p> <p>(K) <i>benchmarking</i></p> <p>(L) engenharia reversa</p> <p>(M) informações a partir da <i>internet</i></p> <p>(N) outro informal: especifique</p>	<p>* no caso de COOPERACÃO/PARceria, responder à Questão: 11</p>	
Frequência da relação			
1	2	3	4
sem contato	limitada	moderada	intensa

Fontes de informação/tecnologia	Produto (PD) e/ou Processo (PR)	Natureza (A - N)	Frequência (1 - 4)	Localização (país)
Outras empresas do grupo				
Matriz				
Fornecedores (máquinas/equipamentos)				
Fornecedores (insumos/componentes)				
Clientes/consumidores				
Concorrentes				
Firmas de consultoria				
Firmas de engenharia				
Universidades				
Institutos de pesquisa				
Instituições de testes e certificação				
Conferências/reuniões profissionais				

Publicações técnicas e científicas				
Feiras e exposições				
Outras: especifique				

11) A [empresa/unidade investigada] já desenvolveu ou está desenvolvendo algum projeto/atividade tecnológica em cooperação/parceria com outros agentes?

A existência ou não de contrato define o caráter formal ou informal na parceria. A divisão de tarefas (5ª coluna) visa identificar a participação da empresa na execução/condução da (s) atividade (s) envolvida (s) na interação. Isto é, quais atividades/tarefas envolvidas na parceria que a empresa realiza internamente (nas suas instalações/laboratórios) ou quantos dos seus funcionários estão envolvidos na condução/acompanhamento destas tarefas, seja na própria empresa, ou em alguma unidade produtiva ou de pesquisa do parceiro.

NÃO

11a) Por quê?

SIM, atualmente

11b) Classifique a (s) parceria (s) conforme tabela abaixo:

Parceiros	Há parceria? (S/N)	Há contrato? (S/N)	Produto e/ou Processo	Nome Localização do parceiro	Divisão de tarefas entre os parceiros
Outras empresas do grupo					
Matriz					
Fornecedores (máq./equip.)					
Fornecedores (insumos/componentes)					
Clientes/consumidores					
Concorrentes					
Firmas de consultoria					
Universidades					
Institutos de pesquisa					
Instituições de testes e certificação					
Outro: especifique					

11c) Qual a motivação para o estabelecimento das parcerias acima mencionadas?

SIM, no passado
11d) Comente

12) Quais atividades tecnológicas (produto e/ou processo) que a [empresa/unidade investigada] realiza internamente?
Isto é, atividades realizadas por alguns de seus funcionários e dentro das suas instalações.

12a) Comente sobre as motivações para condução destas atividades?

12b) Classifique as três principais atividades tecnológicas segundo o tempo dedicado a elas (contínua/ocasional) e seu nível de formalização

A consistência desta questão, assim como da anterior, poderá ser avaliada a partir das questões que se seguem, uma vez que a continuidade e formalização das atividades tecnológicas realizadas internamente pela empresa está associada à estrutura (departamentos, laboratórios, equipamentos, etc.), pessoal (número e qualificação) e gastos associados a estas atividades.

Atividades Tecnológicas	Contínua ou Ocasional	Formal ou Não Formal
Produto:		
Processo:		

12c) A [empresa/unidade investigada] possui alguma unidade/departamento (no Brasil) dedicado exclusiva e/ou parcialmente à condução destas atividades?

NÃO

SIM: Qual (is)?

departamento de pesquisa e desenvolvimento

departamento de desenho

unidade de produção

departamento técnico

departamento de controle de qualidade

departamento de *marketing*

outro (especificar): _____

13) Se subsidiária de multinacional estrangeira:

13a) A quem o gerente/diretor da unidade indicada em 12c se reporta?

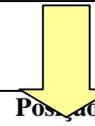
13b) Quais são os principais clientes destas atividades (Brasil e/ou exterior)

13c) Qual sua posição em termos das três principais tecnologias de produto e/ou processo que adota?. **Questão:**

5c/v

O objetivo desta questão é identificar como a subsidiária brasileira está inserida na divisão mundial das atividades tecnológicas da corporação.

- (A) **Apenas usuário:** utiliza resultados das atividades tecnológicas da matriz e/ou de outras empresas do grupo, sem realizar estas atividades internamente;
- (B) **Usuário + adaptação:** utiliza resultados das atividades tecnológicas da matriz e/ou de outras empresas do grupo, mas realiza internamente esforços adaptativos;
- (C) **Isolado:** realiza atividades tecnológicas distintas das realizadas por outras empresas do grupo, de modo que os resultados destas atividades não são utilizados por outras empresas do grupo e vice-versa;
- (D) **Centro de competência:** os resultados das suas atividades tecnológicas são utilizados por outras empresas do grupo;
- (E) **Outra posição** (especifique): _____



Tecnologia	Posição
Produto:	
1.	
2.	
3.	
Processo	
1.	
2.	
3.	

14) Para o último ano disponível, qual a estimativa dos gastos com atividades tecnológicas realizadas internamente pela [empresa/unidade investigada] e/ou percentual do faturamento?

Para algumas empresas, particularmente as maiores, esta informação corresponde aos gastos em “P&D”. No caso da empresa disponibilizar esta informação agregada, procurar identificar o que a empresa inclui nesta rubrica.

Categorias de gastos	R\$ ou US\$ (Ano: _____)	% faturamento
Salários		
Equipamentos		
Outros (especifique)		
Total		

14a) Se os gastos acima estiverem incluídos em uma rubrica “P&D”, identificar o que está incluído na mesma

15) Quantos funcionários (segundo nível de qualificação formal) estão envolvidos na condução destas atividades?

Identifique o tempo de dedicação (exclusiva ou parcial) e o departamento ao qual respondem.

Qualificação Formal	Número de funcionários	Dedicação (exclusiva-parcial)	Departamento
Engenheiros			
Doutores			
Mestres			
Graduados			
Cientistas			
Doutores			
Mestres			
Graduados			
Técnicos de nível médio			
Outros (suporte)			
Total			

Observações:

15a) A [empresa/unidade investigada] manteve, ampliou ou reduziu o quadro de funcionários para realização de atividades tecnológicas nos últimos três anos? Se sim, qual a razão?

15b) A [empresa/unidade investigada] possui algum programa para treinamento e/ou reciclagem destes funcionários envolvidos na condução de atividades tecnológicas?

Além de identificar o comprometimento da empresa em termos de atividades tecnológicas, esta questão objetiva identificar se a empresa estabelece alguma parceria para treinamento de seus funcionários alocados em atividades tecnológicas.

NÃO

SIM: Indicar programas e locais de treinamento

15c) A formação dos funcionários envolvidos em atividades tecnológicas corresponde às demandas da [empresa/unidade investigada]? Isto é, as instituições de ensino técnico e superior estão formando profissionais com as qualificações requeridas pela [empresa/unidade investigada], e a um nível apropriado?

Observações:

IV.1) Mudança Tecnológica - PRODUTO

Identificar a velocidade da mudança tecnológica de produto, isto é, o ciclo de vida das tecnologias de produto, e como este padrão setorial está incorporado na estratégia da empresa **Questão 8/ terceira coluna**.

P.S: quando as questões sobre mudança tecnológica **Questões: 16a; 16b e 16c** forem formuladas e/ou respondidas em termos de “inovação”, é importante investigar a natureza desta “inovação”.

16) Entre 1999-2002, ocorreu alguma mudança de caráter tecnológico nos principais **produtos/linhas de produto**? Isto é, alguma mudança que tenha alterado suas características? Em caso afirmativo, faça uma apreciação dos impactos/efeitos do produto que passou por mudança tecnológica em termos do faturamento e da posição competitiva da [empresa/unidade investigada].

SIM

Questão: 8a

16a) mudança que representou alteração completa nas características fundamentais do produto, implicando um novo produto. Quais?

Impactos/Efeitos:

16b) mudança que representou melhoria nas características fundamentais do produto. Quais?

Impactos/Efeitos:

16c) apenas mudanças sem alteração nas características fundamentais do produto. Quais?

Impactos/Efeitos:

NÃO, nenhum tipo de mudança

Questão:

8c

17) Relacionar a (s) principal (s) mudança (s) de produtos/linhas de produto. Preencha a tabela a seguir de acordo com as opções apresentadas no quadro abaixo:

O objetivo destas questão é identificar a natureza da mudança tecnológica, principalmente nos casos em que a questão anterior foi formulada e/ou respondida em termos de “inovação”.

Questões: 16a; 16b e 16c

<p>1ª coluna: <u>representou uma novidade</u> para:</p> <p style="text-align: right;">Questão: 25</p> <p>(A) o mercado mundial (B) o mercado regional (C) o mercado nacional (D) apenas para a empresa → indicar há quanto tempo os concorrentes introduziram esta mudança?</p> <p>3ª coluna: <u>onde foi desenvolvida</u></p> <p>(O) principalmente no Brasil (P) principalmente no exterior → em que país?</p>	<p>2ª coluna: <u>quem desenvolveu esta nova tecnologia:</u></p> <p style="text-align: right;">Questão: 8/ quinta coluna^a</p> <p>(E) principalmente outra empresa do grupo e/ou matriz (F) principalmente outra empresa do grupo e/ou matriz, mas com alguma adaptação interna realizada pela empresa (G) a empresa em parceria com outra empresa do grupo e/ou matriz (H) principalmente outra empresa do setor → Qual? (I) principalmente outra empresa, mas c/ alguma adaptação interna (J) a empresa em parceria com outras empresas (K) principalmente universidades, institutos de pesquisa, outras instituições (L) principalmente (K), mas com alguns esforço para adaptação por parte da empresa (M) a empresa em parceria c/ universidades, institutos de pesquisa, outras instituições (N) apenas a empresa → neste caso, identificar o departamento ou unidade responsável</p>
<p>Estas alternativas não devem necessariamente ser apresentadas ao entrevistado. O pesquisador pode explorar a resposta, buscando identificar as informações necessárias para classificar a (s) mudança (s) segundo os critérios abaixo.</p>	

Mudança Tecnológica (Produto)	Novidade para (A - D)	Gerada por (E - N)	Local (O - P)

18) Os resultados decorrentes da (s) mudança tecnológica nos produtos foram conforme pretendido? Preencher a tabela conforme quadro abaixo.

	1	2	3	4
Objetivo	Não relevante	Pouco importante	Importância moderada	Crucial
Resultado	Não atingido	Pouco expressivo	Significativo	Plenamente atingido

Objetivo/Resultado da mudança tecnológica	Objetivo (1-4)	Resultado (1-4)
I) Receita/Faturamento		
Manter <i>market-share</i>		
Ampliar <i>market-share</i> mercado interno		
Aumentar vendas no mercado interno		
Ampliar <i>market-share</i> mercado externo		
Aumentar exportações		
Desenvolver novos mercados		
Diversificar		
Melhorar qualidade dos produtos		
Adequar às condições da demanda/cliente		
II) Custos		
Melhorar produtividade		
Reduzir consumo de matérias primas		
Adequar à disponibilidade de matéria-prima		
Reduzir o tempo de desenvolvimento (<i>lead time</i>)		
III) Diversos		
Reduzir danos ambientais		
Enquadramento em regulações/normas padrão (Brasil)		
Enquadramento em regulações/normas padrão (Exterior)		
Outros (especifique)		

19) Houve dificuldades/obstáculos para realização das mudanças tecnológicas acima mencionas? Particularmente, nos casos em que os resultados pretendidos não foram totalmente atingidos.

NÃO

SIM

19a) Quais foram?

19b) Algumas delas foram superadas? Se sim, de que maneira?

19c) Quais persistem?

IV.2) Mudança Tecnológica - PROCESSO

20) Identifique e classifique as principais tecnologias e/ou praticas organizacionais associadas ao processo produtivo da [empresa/unidade investigada].

O objetivo destas questão é identificar quais as tecnologias e competências estão associadas ao processo produtivo da empresa, classificando-as em termos da sua importância a competitividade e identificando a situação da empresa em relação as mesmas.

Preencha a tabela a seguir de acordo com as opções apresentadas no quadro abaixo:

2ª coluna: <u>característica tecnologia</u> (A) estável, ou (B) em mudança constante (C) difundida ou (D) nova (fase inicial do ciclo)	3ª coluna: <u>situação da empresa</u> (A) utiliza (B) não utiliza		
4ª coluna: <u>importância para competitividade</u>			
1	2	3	5
sem importância	pouco importante	importante	crucial

Tecnologia de processo e/ou Práticas organizacionais	Características (A ou B/C ou D)	Situação da empresa	Importância p/ competitividade
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Observações: _____

21) Entre 1999-2002, ocorreu alguma mudança de caráter tecnológico e/ou organizacional nos principais **processos produtivos** da [empresa/unidade investigada]? Em caso afirmativo, comente sobre os impactos/efeitos da (s) mudança sobre a produtividade, faturamento e posição competitiva da [empresa/unidade investigada].

SIM

21a) Quais?

Impactos/Efeitos:

NÃO, nenhum tipo de mudança

22) Relacionar a (s) principal (s) mudança (s) de processo. Preencha a tabela a seguir de acordo com as opções apresentadas no quadro abaixo **Questão 21ª**

O objetivo destas questão é identificar a natureza da mudança tecnológica, principalmente nos casos em que a questão anterior foi formulada e/ou respondida em termos de “inovação”.

<p>1ª coluna: <u>representou uma novidade para:</u></p> <p style="text-align: right;">Questão: 25</p> <p>(A) o mercado mundial (B) o mercado regional (C) o mercado nacional (D) apenas para a empresa → indicar há quanto tempo os concorrentes introduziram esta mudança?</p> <p>3ª coluna: <u>onde foi desenvolvida</u></p> <p style="text-align: right;">Questão: 25</p> <p>(O) principalmente no Brasil (P) principalmente no exterior → em que país?</p>	<p>2ª coluna: <u>quem desenvolveu esta nova tecnologia/equipamento:</u></p> <p style="text-align: right;">Questão: 25</p> <p>(E) principalmente outra empresa do grupo e/ou matriz (F) principalmente outra empresa do grupo e/ou matriz, mas com alguma adaptação interna realizada pela empresa (G) a empresa em parceria com outra empresa do grupo e/ou matriz (H) principalmente outra empresa do setor → Qual? (I) principalmente outra empresa, mas c/ alguma adaptação interna (J) a empresa em parceria com outras empresas (K) principalmente universidades, institutos de pesquisa, outras instituições (L) principalmente (K), mas com alguns esforço para adaptação por parte da empresa (M) a empresa em parceria c/ universidades, institutos de pesquisa, outras instituições (N) apenas a empresa → neste caso, identificar o departamento ou unidade responsável</p>
<p>Estas alternativas não devem necessariamente ser apresentadas ao entrevistado. O pesquisador pode explorar a resposta, buscando identificar as informações necessárias para classificar a (s) mudança (s) segundo os critérios abaixo.</p>	

Mudança tecnológica/organizacional (processo)	Novidade para (A-D)	Gerada por (E-N)	Local (O-P)

23) Os resultados decorrentes das mudanças no processo produtivo foram conforme pretendido?

	1	2	3	4
Objetivo	Não relevante	Pouco importante	Importância moderada	Crucial
Resultado	Não atingido	Pouco expressivo	Significativo	Plenamente atingido

Objetivo/Resultado da mudança tecnológica	Objetivo (1-4)	Resultado (1-4)
I) Receita/Faturamento		
Manter <i>market-share</i>		
Ampliar <i>market-share</i> mercado interno		
Ampliar <i>market-share</i> mercado externo		
Aumentar vendas no mercado interno		
Aumentar exportações		
Desenvolver novos mercados		
Diversificar		
Melhorar qualidade dos produtos		
Adequar às condições da demanda/cliente		
II) Custos		
Melhorar o desempenho da capacidade produtiva		
Reduzir custos do trabalho		
Reduzir consumo de matérias primas		
Reduzir consumo de energia		
Melhorar produtividade		
Adequar à disponibilidade de matéria-prima		
Adequar às condições da oferta de mão de obra		
Aumentar flexibilidade da produção		
Reduzir o tempo de desenvolvimento (<i>lead time</i>)		
III) Diversos		
Melhorar segurança no trabalho		
Reduzir danos ambientais		
Enquadramento em regulações/normas padrão (Brasil)		
Enquadramento em regulações/normas padrão (Exterior)		
Outros (especifique)		

24) Houve dificuldades/obstáculos para realização das mudanças tecnológicas e/ou organizacionais mencionada acima? Particularmente, nos casos em que os resultados pretendidos não foram totalmente atingidos.

NÃO

SIM

24a) Quais foram?

24b) Algumas delas foram superadas? Se sim, de que maneira?

24c) Quais persistem?

IV.3) Mudança Tecnológica – PRODUTO E PROCESSO

25) Qual a estratégia da [empresa/unidade investigada] para proteger os conhecimentos associados a novas tecnologias de produto e/ou processo, nos casos em que contribuiu para seu desenvolvimento?

Patentes, segredo, defasagem temporal, aprendizado....

Questões 17 e 22 (F, G, I, J, L, N e 17ª)

25a) Se subsidiária de multinacional estrangeira, como a estratégia acima está associada à estratégia mundial da corporação?

Questão 13

25b) A [empresa/unidade investigada] depositou alguma patente referente à mudança tecnológica nos seus produtos e/ou processo? Se sim, informar o número de patentes e a base de depósito (INPI, WIPO/PCT, EPO...).

SIM, no Brasil Quantas? _____ Base de depósito? _____

SIM, no Exterior Quantas? _____ Base de depósito? _____

NÃO

25c) A [empresa/unidade investigada] possui publicação científica associada à mudança tecnológica nos seus produtos e/ou processo? (apenas publicação a partir da (s) unidade brasileira)

NÃO

SIM, indicar as referências:

26) A [empresa/unidade investigada] EFETUOU algum pagamento referente às mudanças tecnológicas e/ou organizacionais recentes nos seus produtos e/ou processos produtivos (não inclui pagamento a funcionários)? Indique o valor envolvido e o destino do pagamento (Brasil ou exterior)

Modalidade de pagamento	Sim	Não	Valor	Origem
serviços tecnológicos				
licença para exploração de patentes				
licença para uso de marcas				
franchising				
serviços de pesquisa				
serviços de desenvolvimento				
know-how				
softwares e outros				
máquinas, equipamentos, hardware				
testes, análises, pareceres técnicos				
outros (especifique)				
TOTAL gastos com aquisição de tecnologia				

27) A [empresa/unidade investigada] RECEBEU algum pagamento referente às mudanças tecnológicas e/ou organizacionais recentes nos produtos e/ou processos produtivos? Indique o valor envolvido e a origem do pagamento (Brasil ou exterior)

Modalidade de pagamento	Sim	Nã o	Valor	Origem
serviços tecnológicos				
licença para exploração de patentes				
licença para uso de marcas				
<i>franchising</i>				
serviços de pesquisa				
serviços de desenvolvimento				
<i>know-how</i>				
<i>softwares</i> e outros				
testes, análises, pareceres técnicos				
outros (especifique)				
Total recebimentos				

V) Recursos para as atividades e mudança tecnológica

28) Quais as fontes de recursos para financiamento das atividades tecnológicas realizadas internamente pela [empresa/unidade investigada] e para aquisição de tecnologias de produto e/ou processo de agentes externos à [empresa/unidade investigada]? Indicar o valor dos recursos liberados para o ano mais recente disponível

Fonte de recursos	Atividade Interna (R\$ ou US)	Aquisição de tecnologia (R\$ ou US)	Total (R\$ ou US) Ano: _____	%
recursos próprios				
recursos de empresas associadas/matriz				
recursos de outras empresas no Brasil				
recursos públicos				
bancos privados				
outros organismos internacionais				
outros (especifique)				

29) No caso da [empresa/unidade investigada] receber suporte governamental, preencher a tabela abaixo indicando a agência (FINEP, BNDES, SEBRAE, CNPq, etc), o programa a que se engajou e o montante dos recursos envolvidos (e o ano)

Agência	Programa	Valor/Ano

Observações: _____ _____ _____

30) A [empresa/unidade investigada] teve algum projeto tecnológico apresentado a agências governamentais que tenha sido negada a liberação de recursos?

NÃO

SIM: Qual a razão?

31) A [empresa/unidade investigada] deixou de solicitar recursos a agências governamentais para projetos tecnológicos que pretendia/pretende desenvolver?

NÃO

SIM: Qual a razão?

32) Qual a avaliação da [empresa/unidade investigada] das linhas de financiamento público atualmente disponíveis para projetos tecnológicos?

1) Questionário

a) Parceiros de risco:

Nome da Empresa: _____

1. Natureza (produto) _____

2. Localização _____

3. O q. faz no Brasil _____

4. Qual a principal atividade da matriz _____

5. Design/Co-design (em que) _____

6. Mecanismos p/ integração de informações (comunicabilidade) _____

7. Fornecedor exclusivo da Embraer **no setor** ()SIM ()NÃO
8. Qual mais _____

9. Diferencial do produto _____

10. Ganho (pela Embraer) no processo de aprendizagem e capacitação?
() NÃO () SIM
11. Qual? _____

12. Natureza? _____

13. Processo? _____

14. Produto? _____

15. Já era parceiro da Embraer em outros projetos? () NÃO ()SIM

16. Quais? _____

17. Já trabalha na aeronáutica? ()NÃO ()SIM
18. Em que? _____

19. Ouve algum tipo de transferência de know-how? ()NÃO ()SIM
20. Qual? _____

21. Trabalha em algum outro setor? ()NÃO ()SIM
22. Qual? _____

23. Quais as proporções no volume de vendas? _____

24. Algum tipo de certificação? () NÃO () SIM
25. Qual (is)? _____

26. ISO (s)? () NÃO () SIM
27. Qual (is)? _____

28. Esta submetido a algum tipo de controle e/ou fiscalização por parte da Embraer?
29. _____

30. O que levou a estratégia de adoção desta parceria?

31. Desenvolveu algum tipo de inovação de processo e/ou produto?

32. Qual a principal fonte de informação tecnológica?

33. Desenvolve algum tipo de P&D no local?

34. Se desenvolve quantas pessoas estão envolvidas nesta atividade?

35. Como pode ser classificada a relação com o Centro (CTA) de pesquisa? Possui algum tipo de relação com outros centros?

36. Quais as principais características tecnológicas de suas atividades?

37. Como pode ser definida a estratégia da matriz em relação a filial no que diz respeito a atividade de P&D e atividade fabril?

38. Quais os aspectos determinantes para a determinação do local da planta?

39. Existe autonomia, da planta, na tomada de decisões por investimentos?

40. Qual tipo de relação que a empresa mantém com o Distrito?

41. Adota o conceito de produção “enxuta”?

42. Qual o principal retorno?

43. Adota o conceito de produção modular?

44. Qual o principal retorno?

45. Utiliza, utilizou ou pretende utilizar alguma linha de crédito do governo para financiamento de atividades tecnológicas? Conhece as linhas oferecidas? Qual sua opinião a respeito das políticas públicas de fomento a P&D?

b) Fornecedores Nacionais (origem de capital nacional):

Nome da Empresa: _____

1. Natureza (produto) _____

2. Localização _____

3. O q. faz no Brasil _____

4. Qual a principal atividade da matriz _____

5. Design/Co-design (em que) _____

6. Mecanismos p/ integração de informações (comunicabilidade) _____

7. Fornecedor exclusivo da Embraer **no setor** ()SIM ()NÃO
8. Qual mais _____

9. Diferencial do produto _____

10. Ganho (pela Embraer) no processo de aprendizagem e capacitação?
() NÃO () SIM
11. Qual? _____

12. Natureza? _____

13. Processo? _____

14. Produto? _____

15. Já era parceiro da Embraer em outros projetos? () NÃO ()SIM
16. Quais? _____

17. Já trabalha na aeronáutica? ()NÃO ()SIM
18. Em que? _____

19. Ouve algum tipo de transferência de know-how? ()NÃO ()SIM

20. Qual? _____

21. Trabalha em algum outro setor? NÃO SIM
22. Qual? _____

23. Quais as proporções no volume de vendas? _____

24. Algum tipo de certificação? NÃO SIM
25. Qual (is)? _____

26. ISO (s)? NÃO SIM
27. Qual (is)? _____

28. Esta submetido a algum tipo de controle e/ou fiscalização por parte da Embraer?
29. _____

30. O que levou a estratégia de adoção desta parceria?

31. Desenvolveu algum tipo de inovação de processo e/ou produto?

32. Qual a principal fonte de informação tecnológica?

33. Desenvolve algum tipo de P&D no local?

34. Se desenvolve quantas pessoas estão envolvidas nesta atividade?

35. Como pode ser classificada a relação com o Centro (CTA) de pesquisa? Possui algum tipo de relação com outros centros?

36. Quais as principais características tecnológicas de suas atividades?

37. Como pode ser definida a estratégia da matriz em relação a filial no que diz respeito a atividade de P&D e atividade fabril?

38. Quais os aspectos determinantes para a determinação do local da planta?

39. Existe autonomia, da planta, na tomada de decisões por investimentos?

40. Qual tipo de relação que a empresa mantém com o Distrito?

41. Adota o conceito de produção “enxuta”?

42. Qual o principal retorno?

43. Adota o conceito de produção modular?

44. Qual o principal retorno?

45. Utiliza, utilizou ou pretende utilizar alguma linha de crédito do governo para financiamento de atividades tecnológicas? Conhece as linhas oferecidas? Qual sua opinião a respeito das políticas públicas de fomento a P&D?

Anexo 2

Quadro A.2 - Empresas visitadas e entrevistadas durante a pesquisa (localizadas no Brasil)

Empresa	Área	Cidade
Embraer	Integração	São José dos Campos
CTA	Centro de P&D	São José dos Campos
Automata	Industrial	Taubaté
Mirage	Industrial	São Jose dos Campos
SPU	Industrial	Caçapava
Alltec	Compostos	São José dos Campos
Tecplass	Compostos	São José dos Campos
Aeroserv	Serviços	São José dos Campos
Compoende	Serviços	Tremembé
Metinjo	Serviços	São José dos Campos
Leg	Serviços	São José dos Campos
Polycad	Eng. <i>Design</i>	São José dos Campos
C&D	Interiores	Jacareí
Pilkington	Janelas	São José dos Campos
Sonaca	Fuselagem e estruturas	São José dos Campos
GE – CELMA	Turbinas	Petrópolis
Rolls-Royce	Turbinas	São Bernardo do Campo
Honeywell	Sistema Aviônico	São José dos campos
Parker Hannifin Corporation	Sistemas Aeronáuticos	Taubaté
Eleb-Liebherr	Trem de pouso	São José dos Campos
Akaer	eng. <i>Design</i>	São José dos Campos
Melbo	eng. <i>Design</i>	Caçapava
Atech	Software	São Paulo
Aeromot	Integração	Porto Alegre
HTA	Consórcio de empresas	São José dos Campos