

MÉTODO DE APOIO À DECISÃO À POLÍTICA INDUSTRIAL DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA –

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM CAPACIDADES TECNOLÓGICAS (MAVITEC)

Dra. Josiane de Araújo Francelino (INPE)



**São José dos Campos,
Maio de 2021**





Pesquisadora Bolsista PCI-DC do Núcleo de Inovação Tecnológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Economista, Mestre em Economia e Doutora pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com a tese:



“Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação Tecnológica da Indústria Aeronáutica Brasileira.”

Minhas principais linhas de pesquisas são: valoração de tecnologias aeroespaciais, mapeamento das capacidades tecnológicas da indústria aeroespacial brasileira, impactos tecnológicos das aquisições de defesa, e dinâmica de inovação da indústria de sistemas complexos.

SUMÁRIO

Apresentar a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) adaptada ao setor aeronáutico e espacial Brasileiro:

Francelino, J. A., 2016; Francelino *et al* 2019.

Como instrumento de avaliação de impactos de Programas de Defesa e *Offsets*.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM CAPACIDADES TECNOLÓGICAS – MAVITEC

Atende à dois importantes desafios:

- 1) **Avaliar o impacto** dos Programas de Defesa e dos *Offsets*;
- 2) **Identificar as capacidades** tecnológicas da empresa (abrir a “caixa da preta” da inovação).

Como isso é feito?

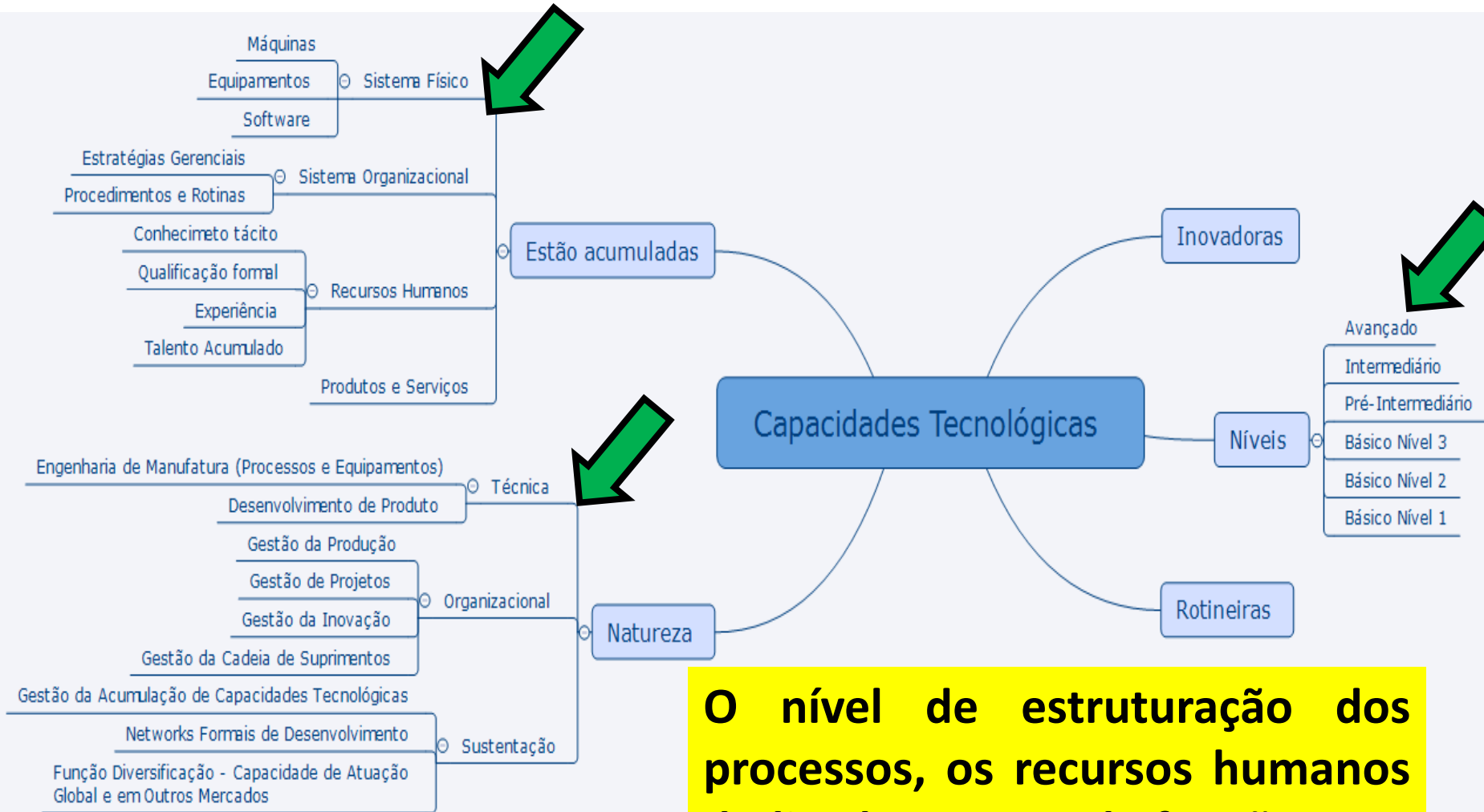
Mapeamento do nível de estruturação dos processos e dos recursos dedicados para cada **Função Tecnológica** da empresa.

⇒ **Desagregar as atividades por áreas**

⇒ **Facilitar a coleta de dados e parametrização dos resultados**

⇒ **Específicas para cada segmento industrial (flexibilidade)**

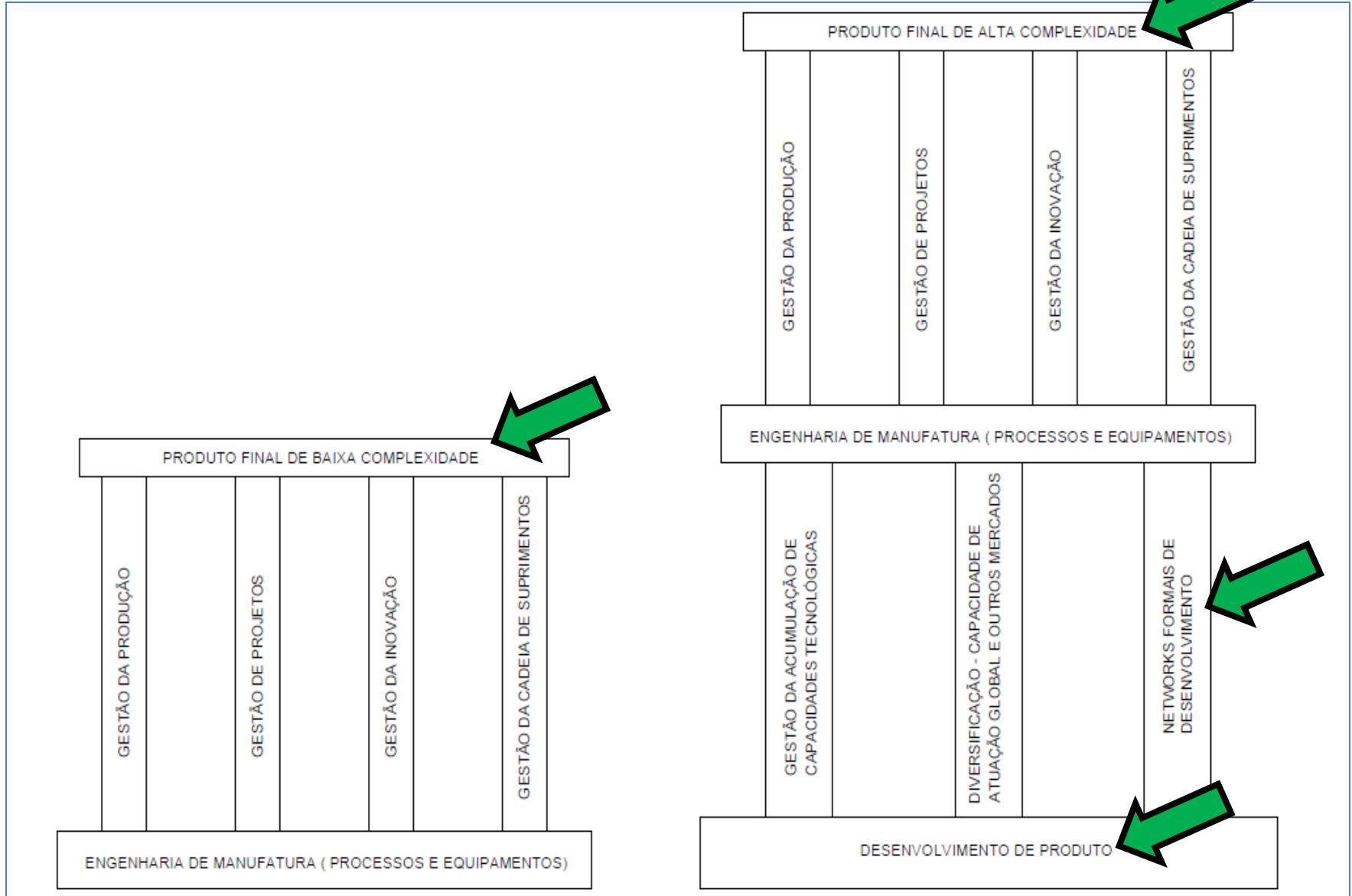
CONCEITO CENTRAL NA ANÁLISE: CAPACIDADES TECNOLÓGICAS



Fonte: Francelino (2016, p. 208)

O nível de estruturação dos processos, os recursos humanos dedicados para cada função, e os equipamentos empregados.

REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL DOS PILARES DO MODELO



ENGRENAGENS DO MODELO

**PARTICIPAÇÃO ATIVA EM PROGRAMAS
DESENVOLVIMENTOS DE TECNOLOGIAS**

**GERENCIAMENTO ESTRATÉGICO
DAS FUNÇÕES DE SUSTENTAÇÃO**



**ACUMULAÇÃO SISTEMÁTICA DE
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS**

FUNÇÕES DE SUSTENTAÇÃO – MAVITEC

1. Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

Processos estruturados para a **captação de conhecimento tecnológico novo, codificado e tácito**.

- => atividades externas com organizações mais maduras;
- ⇒ atividades internas para a resolução de problemas;
- ⇒ Atividades internas de P&D;
- ⇒ base de conhecimento interno (qualificação de seus recursos humanos).

FUNÇÕES DE SUSTENTAÇÃO – MAVITEC

2. Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados

Processos estruturados para a **busca sistemática de novos mercados e novas oportunidades.**

⇒ Dentro do Brasil;

⇒ No exterior;

⇒ Dentro da mesma indústria;

⇒ E em outras indústrias;

***** Usando a mesma base de recursos de produção.**

FUNÇÕES DE SUSTENTAÇÃO – MAVITEC

3. Função *Networks* Formais de Desenvolvimento

Contratos formais de atividades de desenvolvimento de novos processos e/ou novos produtos **com organizações que se encontram em níveis de complexidades mais elevados em relação à empresa.**

=> Contratos que agreguem conhecimento tecnológico novo capaz de gerar vantagem competitiva = **Programas de Defesa e Offsets.**

FUNÇÕES TÉCNICAS – MAVITEC

4. Função Desenvolvimento de Produto

Existência de uma estrutura para **desenvolvimento de novos produtos** e formas pelas quais a empresa acessa novos mercados.

- ⇒ Engenharia reversa;
- ⇒ Requisitos de produtos;
- ⇒ Desenvolvimento requisitos técnicos e arquitetura do sistema;
- ⇒ Dependência de outros agentes para atividades de desenvolvimento.

FUNÇÕES TÉCNICAS – MAVITEC

5. Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos)

Busca captar o nível de complexidade tecnológica da empresa, em termos da **complexidade dos produtos que são produzidos**.

⇒ Nível de sofisticação do maquinário empregado;

⇒ Quantidade do maquinário;

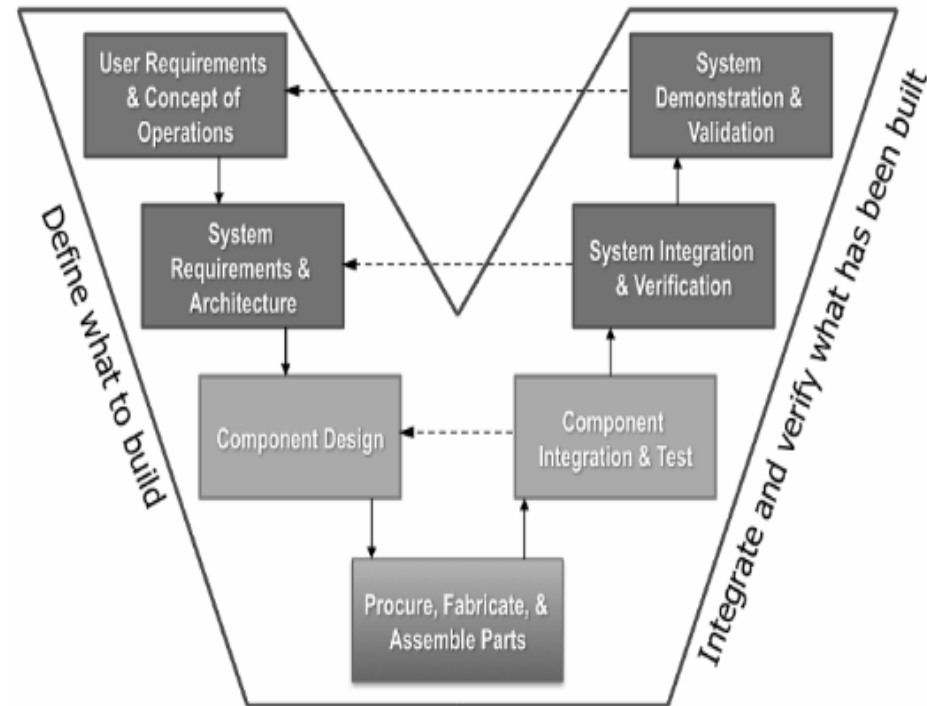
⇒ Capacidade de desenvolver novos processos para a empresa e para a indústria.

6. Função Engenharia de Sistemas

Processos estruturados para:

=> Decomposição da **arquitetura do sistema, subsistema, componentes, e das interfaces existentes** (descida do “V”);

=> **Integração do sistema** (subsistemas, partes e componentes); **verificação e validação** do sistema em operação, conforme os requisitos inicialmente planejados (**subida do “V”**).



SAUSER, B. *et al.* Integration maturity metrics: development of an integration readiness level. **Information Knowledge Systems Management**, v. 9, p. 17-46, 2010 – p.18.

FUNÇÕES ORGANIZACIONAIS – MAVITEC

7. Função Gestão da Produção

Processos de gestão maduros, sobretudo quanto à existência de um **ERP** (*Enterprise Resource Planning*) com um bom status de execução, ao uso contínuo de **ferramentas Lean**, ao uso contínuo de **ferramentas avançadas da qualidade**, uso contínuo do **mapeamento de fluxo de valor**, etc.

8. Função Gestão de Projetos

Processos estruturados de gerenciamento de projetos, com **prática de transferência de conhecimento** entre os projetos.

FUNÇÕES ORGANIZACIONAIS – MAVITEC

9. Função Gestão da Cadeia de Suprimentos

Processos estruturados de **gerenciamento de fornecedores com gestor dedicado**.

10. Função Gestão da Inovação

Processos estruturados para gerenciamento da inovação: **estrutura de P&D**, presença do **gerente de inovação**, times de inovação, envolvimento de toda a organização. **Uso de ferramentas de inovação**: discussões, fóruns, seminários, salas de inovação.

POSSIBILIDADES DE VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

MAVITEC Usinagem Aeronáutica

Empresas A, B C, D, E, F, G, H, I, J

Francelino, J. A. ; Urbina, L. M. S.; Furtado, A. T.: Artigo em desenvolvimento.

Por Funções Tecnológicas

Funções de Sustentação

**Função Gestão da Acumulação
de Capacidade Tecnológicas**

**Função Diversificação – Capacidade de Atuação
Global e em Outros Mercados**

**Função *Networks* Formais
de Desenvolvimento**

Quanto mais próximo do centro do gráfico em radar, mais desestruturados estão os processos para aquela função.

Funções Técnicas

Função Desenvolvimento de Produto

**Função Engenharia da Manufatura
(Processos e Equipamentos)**

Funções Organizacionais

Função Gestão da Produção

Função Gestão de Projetos

**Função Gestão da Cadeia
de Suprimentos**

Função Gestão da Inovação

POSSIBILIDADES DE VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

MAVITEC Embraer

Trajetória tecnológica induzida por Programas de Defesa

Por Funções Tecnológicas

MAVITEC Embraer

How public policies have shaped the technological progress in the Brazilian aeronautics industry: Embraer case

Josiane de Araújo Francelino,^{1,*} Ligia Maria Soto Urbina,²
André Tosi Furtado³ and Milton de Freitas Chagas Jr.⁴

EMITeC Technological Functions	Subcategories	AM-X	AL-X
Product Development	System Architecture Development	The development of the "Brazilian Version", AM-X aircraft with Brazilian specificities. The development and manufacturing of 30% of the aircraft, which means the wings. Introduction of CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing). The manufacturing under license of the landing gear (EDE).	No technological leap.
	Avionics	Digital transmission system: revolution on the instruments on board. At the beginning of the production of Brasília, there were 10 people working in the area, with the AM-X that number increased to 60 specialists, many of whom were trained in Italy and worked directly in the program abroad.	Incorporation of current technology for avionics (embedded electronics), armament and sensors. Control, update and maintenance of the operational software. Autonomy for the integration of new systems and sensors, as well as local logistical support. Advanced capabilities for the integration of cutting-edge systems.
	Flight Controls	The first contact with Fly-by-Wire System.	No technological leap.
	Flight Test	AM-X aircraft needed sophisticated tests (inertial navigation system with accuracy check and photographic reconnaissance system), flight quality tests (stability and control) and performance with dynamic maneuvers (calculation of aerodynamic parameters in flight maneuvers). Increased the specialization of labor.	No technological leap.
	Integration	Partnership with Italian firms (Aeritalia and Aermacchi).	Integration of the aircraft. Integration capability of state-of-the-art in avionics from Elbit.

TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA EMBRAER

- No gráfico a seguir, é plotado o estoque de capacidades tecnológicas da Embraer para diferentes modelos de aeronaves (civis e militares) contra o tempo no eixo horizontal.
- A trajetória de desenvolvimento de uma transição bem-sucedida de um estoque acumulado de capacidades tecnológicas para outro tomará a forma de um conjunto de **curvas em “S”**.

TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA EMBRAER INDUZIDA POR PROGRAMAS PÚBLICOS

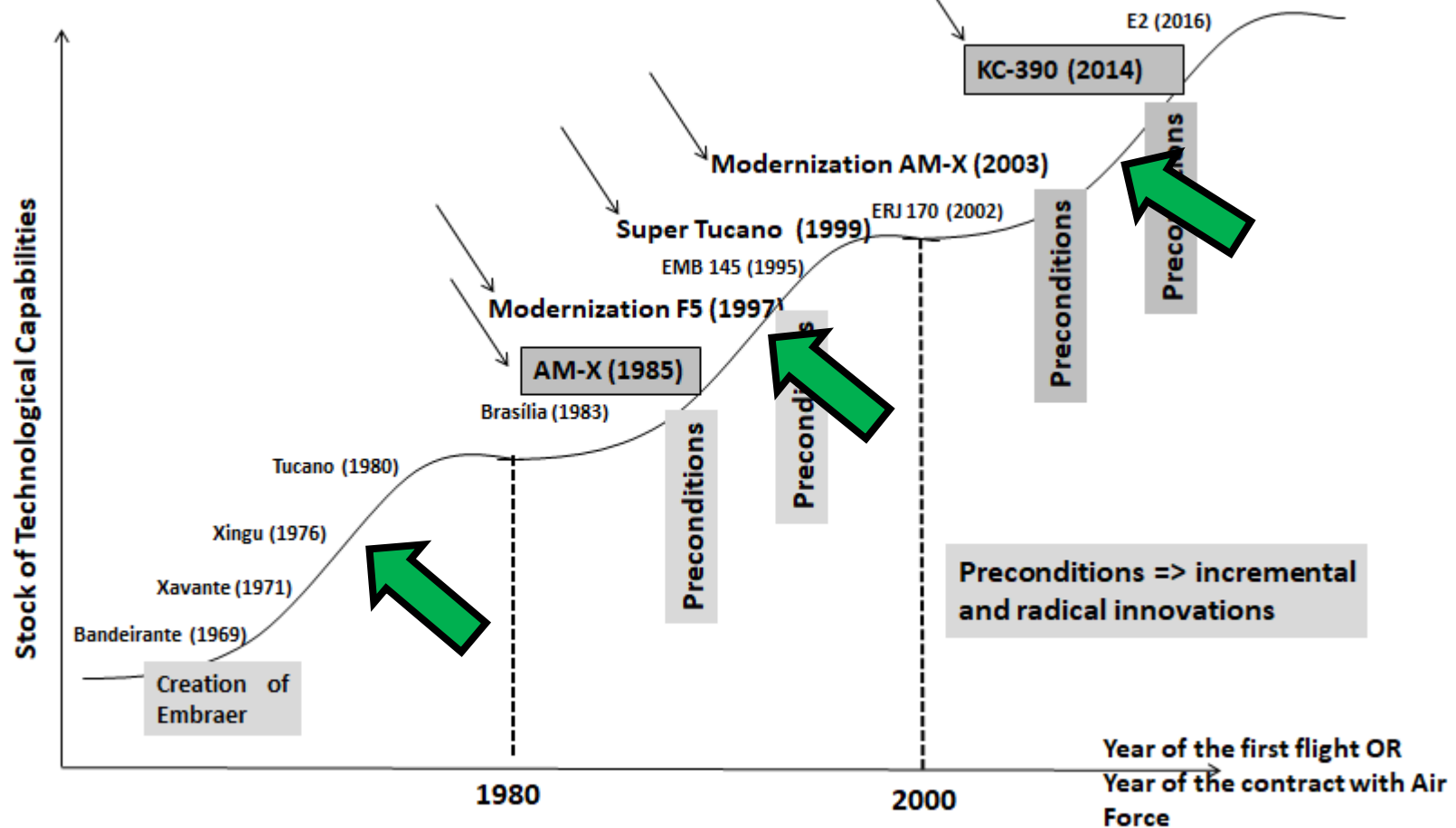


Figure 1. Embraer's technological path through its aircraft models. Own elaboration based on research and fieldwork.

How public policies have shaped the technological progress in the Brazilian aeronautics industry: Embraer case

Science and Public Policy, 2019, Vol. 46, No. 6

Josiane de Araújo Francelino,^{1,*} Ligia Maria Soto Urbina,²
André Tosi Furtado³ and Milton de Freitas Chagas Jr⁴

TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA EMBRAER

- **PRIMEIRA CURVA “S”:** Engloba os primeiros programas da empresa, nos quais a empresa aprendeu a realizar a **produção em série de aeronaves**. Encomenda de 80 unidades do Bandeirante; 112 unidades de Xavante **totalizaram cerca de US \$ 1,2 bilhões**, foi um impulso inicial poderoso para uma empresa que havia apenas começado.
- **SEGUNDA CURVA “S”:** Engloba os programas que proporcionaram significativos saltos tecnológicos para a Embraer, como o **programa civil, Brasília, e o programa militar, AM-X**. **Aquisição da capacidade técnica para desenvolver e fabricar as asas, aquisição de know-how dos sistemas de trem de pouso, componentes hidráulicos, sistema Fly-by-Wire, sistema propulsor turbofan;** etc. **PROGRAMA INDUSTRIALIZAÇÃO COMPLEMENTAR (PIC): ELEB, CELMA, AEROELETRÔNICA.**
- **TERCEIRA CURVA “S”:** Representa o último e mais recente salto tecnológico da Embraer, promovido pelo **Programa KC-390**. **O desenvolvimento, a engenharia e a integração do KC-390 traduzem o grande esforço de conteúdo local desta aeronave. Desenvolvimento de todo o sistema Fly-by-Wire** da aeronave, o que ainda não havia sido feito nos programas anteriores; e **o desenvolvimento de um trem de pouso que suporta 84 toneladas**, um salto tecnológico expressivo para o segmento.

POSSIBILIDADES DE VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Mapeamento das capacidades necessárias/suficientes para determinadas tecnologias.

=> Dada a existência de uma determinada tecnologia em um conjunto de empresas, mapear quais são as características das capacidades existentes nessas empresas.

Por Funções Tecnológicas

POSSIBILIDADES DE VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Mapeamento das carências das empresas de um determinado setor/tecnologia/produto.

Definir as características necessárias para melhoramento interno das empresas para acumular/absorver o conhecimento.

Por Funções Tecnológicas

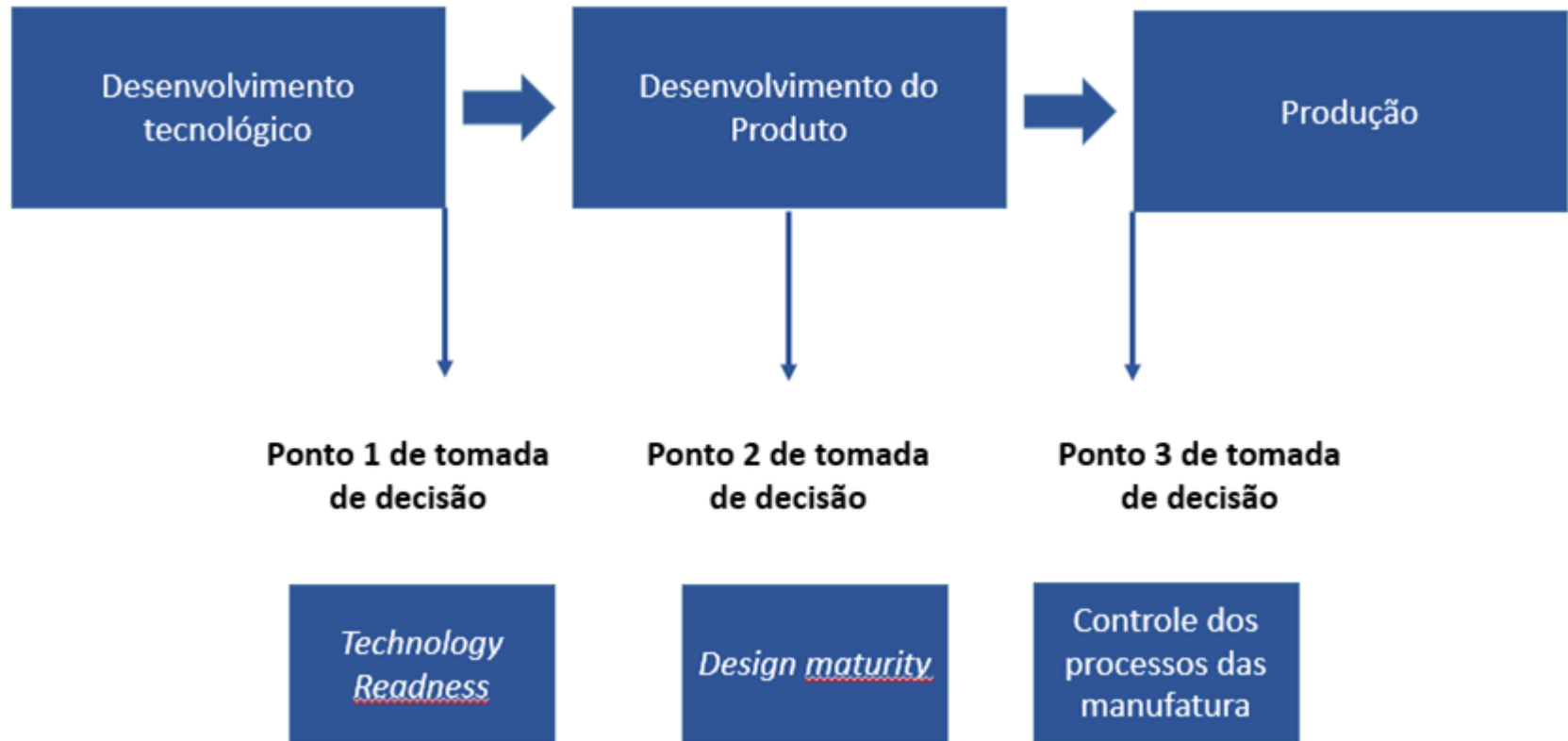
PREMISSAS PARA UMA TRAJETÓRIA DE ACUMULAÇÃO TECNOLÓGICA ASCENDENTE

- O acúmulo de capacidades tecnológicas depende do **desenvolvimento contínuo de tecnologias**, em uma sequência ascendente, o que gera continuidade no desenvolvimento do conhecimento.
- Cada Programa de Aquisição de Aeronaves e Satélites, bem como os *Offsets* decorrentes, devem representar um avanço para a empresa ao longo de sua trajetória tecnológica.
- Essa trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas depende da contratação direta dessas empresas para o **desenvolvimento de tecnologias** de fronteira para o Brasil.

PREMISSAS PARA UMA TRAJETÓRIA DE ACUMULAÇÃO TECNOLÓGICA ASCENDENTE

- Quando se tratar da aquisição de **um sistema complexo**, deve-se ainda considerar o **nível de maturação** das tecnologias a serem incluídas no sistema.
- Pois, **a maturação das tecnologias (TRL 4 a 6)** antes de serem incluídas no sistema é variável relevante para aumentar as chances de sucesso do programa dentro de custos e prazos previamente estabelecidos.
- **Tecnologias imaturas têm sido a principal fonte de problemas na gestão de sistemas complexos e de falhas de programa.**

Dinâmica de Inovação da Indústria de Sistemas Complexos Induzida por Compras Públicas



Ciclo de aquisição “ideal” de sistemas complexos.

Fonte: GAO (1999, p. 13)

GAO. Best Practices: Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes.

1999. <https://www.gao.gov/assets/160/156673.pdf>

A DINÂMICA DA INOVAÇÃO DA INDÚSTRIA CoPS AEROESPACIAL EM ECONOMIAS DE INDUSTRIALIZAÇÃO TARDIA, COMO O BRASIL

Chagas Jr., M. F. & Francelino: J. A.:
artigo em desenvolvimento.

CONCLUSÃO

A MAVITEC é uma ferramenta de mapeamento de:

1. Capacidades tecnológicas; e
2. Impactos tecnológicos induzidos por programas públicos.

As Funções Tecnológicas são concebidas de acordo com as especificidades de cada segmento industrial analisado. E aqui vale a pena lembrar que essa construção é um processo em constante evolução.

A MAVITEC oferece várias possibilidades de visualização dos resultados com potência:

- ⇒ para **apresentar a realidade de determinado segmento industrial**; e ,
- ⇒ para **balizar as ações orientadas dos *policy makers*** para adensamento da indústria aeroespacial.
- ⇒ Olhar estratégico sobre a necessidade de investimentos públicos para a maturação de tecnologias estratégicas que serão incluídas em sistemas de armas. Isso responde, em parte, porque a indústria não está pronta para atender as demandas de Defesa.

Produção Científica

- FRANCELINO, J. de A.; URBINA, M. L. S.; FURTADO, A. T.; CHAGAS Jr.; M. de F. “How Public Policies have shaped the Technological Progress in the Brazilian Aeronautics Industry: Embraer Case”, **Science and Public Policy**, 2019. DOI: 10.1093/scipol/scz030. <https://academic.oup.com/spp/article/46/6/787/5549866?login=true>
- FRANCELINO, Josiane de Araújo. A. **Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira**. 2016. 344f. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. <http://www.bdlita.bibl.ita.br/tesesdigitais/72754.pdf>
- FRANCELINO, J. A., Andrade, H. de S., & Chagas Jr., M. de F. (2019). ‘Considerações sobre o uso de TRL em projetos públicos de inovação’. Andrade H. de S., Chagas Jr. M. de F., & Silva M. B. (eds) **Avaliação de Maturidade: Conceitos e Aplicações**, pp. 211–26. Edições Brasil / Editora Fibra: Jundiaí.
- FRANCELINO, J. A.; URBINA, L. M. S.; FURTADO, A. T. The evaluation of Brazilian defense program: an overview. International Joseph A. Schumpeter Society, **26th Schumpeter Conference on Evolutionary Economics (ISS)**, Montreal, Canadá, de 6 a 8 de julho de 2016.
- FRANCELINO, J. A.; URBINA, L. M. S.; FURTADO, A. T. Looking for a Firm Level Model to Evaluate Sectorial Public Programs in Late Industrialized Countries: A Theoretical Review. **25th International Conference for Management of Technology – IAMOT**, Orlando, Flórida, Estados Unidos da América, de 15 a 19 de maio de 2016.
- FRANCELINO, J. A.; URBINA, L. M. S.; FURTADO, A. T.; DAMIANI, J. H. S. Impacts of the Aircraft AM-X’s Acquisition Program (1982-1994) on Technological Management Capability of the Brazilian Aeronautical Command. **XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão da Tecnologia – ALTEC 2015**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, de 19 a 22 de outubro de 2015.
- FRANCELINO, J. A.; URBINA, L. M. S.; FURTADO, A. T.; CABRAL, A. S.; DAMIANI, J. H. S. Impacts of the Aircraft AM-X’s Acquisition Program (1982-1994) on Technological Capability of Brazilian Aeronautical Industry Leader. Universidade das Nações Unidas - UNU-MERIT – **25th Anniversary Conference: Future Perspectives on Innovation and Governance in Development**, Maastricht, Países Baixos, de 26 a 28 de novembro de 2014.

OBRIGADA!!!

Dra. Josiane de Araújo Francelino - INPE

josifrancelino@yahoo.com.br

(12) 98264-9298



IDEA Grupo de Estudos em Inovação,
Desenvolvimento, Defesa e Aeroespço