



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Desenvolvimento da Indústria Aeroespacial Brasileira: Marcos de Desenvolvimento e Desafios Atuais

Josiane de Araujo Francelino

Doutora pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Autor Correspondente: josianefrancelino@gmail.com

Milton de Freitas Chagas Júnior

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Estrutura do Resumo Expandido

CONTEXTUALIZAÇÃO: A indústria aeronáutica brasileira surgiu com o objetivo de nacionalizar a capacidade de conceber e projetar aviões, com vistas a integração do território nacional. E isso foi possível a partir da construção de um sistema setorial de inovação, a partir da criação do Centro Tecnológico de Aeronáutica (antigo CTA, atual DCTA) em 1946 e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em 1950, o que forneceu as bases para a geração e difusão de conhecimento aeronáutico (Oliveira, 2005; Marques, 2011). Os anos que se seguiram foram marcados por uma relação muito intensa e madura entre o Comando da Aeronáutica (COMAER) e a principal empresa aeronáutica brasileira, a Embraer, que nasceu dentro do DCTA e depois foi privatizada (Francelino, 2016). Também houve transbordamentos dessa relação que convergiram para o dinamismo tecnológico da região de São José dos Campos (Santos, 2004). A indústria espacial brasileira também foi concebida dentro dessas fronteiras de geração de conhecimento. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o órgão do Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE) responsável pela execução dos projetos de satélites. E foi estabelecido desde seu início como uma organização civil, já antecipando as dificuldades de financiamento das atividades



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

espaciais dentro de uma organização militar, em uma área de propriedade do Comando da Aeronáutica. Muitos foram os programas públicos que impulsionaram essa indústria, como o programa de compra conjunto com a Itália, o caça AMX, na década de 1980 e sua modernização nos anos 2000, com inúmeros desenvolvimentos tecnológicos que alavancaram a Embraer; a parceria bem sucedida entre o COMAER e a Embraer para desenvolvimento de uma aeronave reconhecida em todo o mundo, o Super Tucano (AL-X); a modernização dos caças F5 comprados no exterior, a primeira frota comprada na década de 1970 e os Jordanianos em 2007, que colocaram o Brasil na fronteira dos sistemas de navegação e aviônicos, armamentos e sensores, e possibilitou a integração dos sistemas de todas as aeronaves da Força Aérea Brasileira, além do Offset que vendeu a Aeroeletrônica à Elbit Israelense (Francelino et al, 2019). Todos com uma série de transbordamento para a indústria aeroespacial brasileira. O mais recente dos programas é o avião de asa alta, inicialmente denominado KC-390, com motores a jato para busca e salvamento. Representa o último e mais recente salto tecnológico da Embraer. Seu desenvolvimento foi iniciado em 2009 (Francelino et al, 2019). O desenvolvimento, a engenharia e a integração do KC- 390 traduzem o grande esforço de conteúdo local desta aeronave, bem como o completo desenvolvimento do 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 (Francelino et al, 2019). Em relação ao setor espacial os programas mais expressivos para seu desenvolvimento foram o Programa MECB – Missão Espacial Completa Brasileira – o primeiro Programa Espacial Brasileiro, iniciado em 1979 para a produção e lançamento do SCD 1 (1993) e 2 (1998) pelo INPE, que objetivava fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional; que levou a construção do LIT – Laboratório de Integração e Testes (1987); bem como definiu a divisão de atividades para a construção da infraestrutura da base de lançamento e desenvolvimento do lançador, que ficou a cargo do DCTA. A cooperação do CNES da França foi fator importante nesse primeiro desenvolvimento (fonte: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/franca>). O segundo programa é o CBERS – *China-Brazil Earth Resources*



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Satellites – parceria inédita entre Brasil e China, e assim o Brasil ingressou no seleto grupo de países detentores da tecnologia de geração de dados primários de sensoriamento remoto, com a capacidade para monitorar seu imenso território com satélites próprios (Jesus et al, 2021). Os satélites lançados foram CBERS 1 e 2; CBERS 3 e 4; CBERS 4A. Com vários transbordamentos para a indústria nacional. Da análise desses programas, surgem duas questões essenciais para o melhor delineamento da política aeroespacial recente. Os programas públicos de desenvolvimento de sistemas complexos têm efetivamente levado a construção de capacidades tecnológicas avançadas nas empresas contratadas? Os programas têm direcionamento estratégico a ponto de suportar o avanço proporcionado em um programa e assim promover a evolução contínua e ascendente de tecnologias importantes para o futuro da indústria aeroespacial brasileira?

OBJETIVO: Este resumo objetiva apresentar insights extraídos da análise de cases da indústria aeroespacial brasileira (aeronáutica e espaço), a partir da premissa de que o acúmulo de capacidades tecnológicas de fronteira depende do desenvolvimento contínuo de tecnologias (Francelino et al, 2019), em uma sequência ascendente, que gere continuidade no desenvolvimento e no domínio (Chagas et al, 2017) do conhecimento tecnológico. Bem como alguns insights extraídos das boas práticas de aquisição dos EUA (GAO, 1999; Francelino et al, 2019b).

MÉTODO: Estudos de caso (Yin, 2003). Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com presidentes, diretores, gerentes, engenheiros e especialistas de 2009 a 2016 do Programa KC 390: Vice-presidência do Programa KC-390 da Embraer (2016); Departamento de Subcontratação da Embraer, responsável por fornecedores brasileiros (2016); Gerente Industrial Estratégico da Embraer (2016); Eleb, fabricante de trem de pouso da Embraer (2015); AEL Systems, empresa especializada em aviônica (2015); fundador da Embraer, Ozires Silva (2014). Foram realizadas entrevistas estruturadas com pequenas e médias de empresas do segmento de usinagem aeronáutica: Pan Metal, ThyssenKrupp Autômata, Mirage, Utec, Globo Usinagem, Finetornos, Magnaghi Friulli Aerospace, Lanmar, Planifer, Usimaza (2015 a 2016). Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas, com anotações detalhadas. Entre 2011 e 2024, o Instituto



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Tecnológico de Aeronáutica (ITA), sob a liderança de Ligia Maria Soto Urbina, com base em sua expertise, desenvolveu uma nova linha de pesquisa em avaliação de programas de defesa. Desde então, ela tem orientado teses de doutorado e dissertações que avaliam programas de defesa em grande profundidade, sobretudo no desenvolvimento de suas capacidades inovadoras. Para o setor espacial, foram realizadas entrevistas abertas para o caso da câmera MUX: gerente da MUX e Wide Field Imager (WFI) do INPE (2015-2016); gestores e pesquisadores do INPE diretamente envolvidos no CBERS, além de análise de documentação gerencial e técnica (2009-2014). Diversas anotações foram feitas ao longo das entrevistas. Não foi permitido gravar as entrevistas, mas os resultados foram validados (2015 e 2016). Adicionalmente, foi realizada uma entrevista com o Diretor da Opto Eletrônica, empresa terceirizada responsável pelo desenvolvimento da câmera MUX (2016), que foi gravada e transcrita (Pelegri et al, 2017). Os casos selecionados foram cuidadosamente analisados ao longo de um extenso período e sob diferentes perspectivas. Por meio dessa análise, foi possível observar como as compras públicas podem impulsionar a inovação em sistemas complexos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Os casos do setor aeronáutico e espacial brasileiro revelam os desafios envolvendo o desenvolvimento de sistemas complexos, e as implicações do baixo investimento em P&D. Uma ação complementar maturando as tecnologias do sistema, em paralelo, ao programa principal (função no “papel” das ICTs no Brasil) é crucial para o sucesso dos programas. O acúmulo de capacidades tecnológicas no setor aeroespacial depende do desenvolvimento contínuo de tecnologias, em uma sequência ascendente, o que gera continuidade no desenvolvimento e domínio do conhecimento tecnológico (Francelino et al, 2019). Cada programa de aquisição de aeronaves e satélites, bem como os Offsets decorrentes, devem representar um avanço para as empresas envolvidas, majoritariamente de capital nacional, ao longo de sua trajetória tecnológica. E essa trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas depende da contratação direta dessas empresas para o desenvolvimento de tecnologias de fronteira para o Brasil.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

CONSIDERAÇÕES FINAIS: Dentro do contexto da indústria aeroespacial – *mission-oriented programs* – o impulso inicial para que a inovação aconteça parte do pressuposto de que a participação ativa das firmas em programas públicos de desenvolvimento de tecnologias, aliado a processos de gerenciamento estratégico das funções que sustentam a acumulação das capacidades tecnológicas, leva a acumulação sistemática de capacidades tecnológicas inovadoras. Mas há a escassez de programas públicos dedicados ao desenvolvimento tecnológico que sejam desacoplados do desenvolvimento de um produto específico com alta visibilidade no mercado ou para o governo com implicações políticas (Chagas Jr. & Francelino, 2023). Nesse sentido, no contexto brasileiro o que parece prevalecer é o baixo orçamento para atividades pré-competitivas e a fraca divisão na alocação de recursos entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento de produto (Chagas Jr. & Francelino, 2023). Assim, caímos na armadilha de financiar desenvolvimento tecnológico com recursos de programas públicos para desenvolvimento de um sistema complexo, seja uma aeronave ou um satélite (Chagas Jr. & Francelino, 2023).

PALAVRAS-CHAVE: indústria aeroespacial brasileira, Embraer, capacidades tecnológicas, desenvolvimento de sistemas complexos

REFERÊNCIAS

Chagas Jr., M. de F., and Francelino, J. de A. (2023). “The dynamics of innovation in CoPS industries: evidence from the Brazilian aerospace industry.” **Technology Analysis and Strategic Management**, pages 4455-4470
<https://doi.org/10.1080/09537325.2023.2258423>

Chagas Jr., M. de F.; Leite, D. E. S.; Jesus, G. T. (2017). Coupled Processes as dynamics capabilities in systems integration. **Revista de Administração de Empresas (RAE)**, v. 57, n. 3, mai-jun 2017, p. 245-257.

Francelino, J. de A., Urbina, L. M. S., Furtado, A. T., and Chagas Jr., M. de F. (2019). “How public policies have shaped the technological progress in the Brazilian aeronautics industry: Embraer case.” **Science and Public Policy**, 46(6), 787–804.
<https://doi.org/10.1093/scipol/scz030>



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Francelino, J. A., Andrade, H. de S., & Chagas Jr., M. de F. (2019b). “Considerações sobre o uso de TRL em projetos públicos de inovação”. In Andrade, H. de S.; Chagas Jr., M. de F.; Silva, M. B. (eds) **Avaliação de Maturidade: Conceitos e Aplicações**, p. 211–226. Edições Brasil / Editora Fibra: Jundiaí.

Francelino, J. de A. (2016). **Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira**, Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 345 p.

Government Accountability Office - GAO. (1999). Best Practices: Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes. In GAO/NSIAD-99-162 (Issue July). <http://www.gao.gov/products/NSIAD-99-162>

Jesus, G. T.; Itami, S. N.; Segantine, T. Y. F.; Chagas Jr., M. de F. (2021): “Inovation path and contingencies in the China-Brazil Earth Resources Satellite program”. *Acta Astronautica*, 178, p. 382-391. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.09.019>

Marques, Rosane Argou. **O desenvolvimento da capacidade para inovação: as pequenas e médias empresas do setor aeronáutico brasileiro**. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Oliveira, Luiz Guilherme (2005). **Cadeia de produção aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores EMBRAER**. 226 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas.

Pellegrini, F.; Sica de campos, a.; Chagas Jr., M. de F.; Furtado, A. (2017): “De alfinete a foguete: A Lei no 8.666 como arcabouço jurídico no programa China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) – um estudo de caso do fornecimento da câmera multi expectral regular (MUX) pela Opto Eletrônica (OPTO)”. In: A. T. Rauen (Org.); **Políticas de Inovação Pelo Lado da Demanda no Brasil**. p.289–327. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/politicas_de_inovacao_cap07.pdf

Santos, Isabel Cristina. **Um modelo estruturado de gestão do conhecimento em indústrias de base tecnológica: estudo de caso de uma empresa do setor aeronáutico**.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

2004. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

Yin, Robert K. **Case study research: design and methods**. 3 ed.[S.l.]: Sage Publications 2003.