

Transferência de Tecnologia em Aquisições Públicas no Setor Aeronáutico: capacitação em integração de sistemas na Atech

Technology Transfer in Public Procurements in the Aeronautical Sector: system integration capabilities at Atech

Gilberto Mohr Correa¹, Alexandre Carvalho Sergio², Dirceu Olímpio de Lima Duarte²

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil

²Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, São José dos Campos, SP, Brasil

Resumo

Este artigo aborda a transferência de tecnologia em aquisições públicas do setor aeronáutico. O objetivo do trabalho foi explorar como essa transferência pode ser efetivamente implementada por meio de exigências feitas a fornecedores estrangeiros (*offsets*). Adotou-se como metodologia um estudo de caso do Projeto E-99M da Força Aérea Brasileira (FAB), considerado um sucesso pelos praticantes. Os resultados indicam que a empresa sueca Saab transferiu para a brasileira Atech tecnologias avançadas relacionadas ao desenvolvimento e à integração de sistemas embarcados, fortalecendo capacidades tecnológicas da empresa brasileira referentes à integração de sistemas complexos. Concluiu-se que os *offsets*, se bem planejados e alinhados com as capacidades tecnológicas e os objetivos estratégicos do país receptor, podem ser uma ferramenta estratégica eficaz para a transferência de tecnologia, com potencial de aplicação em outros setores da economia.

Palavras-chave: Compras Públicas; Transferência de Tecnologia; Capacidades Tecnológicas.

Áreas Tecnológicas: Aeroespacial. Aviônica. Sistemas embarcados.

Abstract

This article addresses technology transfer in public procurements in the aeronautical sector. The goal is to explore how this transfer can be effectively implemented through requirements made to foreign suppliers (*offsets*). The methodology adopted is a case study of the Brazilian Air Force's E-99M Project, considered a success by practitioners. The results indicate that the Swedish company Saab transferred advanced technologies related to the development and integration of onboard systems to the Brazilian company Atech, strengthening the Brazilian company's technological capabilities in integrating complex systems. It concludes that *offsets*, when well-planned and aligned with the technological capabilities and strategic objectives of the receiving country, can be an effective strategic tool for technology transfer, with potential for application in other sectors of the economy.

Keywords: Public Procurement; Technology Transfer; Technological Capabilities



1 Introdução

O desenvolvimento do setor aeronáutico brasileiro representa um caso de sucesso na aplicação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento de um setor intensivo em tecnologia que se posiciona de maneira relevante no cenário global (Caliari; Ferreira, 2022). Entre os diversos instrumentos utilizados para o desenvolvimento do setor, destaca-se a realização de parcerias com fornecedores estrangeiros para a obtenção de transferência internacional de tecnologia, uma estratégia adotada em momentos-chave do desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira nos anos de 1970 e 1980 (Correa, 2018). O histórico dessa prática serviu para estabelecer, em 2002, a Política de Compensação Tecnológica Comercial e Industrial da Defesa (PComTIC Defesa), que impõe a obrigatoriedade da realização de contrapartidas, principalmente na forma de transferência de tecnologia, em aquisições de defesa brasileiras de grande valor realizadas com fornecedores estrangeiros.

Essa prática é amplamente difundida no mercado global relacionado a aquisições das forças armadas e é comumente chamada de *offset* pelos praticantes. O *offset* se insere na lógica de contrapartidas que têm como propósito negociar benefícios que superam a simples aquisição de produtos de prateleira mediante pagamento. Nesse racional, entidades governamentais exigem benefícios adicionais que promovam o desenvolvimento de atividades tecnológicas e industriais no país comprador, por meio de modalidades como a transferência de tecnologia, a subcontratação e o investimento. Esses benefícios são negociados em contratos, frequentemente chamados de acordos de compensação, que impõem às empresas estrangeiras a obrigação de fornecer opções a organizações locais. No caso brasileiro, a opção preferida é a transferência de tecnologia, com o objetivo de acumular conhecimento tecnológico no país, proporcionando autonomia tecnológica à nossa indústria, com destaque para o setor aeronáutico (Correa, 2018).

Recentemente, no âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB), essa estratégia tem sido aplicada em diversos programas, sendo o mais notável o Projeto F-X2, que envolve a aquisição de 36 aeronaves de caça Gripen e a significativa transferência de tecnologia proveniente da empresa sueca Saab. No entanto, casos recentes de *offsets* no setor aeronáutico evidenciam as dificuldades na implementação dessas transferências internacionais de tecnologia, com diferentes programas apresentando diversos níveis de sucesso (Correa; Urbina, 2021).

Além disso, a realização de *offsets* não está isenta de controvérsias, uma vez que muitos consideram que se trata principalmente de uma estratégia de propaganda para tornar mais palatáveis as aquisições de armamento, associando esses artefatos ao desenvolvimento econômico e social.

Em um setor permeado pelo sigilo e, relativamente, pouca atenção pública, pode-se dizer que a avaliação dos reais resultados desses programas ainda é insipiente.

Nesse sentido, é necessário um esforço para aprender com a experiência acumulada na implementação dos *offsets*, de modo a distinguir os fatores que contribuem para o seu sucesso e as condições que geram resultados não tão favoráveis. As lições aprendidas com o setor aeronáutico também podem ser valiosas para outros setores da economia, especialmente aqueles que realizam aquisições de grande vulto no exterior, como infraestrutura e saúde. Assim, o presente artigo pretende explorar como a aplicação de compensações em compras internacionais, também chamadas de *offsets*, pode contribuir para a efetiva transferência internacional de tecnologia a partir de um estudo de caso de um *offset* implementado com sucesso.

Analisar a transferência de tecnologia, no nível dos processos organizacionais que se desenrolam a partir de interações sociais, não é uma tarefa trivial. No caso do contexto abordado, soma-se a essas características o fato de que a inovação no setor aeronáutico ocorre no âmbito do desenvolvimento avançado de sistemas complexos. Conhecidos na literatura como *Complex Products and Systems* (CoPS), esses produtos se caracterizam por um grande número de componentes customizados cujo comportamento é complexo, exigindo o desenvolvimento a partir de grandes projetos que envolvem alianças de múltiplas empresas (Hobday, 1998). Diferentemente de produtos produzidos em massa, centrados em manufatura, os CoPS demandam uma vasta gama de novos conhecimentos, com a maior profundidade das habilidades concentrada na gestão de projeto, no *design* de engenharia e na engenharia de sistemas.

Para analisar esse contexto, é necessário um referencial conceitual que capture o dinamismo e a complexidade. Dessa forma, esta pesquisa adota uma posição plural com relação à tecnologia, considerando-a não apenas como dispositivos físicos, ferramentas e outros artefatos, mas também como conhecimento tecnológico necessário tanto para criar quanto para usar a tecnologia (Mitcham, 1994). Nesse sentido, a transferência de tecnologia pode ser considerada como um processo no qual a tecnologia gerada em um local é adaptada e utilizada ou difundida em outros lugares.

Deve-se destacar que não são esperados, de imediato, resultados oriundos de inovação tecnológica gerada a partir da transferência de tecnologia. O que se espera de maneira mais imediata é a capacitação tecnológica da organização receptora de tecnologia, sendo a capacidade tecnológica considerada como o domínio sobre o uso dos recursos tecnológicos e as capacidades necessárias para gerar e gerenciar a mudança tecnológica (Bell; Pavitt, 1993). Concretamente, a capacidade tecnológica pode ser descrita

como composta de diversos elementos tanto na forma de sistemas físicos – como bens de capital e infraestrutura – quanto na forma de sistemas organizacionais, conhecimento acumulado e habilidades que permitem que uma organização adquira, desenvolva e use tecnologia (Figueiredo, 2004).

No contexto de desenvolvimento de CoPS, deve-se considerar que a capacidade tecnológica abrange a capacidade de integração de sistemas complexos, relacionada à habilidade de estruturar o problema de *design* (Brusoni; Prencipe; Pavitt, 2001), definir o caminho de desenvolvimento do sistema (Hobday; Davies; Prencipe, 2005) e combinar vários corpos de conhecimento e artefatos para criar um sistema funcional (Davies *et al.*, 2011). Além disso, a capacidade de integração de sistemas engloba duas vertentes: primeiramente, de maneira mais estrita, envolve a habilidade de combinar componentes de alta tecnologia, subsistemas, *software*, habilidades, conhecimento, engenheiros, gerentes e técnicos para produzir um produto. Em segundo lugar, refere-se à coordenação de diferentes unidades produtivas intra e interorganizacionais, fornecendo *inputs* e definindo um caminho de desenvolvimento conjunto de sistemas (Brusoni; Prencipe, 2011).

Além disso, para se avaliar o quão bem-sucedida é uma transferência de tecnologia, cabe abordar a capacidade de absorção, relacionada à capacidade interna dos indivíduos e da organização que vai receber a transferência de tecnologia. Essa capacidade deve ser congruente com aquela da equipe da empresa externa, fornecedora, responsável pelo conhecimento a ser transferido. Assim, a capacidade da receptora precisa ser compatível com a complexidade da tecnologia para que a empresa possa absorvê-la e utilizá-la posteriormente no mercado (Cohen; Levinthal, 1990). Essa capacidade de absorção é comumente considerada como composta das habilidades relacionadas com adquirir, assimilar, transformar e explorar tecnologia (Zahra; George, 2002).

2 Metodologia

É importante ressaltar que a pesquisa é realizada com base nas atividades do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), uma organização militar vinculada ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) da Força Aérea Brasileira (FAB). Os autores desta pesquisa, como agentes públicos do IFI, realizam atividades relacionadas ao controle, à verificação e à avaliação dos *offsets*.

Nesse contexto, a pesquisa é desenhada como um estudo de caso, conforme proposto por Yin (2002), na qual os pesquisadores selecionaram o *offset* relacionado à modernização das aeronaves de vigilância E-99, chamado Projeto E-99M, que teve a empresa Saab selecionada para

modernizar sistemas embarcados na aeronave. Como parte desse *offset*, a Saab se comprometeu a transferir tecnologia para a empresa brasileira Atech relacionada ao desenvolvimento e integração dos sistemas embarcados no E-99. Entre os praticantes, esse caso foi considerado de sucesso relativo na implementação de *offsets* recentemente pela FAB e, portanto, foi considerado um caso que merece ser explorado pelo seu potencial de geração de conhecimento.

A coleta de dados foi realizada a partir do *corpus* documental disponível no IFI que trata das condições de execução do *offset* do Projeto E-99M com a Saab. Esse *corpus* inclui documentos como relatórios de engenharia, apresentações de descritivos por parte das empresas, pareceres técnicos e questionários. Além desse *corpus*, foi realizada uma entrevista e aplicado um questionário com o gerente do projeto no âmbito da empresa Atech. Parte do questionário está relacionado à análise da capacidade de absorção da empresa, padronizada a partir do que foi aplicado por Caliri *et al.* (2023).

A análise e a interpretação dos dados foram realizadas a partir da organização sistemática dos dados, de maneira a fornecer um sumário interno do caso, conforme proposto por Miles e Huberman (1994), cujo resultado é a narrativa empírica apresentada neste artigo.

Uma vez que o Projeto E-99M é considerado reservado, por ser um equipamento que exerce capacidade de vigilância primordial para o Estado Brasileiro, certas informações sobre o caso não podem ser divulgadas, como as que descrevem especificamente os sistemas desenvolvidos e integrados. Nesse sentido, procura-se centrar o caso na descrição da transferência de tecnologia, em tipos de atividades executadas, na tecnologia transferida em termos de tipos de conhecimentos obtidos e na capacitação tecnológica resultante no contexto das práticas de engenharia da empresa.

3 Resultados e Discussão

O Projeto E-99M foi contratado em 2011 pela Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (Copac) da FAB junto à Embraer com o objetivo de modernizar e de atualizar sensores embarcados de cinco aeronaves E-99 (Figura 1). A modernização dos sensores da aeronave E-99 tem como objetivo ampliar várias capacidades adotadas pela FAB nas Operações Aéreas Compostas (Comao – *Combined Air Operations*). A flexibilidade de posicionamento da aeronave de Controle e Alerta Aéreo *GlobalEye* (AEW&C) e a capacidade *look down* do radar possibilitam aumentar a visualização e o controle das demais aeronaves, independentemente da estrutura de Comando e Controle (C2) existente no solo (Comaer, 2022). Para desenvolver o Projeto, a Embraer buscou

realizar parcerias com alguns fornecedores internacionais, entre eles, a Saab, a Aeroelectronica International e a Rohde & Schwarz, que possuem responsabilidades específicas no fornecimento de alguns sistemas embarcados na aeronave.

Nesse contexto, foi assinado um contrato de fornecimento com a empresa Saab para efetuar entregas específicas no valor de 86 milhões de euros. Em conformidade com a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial do Ministério da Defesa (MD), foi estabelecido o Acordo de Compensação n. 004/DCTA-COPAC/2012. Esse Acordo de Compensação, estabelecido na forma de um contrato administrativo entre a União, representada pela FAB, e a empresa Saab, obriga a empresa a realizar a transferência de tecnologia sob condições detalhadas. Os objetivos do Acordo de Compensação estão relacionados com o provimento, para a indústria brasileira, da capacidade de desenvolver e de manter partes essenciais do sistema adquirido. Existia também a expectativa de que a capacidade atingida por essa transferência de tecnologia iria fornecer à empresa a possibilidade de desenvolver produtos similares em outras áreas e para outras aplicações.

Cabe observar que esse objetivo se alinha com os seguintes objetivos da Política e Estratégia de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa da Aeronáutica (DCA-360-1) (Brasil, 2005), documento estratégico que norteou a negociação desse acordo de compensação:

5º Objetivo específico (item 3.2.5) – o fomento e o fortalecimento dos setores de interesse da Aeronáutica, criando condições para o aperfeiçoamento das indústrias do setor aeroespacial e da sua base tecnológica; e

7º Objetivo específico (item 3.2.7) – a capacitação e o desenvolvimento dos recursos humanos existentes no Parque Industrial Aeroespacial Brasileiro.

No âmbito desse acordo, a empresa brasileira Atech foi selecionada para receber a transferência de tecnologia relacionada a uma parte dos sistemas embarcados fornecidos. A história da Atech remonta à década de 1980, quando a empresa participou de programas de controle do tráfego aéreo da FAB. Tendo participado em diversos programas das forças armadas, a empresa atualmente pertence ao grupo Embraer Defesa e Segurança, com capital 100% nacional. É uma companhia de porte médio de base tecnológica que atua na prestação de serviços especializados de engenharia para desenvolvimento, implantação e revitalização de sistemas de controle, defesa e monitoramento, fornecendo também máquinas e equipamentos inerentes à prestação de serviços. A empresa desenvolve tecnologia para o controle do tráfego aéreo (ATM-Sargitário), e domina soluções e tecnologias empregadas no Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam). Em relação às capacidades envolvidas na transferência de tecnologia, a Atech possui uma linha de produtos chamada ARKHE com foco de soluções integradas para o mercado de defesa, incluindo sistemas de comando e de controle, de computação, de comunicações e de inteligência.

Figura 1 – Aeronave E-99 da Força Aérea Brasileira



Fonte: Alves (2020)

A avaliação da capacidade de absorção da empresa realizada pela pesquisa identificou que a Atech apresenta uma capacidade de aquisição alta em termos absolutos. Essa capacidade se torna melhor nas etapas posteriores de transformação e de exploração da tecnologia. Em etapas anteriores, relacionadas à aquisição e à assimilação, a empresa relatou que encontra dificuldades para identificar oportunidades tecnológicas emergentes no mercado e junto a universidades e institutos de pesquisa. Outro tema apontado pela empresa como crítico é a rapidez com que a empresa processa as mudanças de mercado e como aproveita conhecimentos de universidades e de institutos de pesquisa.

Ainda com relação à capacidade de absorção, foi identificada a importância da ocorrência de diversos projetos para a empresa. Isso ocorre porque o aprendizado na Atech é fortemente orientado pela prática e pela experiência. Em vez de depender exclusivamente de treinamentos extensivos, os funcionários aprendem enquanto estão envolvidos em projetos diversos. A rotação entre projetos e a experimentação prática em várias equipes são as principais abordagens para acumular conhecimento. A empresa também valoriza a realização de protótipos e *workshops* como estratégias importantes para compreender o conhecimento externo.

Com relação à transferência de tecnologia em análise, é essencial destacar que o grande diferencial da plataforma fornecida pela Saab é a integração de diversas funções, que normalmente são segregadas em diversos equipamentos, em um único sistema portátil. Essa abordagem otimiza a operação pelo cliente final e impõe requisitos rigorosos de desenvolvimento para um produto que combina *hardware* e *software* de forma altamente integrada à eletrônica da aeronave. Nesse contexto, Saab e Atech devem atuar de maneira estreitamente coordenada, não apenas entre si, mas também com outros fornecedores essenciais, como a Embraer, responsável pela aeronave, e demais fornecedores de sensores e sistemas embarcados.

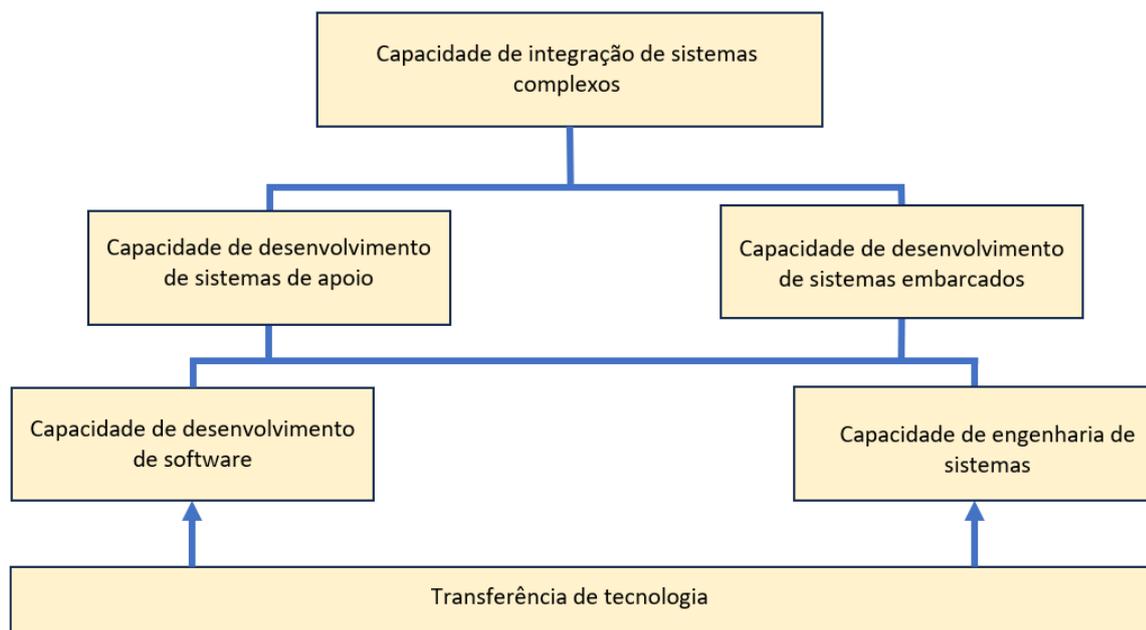
A transferência de tecnologia, inicialmente prevista para ocorrer entre 2013 e 2016, teve seu prazo prorrogado para 2021, devido a diversos motivos, entre eles, a paralisação do projeto por dificuldades orçamentárias. Para efetivar essa transferência, foi implementada uma sequência de atividades. Primeiro houve a ida de quatro engenheiros brasileiros para a realização de treinamentos teóricos e práticos em Lulea na Suécia, por um período de três meses. Esses engenheiros têm especialidades relacionadas à engenharia de sistemas e ao desenvolvimento de *software*, tendo mais de cinco anos de experiência na área.

Após esse período de treinamento, o desenvolvimento de sistemas propriamente dito é realizado no Brasil. Para habilitar esse desenvolvimento, houve a transferência de um ambiente de engenharia. No contexto de engenharia de sistemas, um ambiente de engenharia envolve não somente o *hardware* e *software* necessários (computadores, protótipos e ambiente de simulação), mas também a documentação do projeto, as informações técnicas, as interfaces de comunicação e os processos de desenvolvimento que devem ser seguidos. Estabelecido o ambiente de engenharia no Brasil, iniciou-se o desenvolvimento dos pacotes de trabalho de desenvolvimento de funcionalidades do sistema que durou dois anos e envolveu diretamente nove funcionários da Atech, somando um total de 2.000 horas de trabalho. Durante o período de dois anos, a Saab forneceu suporte técnico tanto de forma remota quanto presencial (de maneira pontual).

Em termos de conhecimento tecnológico transferido, a partir da execução das atividades, a Atech conseguiu absorver informações relacionadas à arquitetura e às estruturas dos sistemas, ao processo de desenvolvimento de *software*, ao ambiente usado pelos módulos de testes, integração e verificação, assim como ao conhecimento funcional e operacional dos sistemas. Conforme destacado pelo gerente da Atech, a transferência ocorreu em “*um ambiente muito colaborativo, profissional e respeitoso*”, muito embora tenham sido verificadas limitações de acesso a informações de alguns produtos da Saab, o que pode limitar a autonomia da empresa brasileira em certos aspectos referentes aos produtos desenvolvidos.

A partir dos dados coletados, foi possível observar como esses conhecimentos se integram às capacidades tecnológicas prévias da Atech e geram melhorias no seu domínio de tecnologias relacionadas. Para descrever essas mudanças, é útil uma noção hierárquica das capacidades da empresa. A partir dessa perspectiva, considera-se que a transferência de tecnologia impacta diversas capacidades em vários níveis, como o proposto por Grant (1996). Para o caso em questão, as capacidades de desenvolvimento de *software* e engenharia de sistemas de níveis mais baixos são relevantes. Essas capacidades contribuem para os níveis mais altos, como a integração de sistemas embarcados e de apoio, que, por sua vez, contribuem para a capacidade mais alta: a integração de sistemas complexos que pode ser considerada um competência essencial da Atech. O relacionamento hierárquico dessas capacidades é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Hierarquia de capacidades tecnológicas da empresa receptora Atech



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

No nível mais básico, encontram-se as capacidades relacionadas às atividades de engenharia que sustentam todos os produtos da empresa. No contexto do desenvolvimento de sistemas que integram o E-99M, essas capacidades de engenharia coexistem de maneira integrada e estão geralmente vinculadas a processos técnicos em nível empresarial. Entre essas capacidades, no contexto do desenvolvimento de sistemas embarcados altamente integrados, destacam-se a engenharia de sistemas e o desenvolvimento de *software*.

É relevante como essas capacidades estão relacionadas ao que se denomina de metodologia de engenharia. Uma metodologia é composta de processos, métodos e ferramentas que operam de maneira integrada para um desenvolvimento específico (Estefan, 2007). O aspecto crucial da metodologia é que, embora deva seguir um processo de desenvolvimento altamente padronizado, conforme indicam as normas internacionais, cada empresa desenvolve uma metodologia adaptada às suas necessidades. Nesse contexto, grande parte da transferência de tecnologia do E-99M pode ser explicada pelo aprendizado da metodologia de desenvolvimento da Saab. De fato, uma parte substancial do treinamento realizado na Suécia esteve relacionada ao entendimento dos processos da Saab e ao ambiente de *software* da empresa, com ênfase na forma de trabalho sueca e no papel que a Saab desempenharia.

Esse aspecto foi ressaltado pelo gerente da empresa Atech, que afirmou que o aprendizado na transferência de tecnologia do Projeto E-99M esteve associado a “*uma abordagem específica*” e a “*normas e processos de*

desenvolvimento”. Conforme destacado pela empresa, a partir de sua experiência prévia, ela pôde comparar as soluções geradas pela Saab, o que proporcionou conhecimento valioso em dois aspectos. Primeiro, oferecer um *benchmark* a partir do qual a empresa pode avaliar a maturidade relativa de seus processos em relação a outras empresas do mercado. Segundo, a empresa pode refletir sobre essas diferenças e realizar melhorias em seus próprios processos com base nas soluções geradas pela Saab, resultando no aprimoramento de suas capacidades.

Avançando para um nível mais abrangente, chega-se a um patamar relacionado ao domínio de certas áreas de atuação, que se relacionam a diferentes aplicações de sistemas complexos. Nesse nível e no contexto em questão, estão situadas as capacidades de integração de sistemas embarcados e de integração de sistemas de apoio. Essas capacidades se referem ao conhecimento tecnológico sobre como determinada tecnologia específica se comporta e deve ser projetada. Nesse contexto, é relevante destacar os conhecimentos técnicos adquiridos em relação às plataformas tecnológicas. No caso do *offset* do E-99M, esse aprendizado esteve principalmente relacionado a sistemas que pertencem à Saab. Destaca-se que esse aprendizado ocorre em duas vertentes, a primeira relacionada ao sistema como um todo, e, a segunda, com os módulos desenvolvidos pela Atech.

Com relação ao sistema como um todo, foram transmitidos conhecimentos sobre o funcionamento do sistema, incluindo tópicos como arquitetura, operação, manutenção, instalação, interfaces, entre outros. Essa

compreensão abrangente permitiu atuar no sistema como suporte, realizando desde a instalação e configuração até a operação e treinamento. No entanto, é importante ressaltar que isso se refere à perspectiva do usuário da tecnologia e não à sua criação.

Essa função de gerar tecnologia aplica-se apenas aos módulos desenvolvidos pela Atech. A empresa afirmou ter recebido autonomia para desenvolver os pacotes de *software* internamente e realizar testes antes de entregá-los à Saab. Esse processo ocorreu de acordo com os procedimentos da Saab, com boa colaboração e interação entre as equipes de trabalho. Nesse caso, os conhecimentos estão relacionados com novas funcionalidades e como elas operam em um sistema altamente integrado. Um exemplo específico no contexto do E-99M está relacionado às técnicas de simulação usadas no desenvolvimento. A Atech destacou a importância do aprendizado com uma líder global nessa área, a Saab. Por meio dessa interação, a Atech compreendeu como os cenários de simulação interagem com diferentes funções dos sistemas, enriquecendo seu potencial de simulação.

Também foi possível observar, a partir da entrevista, como a transferência de tecnologia aumentou a maturidade dos produtos da Atech, na medida em que simulação e sistemas de solo podem ser desenvolvidos e adaptados pela empresa para diversas aplicações de clientes, como no caso das fragatas da Classe Tamandaré da Marinha do Brasil. Nesse sentido, pode-se afirmar que a Atech está em condições de aplicar os conhecimentos tecnológicos adquiridos durante a transferência de tecnologia do *offset* do Projeto E-99M para aprimorar suas capacidades de integração de sistemas complexos, uma capacidade que abrange duas vertentes.

Primeiramente, em seu sentido mais restrito, a capacidade de integração envolve a habilidade de combinar componentes de alta tecnologia, subsistemas, *software*, habilidades, conhecimento, engenheiros, gerentes e técnicos - para a produção de um produto. Em segundo aspecto, refere-se à coordenação de diferentes unidades produtivas, tanto internas quanto externas à organização, garantindo a convergência de insumos e a definição de um caminho de desenvolvimento conjunto. No que diz respeito à perspectiva restrita dessa capacidade, observa-se que a transferência de tecnologia proporcionou à empresa acesso a novos conhecimentos sobre componentes tecnológicos.

Em termos da vertente ampla da capacidade de integração, a participação no *offset* do E-99M trouxe aprendizados sobre como trabalhar com fornecedores no mercado global, especialmente com a Saab. Com relação à certa dificuldade de identificar oportunidades tecnológicas emergentes no mercado relatada pela empresa, observou-se que a transferência de tecnologia contribuiu para ampliar a compreensão do mercado de sistemas de comando e

controle. Isso permitiu à empresa expandir sua rede de relacionamentos e a preparou para colaborar com a Saab em futuros projetos. Além disso, a empresa obteve *insights* sobre o funcionamento do mercado global, posicionamento e alavancagem de produtos, aspectos cruciais para uma empresa que busca se estabelecer como uma integradora de sistemas.

Assim, destaca-se que a transferência de tecnologia proporcionada pelo *offset* do Projeto E-99M promoveu mudanças nas capacidades tecnológicas relacionadas à integração de sistemas complexos da Atech. Essa é uma competência essencial da empresa, que está presente em um nível avançado de capacitação tecnológica, compatível com o mercado internacional de aplicações militares avançadas.

4 Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo explorar como os *offsets* podem ser implementados com sucesso para adquirir transferência internacional de tecnologia em aquisições públicas realizadas no exterior. Por meio de um estudo de caso de um *offset* bem-sucedido implementado em uma aplicação de tecnologia avançada em um sistema altamente integrado, foi possível observar que esse mecanismo pode funcionar eficazmente.

De fato, pode-se afirmar que os efeitos do *offset* do Projeto E-99M foram notáveis. A colaboração com a Saab no projeto E-99M contribuiu significativamente para o aumento das capacidades de integração de sistemas da Atech, que é uma competência essencial da empresa. Por meio da transferência de conhecimento, a Atech assimilou metodologias avançadas de engenharia de sistemas e desenvolvimento de *software* da Saab, aprimorando suas capacidades nessas áreas.

Deve-se destacar também que as características da empresa contribuem para que a transferência de tecnologia tivesse um efeito relevante. Por ser a Atech uma empresa média, e altamente focada em aprendizado experimental, a tecnologia transferida teve o potencial de ser difundida e transformada mais rapidamente dentro da empresa, gerando insumo para novas aplicações. Também é interessante observar que o *offset* alavancou a inserção da empresa brasileira internacionalmente. Ao firmar uma parceria desse porte com a Saab, a Atech se apresenta mais atrativa para o mercado em futuros empreendimentos.

A partir desses resultados, é possível fazer algumas observações que têm o potencial de melhorar a futura implementação de *offsets* no contexto aeronáutico de defesa. Em primeiro lugar, verificou-se o potencial que tais parcerias têm de desenvolver empresas de porte médio e emergentes no mercado. Devido às suas características, essa transferência de tecnologia não teria o mesmo impacto

em uma empresa do porte e da maturidade da Embraer, por exemplo. O que aponta para o fato de que iniciativas de *offset* como essas podem ser melhor direcionadas para empresas de pequeno e médio portes, que possuem um bom nível tecnológico e estão em ascensão.

Além disso, observou-se que é desejável combinar a realização de treinamento inicial com etapas posteriores de capacitação, como a assistência técnica e o desenvolvimento conjunto. Isso faz com que os conhecimentos adquiridos durante o treinamento deixem de ser apenas assimilados pelas pessoas que participaram desses treinamentos, mas também que sejam transformados e explorados efetivamente na estrutura organizacional da empresa recipiente.

Com relação à implementação, é necessário considerar quais limitações para a transferência podem ser impostas nos projetos de *offset*. Quando se trata de tecnologias críticas de defesa, espera-se um controle rigoroso por parte de países e empresas. Esses fatores devem ser incorporados na concepção dos *offsets* para evitar a criação de expectativas irreais e permitir o desenvolvimento de planejamentos mais adequados para a realidade da transferência de tecnologia. Nesse sentido, também seria apropriado estabelecer objetivos e metas mais claras para os acordos e projetos de *offset*, com objetivos que sigam os critérios SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound*). Além disso, como o atraso de projetos públicos de grande vulto é frequente no Brasil, é apropriada a elaboração de planos de contingência e gerenciamento de riscos capazes de mitigar o impacto de situações de congelamento e a prorrogação de projetos.

Em termos de política pública, o caso ilustra como é possível utilizar o poder de compra do Estado para estimular a inovação localmente, mesmo em se tratando de comércio transnacional. De fato, os *offsets* se apresentam como uma alternativa de política de inovação que possui mecanismos mais ativos do que somente incentivos e benefícios. Um desses mecanismos é a utilização do poder de negociação para mercado de tecnologia, facilitando a aquisição de tecnologias que normalmente seriam difíceis de serem adquiridas.

5 Perspectivas Futuras

A partir dos resultados apresentados, considera-se promissora a oportunidade de continuar a pesquisa sobre casos de *offsets* de sucesso e de fracasso, em busca de entender quais são os fatores determinantes e importantes para a sua implementação bem-sucedida no contexto aeronáutico. Além disso, cabe expandir esse contexto para explorar quais oportunidades se apresentam para outros setores da economia, em termos de aproveitamento do poder de compra do Estado junto a fornecedores estrangeiros

em prol do desenvolvimento econômico e social do país. Em especial considera-se que os *offsets* poderiam ser uma oportunidade interessante para setores que realizam compras de grande vulto no exterior, como a saúde e a infraestrutura.

Referências

ALVES, Diego. **Embraer entrega primeiro jato E-99 modernizado à FAB**. 2020. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/embraer-entrega-primeiro-jato-e-99-modernizado-a-fab>. Acesso em: 13 abr. 2024.

BELL, Martin; PAVITT, Keith. Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. **Industrial And Corporate Change**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.157-210, 1993. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/icc/2.1.157>.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria n. 1.395/GC4, de 13 de dezembro de 2005. Aprova a edição da Política e Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica da Aeronáutica (DCA 360-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 8, 11 de janeiro de 2005.

BRUSONI, Stefano; PRENCIPE, Andrea. Patterns of Modularization: the dynamics of product architecture in complex systems. **European Management Review**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 67-80, jun. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-4762.2011.01010.x>.

BRUSONI, Stefano; PRENCIPE, Andrea; PAVITT, Keith. Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: why do firms know more than they make? **Administrative Science Quarterly**, Ithaca, Ny, v. 46, n. 4, p. 597-621, dez. 2001.

CALIARI, Thiago; FERREIRA, Marcos José Barbieri. The historical evolution of the Brazilian aeronautical sector: a combined approach based on mission-oriented innovation policy (moip) and sectoral innovation system (SIS). **Economics Of Innovation And New Technology**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 682-699, 9 jan. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2021.2011258>.

CALIARI, Thiago *et al.* Brazilian Air Force acquisition policies: observing absorptive capacity and contingent factors in aeronautical beneficiary companies. **Science And Public Policy**, Oxford University Press, p. 1-18, 19 jun. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scad035>.

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, [s.l.], v. 35, n. 1, p.128-152, mar. 1990. JSTOR. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2393553>.

COMAER – COMANDO DA AERONÁUTICA. **Relatório de Dados de Gestão do exercício de 2021.** Brasília, DF, 1º fev. 2022.

CORREA, G. M. Transferência de tecnologia em compras de defesa: o que esperar da compensação comercial, industrial e tecnológica (offsets). *In: 10º ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO DE ESTUDOS DE DEFESA (ENABED).* 2018. **Anais [...].** São Paulo, SP, 2018.

CORREA, Gilberto Mohr; URBINA, Ligia Maria Soto. Padrões de transferência de tecnologia em aquisições de defesa no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 115-138, 24 dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.26792/rbed.v8n1.2021.75215>

DAVIES, Andrew *et al.* Innovation in Complex Products and Systems: implications for project-based organizing. **Advances In Strategic Management**, [s.l.], p. 3-26, 12 out. 2011. DOI: [http://dx.doi.org/10.1108/s0742-3322\(2011\)0000028005](http://dx.doi.org/10.1108/s0742-3322(2011)0000028005).

ESTEFAN, J. A. Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. **INCOSE MBSE Initiative.** Jet Propulsion Lab. California Institute of Technology. Pasadena, 2007.

FIGUEIREDO, Paulo N. Aprendizagem tecnológica inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 323-361, dez. 2004.

GRANT, Robert M. Prospering in Dynamically-Competitive Environments: organizational capability as knowledge integration. **Organization Science**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 375-387, ago. 1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.7.4.375>.

HOBDA, Michael. Product complexity, innovation and industrial organisation. **Research Policy**, [s.l.], v. 26, n. 6, p.689-710, fev. 1998. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(97\)00044-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(97)00044-9).

HOBDA, M.; DAVIES, A.; PRENCIPE, A. Systems integration: a core capability of the modern corporation. **Industrial And Corporate Change**, [s.l.], v. 14, n. 6, p. 1.109-1.143, 26 ago. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/icc/dth080>.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook.** Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1994.

MITCHAM, Carl. **Thinking through technology: the path between engineering and philosophy.** Chicago: University Of Chicago Press, 1994.

TEIXEIRA, A. L. S. **Determinantes Organizacionais e Especificidades da Capacidade de Absorção de Firms no Brasil.** 2020. 250f. Tese (Doutorado) – Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

YIN, R. **Case Study Research, Design and Methods.** 3. ed. Newbury Park: Sage Publications, 2002.

ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. Absortive Capacity: a Review, Reconceptualization and Extention. **Academy of Management Review**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.185-203, 1º abr. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5465/amr.2002.6587995>.

Sobre os Autores

Gilberto Mohr Correa

E-mail: gmccorrea@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1119-7377>

Doutor em Ciências e Tecnologias Espaciais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica em 2023.

Endereço profissional: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Pça. Mal. Eduardo Gomes, n. 50, Vila das Acácias, São José dos Campos, SP. CEP: 12228-900.

Alexandre Carvalho Sergio

E-mail: sergioacs1@fab.mil.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6875-1121>

Especialista em Gestão da Qualidade da Energia em Sistemas Elétricos pela Universidade Estadual de São Paulo em 2021.

Endereço profissional: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Pça. Mal. Eduardo Gomes, n. 50, Vila das Acácias, São José dos Campos, SP. CEP: 12228-900.

Dirceu Olímpio de Lima Duarte

E-mail: dirceudold@fab.mil.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4289-9298>

MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas em 2010.

Endereço profissional: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Pça. Mal. Eduardo Gomes, n. 50, Vila das Acácias, São José dos Campos, SP. CEP: 12228-900.