

FOM AERO

REVISTA FOMENTO AEROSPAÇIAL

Nº 2 - NOVEMBRO/2023



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL
ASAS DE UMA INDÚSTRIA FORTE



Editoração

Luiz Marcelo Terdulino De Brito – Coronel Aviador
Maralyza Pinheiro Martins – Tenente Bibliotecária

Revisão Gramatical

Alexandre Toler Russo – Analista em C&T

Projeto Gráfico & Diagramação

Tais Destro Otero – Assistente em C&T

Ilustração e Imagens

CECOMSAER

<https://flickr.com/photos/portalfab>


Arquivo de Imagens do IFI


Impressão

Almeida
Indústria Gráfica
(Tiragem 350 Un.)

Contato

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL

 (12) 3947-7127

 Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 –
Vila das Acácias – São José dos
Campos/SP

 comsocial.ifi@fab.mil.br



PRESIDENTE

Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTRO DA DEFESA

José Múcio Monteiro Filho

COMANDANTE DA AERONÁUTICA

Tenente-Brigadeiro do Ar Marcelo Kanitz Damasceno

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL

DIRETOR-GERAL

Tenente-Brigadeiro do Ar Maurício Augusto Silveira de Medeiros

INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL

DIRETOR

Luiz Marcelo Terdulino De Brito – Coronel Aviador

Catálogo na publicação elaborada por:

Bibliotecária Maralyza Pinheiro Martins CRB: SP-10605/0

Revista Técnica Fomento Aeroespacial (FOMAERO) /
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial. n.2
(nov. 2023). São José dos Campos: IFI, 2023.

Anual
ISSN: 2764-7668
eISSN: 2764-930X

1. Gestão 2. Metrologia 3. Desenvolvimento Industrial
4. Certificação. I. Instituto de Fomento e Coordenação
Industrial.

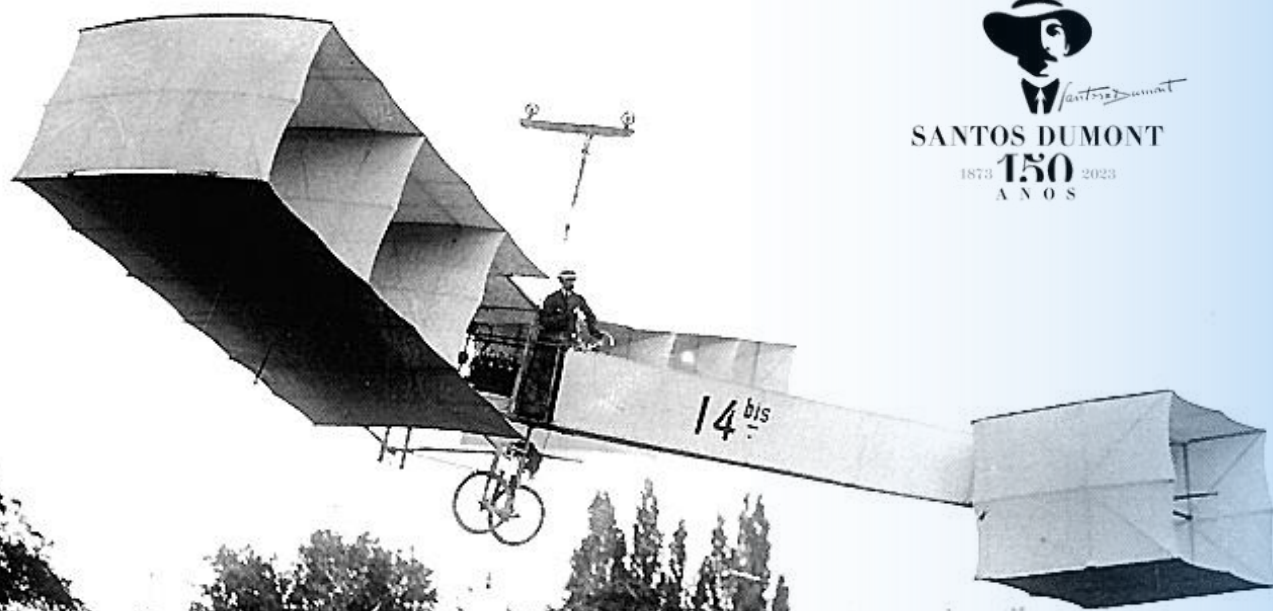
CDU: 389.16

MISSÃO

Prestar serviços e realizar Pesquisa de Tecnologia Industrial Básica nas áreas de normalização, metrologia, certificação e coordenação industrial, para produtos e sistemas aeronáuticos militares e espaciais, a fim de fomentar o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial.

VISÃO

Ampliar o reconhecimento como autoridade técnica de aeronavegabilidade militar brasileira, bem como uma organização de vanguarda e de referência internacional para o fomento do complexo científico-tecnológico aeroespacial brasileiro.



SANTOS DUMONT
1873 **150** 2023
ANOS

PREFÁCIO

POR CEL AV R/1 ARAUJO

EX-DIRETOR DO IFI



José Renato de Araujo Costa foi Diretor do IFI no biênio 2018-2019 e atualmente exerce a função de Engenheiro de Segurança do Produto e de Gestão de Requisitos na Embraer.

Primeiramente gostaria de expressar minha imensa alegria ao ser convidado pelo Diretor do IFI para escrever este Prefácio da 2ª edição da Revista Fomento Aeroespacial.

Há, nesta publicação, assuntos de extrema importância para a comunidade científica e para as indústrias dos setores aéreo e espacial cuja divulgação se faz oportuna.

Olhando para o passado, o IFI se consolidou ao longo dos anos como Autoridade Técnica de Aeronavegabilidade Militar Nacional, referência para Marinha do Brasil e Exército Brasileiro, reconhecido também internacionalmente, o que abre portas para vendas dos produtos nacionais no exterior. Mas essa distinção não esgota suas funções, visto que também é o Órgão Certificador Espacial Nacional e ainda se faz presente como Órgão Central do Sistema de Metrologia da Aeronáutica, como Organismo Acreditado de Certificação de Sistemas de Gestão, como importante agente na Coordenação Industrial Nacional e como representante da FAB no Conselho da ABNT e no Subcomitê da ISO (*International Organization for Standardization*) que trata de Operações e Sistemas Espaciais (ISO/TC/SC14).

Do acervo histórico do IFI: Cel Araujo ao assumir o cargo de Diretor (2018).

Assim, para o Brasil desenvolver seu *cluster* aeronáutico respeitável, gerando exportações de produtos de alto valor agregado, foi necessário que a FAB mantivesse, nos últimos 52 anos, este Instituto de fomento multidisciplinar, cujos investimentos retornaram ao Brasil multiplicados. Parafraseando Winston Churchill, “nunca tantos deveram tanto a tão poucos”.

Mas, em uma visão prospectiva, o que mais o *cluster* aeroespacial nacional pode esperar do IFI?

Um ponto importante a se lembrar é que também temos necessidade de desenvolver o setor espacial. Temos indústrias promissoras e vivemos um momento no desenvolvimento espacial em que, com o correto incentivo, elas podem se consolidar no mercado internacional.

Outro ponto que nunca pode ser esquecido diz respeito ao crescimento do setor aéreo. Afinal, não podemos nos sentar no sofá e apenas ter orgulho do que atingimos, pois esse seria um passo em direção à decadência. Deve-se sempre buscar mais eficiência e eficácia no suporte à indústria, o que necessariamente se constrói com boas práticas, transparência e confiança mútua do ente governamental e da indústria, não esquecendo de incluir a Academia, liderada pelo ITA no cenário nacional. Essa sinergia é importantíssima para manter positivo o crescimento do setor por meio de inovações.

Por fim, as portas do Instituto sempre abertas às necessidades das empresas consolidadas e das *startups*, prestando serviços técnico-especializados dentro de suas competências, podem fazer surgir novos e promissores desenvolvimentos para o crescimento aeroespacial brasileiro, alinhado com a visão do Marechal Casimiro Montenegro Filho na criação do DCTA e do ITA.

Leitores, aproveitem os diversos tópicos levantados nos artigos dessa revista.

JOSÉ RENATO DE ARAUJO COSTA





CEL AV DE BRITO
DIRETOR DO IFI 2022-2023



PALAVRAS DO DIRETOR DO IFI

Sejam muito bem-vindos, caros leitores!

É uma honra tê-los a bordo da 2ª Edição da Revista FOMENTO AEROESPACIAL (FOMAERO).

Reafirmando as minhas palavras na 1ª Edição da FOMAERO, de fato o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) cada vez mais se consolida como referência nacional e internacional em suas áreas de atuação. O nome IFI traz consigo, de forma inequívoca, termos como "excelência", "credibilidade" e "profissionalismo". E isso é fruto do trabalho abnegado de seus colaboradores, de todos os níveis e setores.

E mais uma forma de externalizar este fato que muito nos orgulha, é por meio dessa iniciativa da área de gestão do conhecimento: uma revista com artigos técnico-especializados com forte caráter aplicado.

Nesta edição, abordaremos assuntos interessantíssimos, tais como: os desafios da certificação espacial e suas operações de lançamento; a questão da radiação cósmica na qualificação de componentes do setor aeroespacial; a importância da metrologia e da gestão de riscos nas auditorias laboratoriais; a essência estratégica de se ter capacidade de gerir *offset* e um breve estudo dessa prática no COMAER; a proposição de metodologias alternativas, práticas e robustas para o cálculo de vulnerabilidades em aeronaves e para a modificação de engenharia em produtos aeroespaciais; bem como diversos outros nas áreas de engenharia de sistemas, gerenciamento organizacional, qualidade, gestão do conhecimento e qualificação de pessoal.

Por fim, parabeno a todos os autores pelo conteúdo brilhante, tanto os do IFI como os convidados.

Um especial e sincero agradecimento às empresas apoiadoras MAC JEE, GESPI e AEQ, bem como à sensacional equipe do IFI que coordenou e participou da elaboração desse projeto, sem os quais essa edição da Revista FOMAERO não se tornaria realidade.

**MUITO OBRIGADO
E ÓTIMA LEITURA!**

LUIZ MARCELO TERDULINO DE BRITO

Sumário



GESTÃO

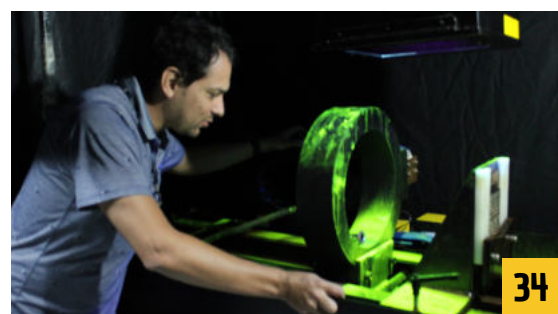
08 ANÁLISE DE CENÁRIO VIA SWOT E TOWS



18 ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO E CICLO DE VIDA COM FOCO NO AMADURECIMENTO TECNOLÓGICO DE PROJETOS DO SETOR AEROSPAÇIAL



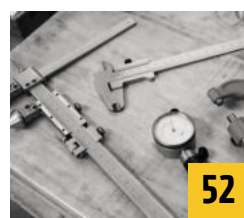
26 GESTÃO DO CONHECIMENTO: SUA IMPORTÂNCIA E DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO NO ÂMBITO MILITAR - UM ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI) E INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS (IEAV)



34 QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PELO IFI



42 SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO GERENCIAMENTO ORGANIZACIONAL DE PROJETOS (GOP) NO INPE E O SELO DA MODERNIZAÇÃO DO ESTADO



METROLOGIA

52 A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA PARA O SETOR AEROSPAÇIAL



60 GESTÃO DE RISCOS EM AUDITORIAS DE LABORATÓRIOS

DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

- 68** A PRÁTICA DE "OFFSET" NO COMANDO DA AERONÁUTICA: UM ESTUDO DE ACORDOS DE COMPENSAÇÃO CELEBRADOS PELA COPAC
- 76** CONSTRUÇÃO DE CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS PARA GESTÃO DE OFFSET



CERTIFICAÇÃO

- 88** A IMPORTÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO ESPACIAL PARA A CONSOLIDAÇÃO DO CENTRO ESPACIAL DE ALCÂNTARA (CEA)
- 94** GESTÃO DA INOVAÇÃO NA CERTIFICAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS ROBUSTOS E TOLERANTES À RADIAÇÃO CÔSMICA
- 104** A INFLUÊNCIA PROVENIENTE DO PROGRAMA AM-X NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO NOS SERVIÇOS DE GARANTIA GOVERNAMENTAL DA QUALIDADE (GGQ) NO ÂMBITO DO COMAER
- 116** MODELO MATEMÁTICO DE UMA MODIFICAÇÃO DE PRODUTO AEROESPACIAL
- 126** MÉTODO ALTERNATIVO PARA CÁLCULO DE VULNERABILIDADE



ANÁLISE DE CENÁRIO VIA SWOT e TOWS

**SCENARIO ANALYSIS
VIA SWOT AND TOWS**



Glaucio Cavalcanti Viegas - Major Engenheiro

viegasgcv@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Assessoria Técnica / Gerência Industrial - CDR-AT-G



Flávio Marchi Moreira da Silva - Tenente Engenheiro

marchifmms@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Seção de Gerenciamento de Riscos e Integridade - ASGOV-R

RESUMO

Em todas as organizações há uma necessidade comum de melhorar o uso dos recursos disponíveis. Uma das formas de realizar essa melhoria é com a elaboração de estratégias que indiquem para qual caminho uma organização deve seguir, quais as prioridades entre os pontos fortes e fracos devem ser trabalhadas. O SWOT [acrônimo para *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças)] é uma das metodologias mais simples e eficazes para isso. Por meio desta metodologia, além de levantar os fatores internos (Forças e Fraquezas) e externos (Oportunidades e Ameaças), é possível verificar a capacidade ofensiva, a capacidade defensiva, o índice de favorabilidade, a postura estratégica, a relevância dos pontos dentro de cada fator e os relacionamentos mais significantes entre cada fator. A participação da alta direção junto com os seus Gerentes, Chefes ou Diretores, principalmente no fechamento das listas priorizadas de cada fator, é fundamental para o sucesso dessa atividade. Com a obtenção da matriz SWOT e da matriz TOWS (acrônimo para os mesmos fatores do SWOT, mas com a ordem invertida) é possível realizar análises que possibilitarão as elaborações de planos de ação com base na postura estratégica apontada para a organização e no índice de favorabilidade do cenário.

Palavras-Chave: SWOT; TOWS; Postura Estratégica; Plano de Ação.

ABSTRACT

There is a common need in all organizations to improve the use of available resources. One of the ways to carry out this improvement is to develop strategies that indicate which path an organization should follow, which priorities between strengths and weaknesses should be worked on. SWOT [an acronym for Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats] is one of the simplest and most effective methodologies to accomplish this. Through this methodology, besides raising internal (Strengths and Weaknesses) and external (Opportunities and Threats) factors, it is possible to verify the offensive capacity, defensive capacity, favorability index, strategic posture, the relevance of the points within each factor and the most significant relationships between each factor. The participation of senior management along with their Managers, Chiefs or Directors, especially in closing the prioritized lists for each factor, is essential for the success of this activity. By obtaining the SWOT matrix and the TOWS matrix (acronym for the same SWOT factors, but with the order reversed) it is possible to carry out analyzes that will enable the elaboration of action plans based on the strategic posture indicated for the organization and on the index of favorability of the scenario.

Keywords: SWOT; TOWS; Scenario Planning; Strategic Stance.

1. INTRODUÇÃO

Em todas as administrações, sejam elas públicas ou privadas, há uma necessidade comum de melhorar o uso dos recursos disponíveis, para que seja feito da melhor forma possível.

Uma das formas para isso é a de realizar bons planos estratégicos. Entretanto deve-se saber qual melhor caminho trilhar. Assim, para robustecer essa abordagem, a organização deve buscar quais são as prioridades entre os pontos fortes e fracos, bem como levantar quais processos geram maiores riscos e oportunidades para ela. Dessa forma, uma das metodologias mais simples e eficazes existente é o SWOT, complementada com TOWS.

Após elaboradas as estratégias, a organização poderá concentrar suas energias em determinados processos, bem como melhorar ou amadurecer outros com a finalidade de aproveitar as novas oportunidades que surgirão. Dessa forma, este artigo tem como objetivo apresentar com quais indicações a organização pode contar para elaborar as suas estratégias por meio de estudo de cenário via SWOT e TOWS, conforme referências.

Assim, este artigo está estruturado passando pelo levantamento e priorização dos fatores, montagem da matriz SWOT e TOWS, passando para

as análises de capacidades (ofensivas e defensivas), índice de favorabilidade, postura estratégia e pontos relevantes dos fatores.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Verificação de Cenário Via SWOT

Uma das metodologias mais simples e eficazes utilizadas para a análise de cenário é a análise SWOT. O termo SWOT é o acrônimo para os fatores internos de *Strengths* (Forças) e *Weaknesses* (Fraquezas) e externos de *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).

2.1.1 Levantamento dos Fatores

O SWOT inicia-se com a formação da lista contendo os principais pontos dentro de cada fator. Esta lista pode ser preenchida coletivamente pelos setores e depois unificada para uma lista única da organização.

2.1.2 Priorização dos fatores

Tais fatores podem ser priorizados para gerar uma informação significativa e hierarquizada. Uma das metodologias indicadas é a matriz de Gravidade, Ur-

2.1.3 Montagem da Matriz SWOT/TOWS

A partir das listas hierarquizadas, insere-se o resultado anterior na matriz SWOT. Assim, ter-se-á o SWOT, conforme exemplo didático na Figura 2.

Devido não haver uma verificação da influência de um fator no outro, esta metodologia pode ser complementada com o TOWS, que é uma metodologia de análise mais aprofundada e serve para robustecer o SWOT.

Figura 2 - Exemplo de SWOT.

	Positivo		Negativo	
	Top-Força (S)	321	Top- Fraqueza(W)	329
Interno	Força 1	125	Fraqueza 1	125
	Força 2	100	Fraqueza 2	80
	Força 3	48	Fraqueza 3	64
	Força 4	48	Fraqueza 4	60
	Top Oportunidade (O)	360	Top -Ameaça (I)	216
Externo	Oportunidade 1	125	Ameça 1	100
	Oportunidade 2	80	Ameça 2	80
	Oportunidade 3	80	Ameça 3	18
	Oportunidade 4	75	Ameça 4	18

Fonte: Os Autores.

2.1.4 Preenchimento da Matriz SWOT/TOWS

A metodologia TOWS é a complementação do SWOT com a verificação da relação de um fator em outro. Possibilita analisar como os fatores internos influenciam as chances de os fatores externos se concretizarem.

Dessa forma, inserem-se os dados de cada fator da matriz SWOT na matriz TOWS e realizam-se as correlações, conforme perguntas norteadoras no canto superior esquerdo da matriz TOWS, usando como exemplo didático a Figura 3.

Figura 3 - TOWS didático.

PERGUNTA NORTEADORA		RESPOSTA	PONTUAÇÃO	AMBIENTE INTERNO									
				FORÇA (S)				FRAQUEZA (W)					
AMBIENTE EXTERNO	OPORTUNIDADE (O)	Com que intensidade a Força Xn ajuda a organização a capturar a Oportunidade Yn?	Sem efeito	0	Força 1	Força 2	Força 3	Força 4	Fraqueza 1	Fraqueza 2	Fraqueza 3	Fraqueza 4	TOTAL
			Ajuda pouco	1									
			Ajuda muito	2									
		Com que intensidade a Força Xn ajuda a organização a rechaçar a Ameaça Yn?	Sem efeito	0									
			Ajuda pouco	1									
			Ajuda muito	2									
	AMEAÇA (I)	Com que intensidade a Fraqueza Xn dificulta a organização em aproveitar a Oportunidade Yn?	Sem efeito	0									
			Ajuda pouco	1									
			Ajuda muito	2									
		Com que intensidade a Fraqueza Xn acentua o risco da Ameaça Yn?	Sem efeito	0									
			Ajuda pouco	1									
			Ajuda muito	2									
	Oportunidade 1			1	2	2	2		2	1	1	2	1
	Oportunidade 2			2	2	2	2		1	1	1	2	3
	Oportunidade 3			2	2	2	2		2	0	1	1	4
	Oportunidade 4			2	2	2	1		2	1	2	2	0
								30					22
	Ameaça 1			1	2	1	0		2	2	2	2	-4
	Ameaça 2			1	1	2	0		1	2	2	1	-2
	Ameaça 3			1	1	2	1		0	0	2	2	1
	Ameaça 4			0	2	2	1		0	1	0	0	4
								18					19
	TOTAL			10	14	15	9		10	8	11	12	

Fonte: Os Autores.

Este ponto é interessante pois podem ser obtidas as pontuações para cada relação de três modo distintos: todos os Gerentes em conjunto, resultando em um único resultado de uma vez; individualmente pelos Gerentes, resultando o único resultado após aplicar a média aritmética; ou individualmente por cada Gerente, resultando o único resultado após aplicar a média ponderada. Registra-se que o modo mais eficiente e simples que gera resultados satisfatórios é o segundo.

2.1.5 Análise do TOWS

A análise inicia-se de forma mais abrangente e, para compreensão, serão utilizados os valores obtidos no TOWS didático da Figura 3 (página anterior). Assim, verifica-se o resultado das somas ou somas parametrizadas ou suas proporções em cada quadrante (SO, WO, ST e WT), conforme Figura 4.

Os fatores são parametrizados por meio do valor máximo que pode ser obtido em cada quadrante. Como exemplo na Figura 4, o valor máximo que pode ser obtido é 16 (4 fatores internos*4 fatores externos) vezes a numeração máxima da pergunta norteadora (valor máximo = 2), logo, $16 \cdot 2 = 32$. Utilizando-se o valor do somatório da relação da força (S) com a oportunidade (O) e dividindo pelo valor máximo, obtém-se o valor em porcentagem. Como exemplo didático, $SO = 30/32 = 93,75\%$ que, arredondado, equivale ao valor parametrizado.

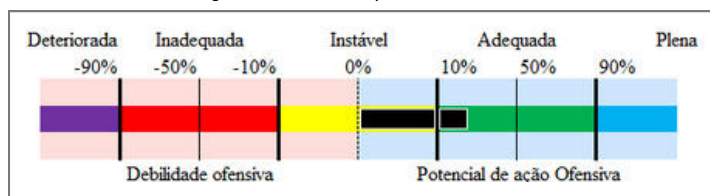
2.1.6 Capacidades

2.1.6.1 Capacidade Ofensiva

É a capacidade da organização de usar os seus recursos internos, suas Forças (F), para captar e potencializar as Oportunidades (O) menos a magnitu-

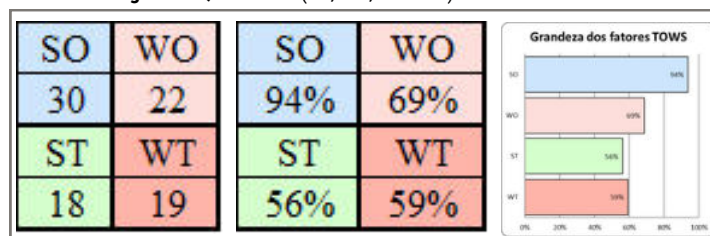
de da influência negativa do ambiente interno, suas Fraquezas (W), no processo de capturar e potencializar as oportunidades (O), ou seja, é o somatório dos valores dos pontos Fortes frente às Oportunidades ($SO = 94\%$) menos o somatório dos valores dos pontos Fracos frente às Oportunidades ($WO = 69\%$). Assim, obtém-se $+25\%$. Verifica-se que, conforme escala da Figura 5, há um potencial adequado de ação ofensiva da organização de capturar as Oportunidades.

Figura 5 - Escala de capacidade ofensiva.



Fonte: Os Autores.

Figura 4 - Quadrantes (SO, WO, ST e WT) do TOWS didático.

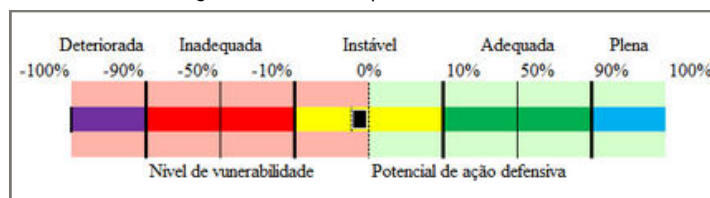


Fonte: Os Autores.

2.1.6.2 Capacidade Defensiva

É a capacidade de a organização contrapor-se às ameaças utilizando seus recursos internos menos o nível de vulnerabilidade representado pelo quanto os pontos fracos tornam a organização vulnerável às ameaças, ou seja, é o somatório dos valores dos pontos Fortes, frente às Ameaças ($ST=56\%$), menos o somatório dos valores dos Pontos Fracos, frente às Ameaças ($WT=59\%$). O resultado da subtração é de -3% , identificando, conforme escala da Figura 6, um nível de vulnerabilidade que está começando a ficar inadequado, indicando que a organização terá dificuldades de enfrentar as Ameaças.

Figura 6 - Escala de capacidade defensiva.



Fonte: Os Autores.

2.1.6.3 Índice de Favorabilidade

O índice indica o quanto o ambiente em que a organização está inserida é favorável ao desenvolvimento. Obtém-se somando sua capacidade ofensiva (+25%) e defensiva (-3%). Resultando-se em +22%, identificando um cenário em equilíbrio que está tendendo ao favorável, conforme escala da Figura 7.

Figura 7- Escala de favorabilidade.



Fonte: Os Autores.

2.1.7 Postura Estratégica

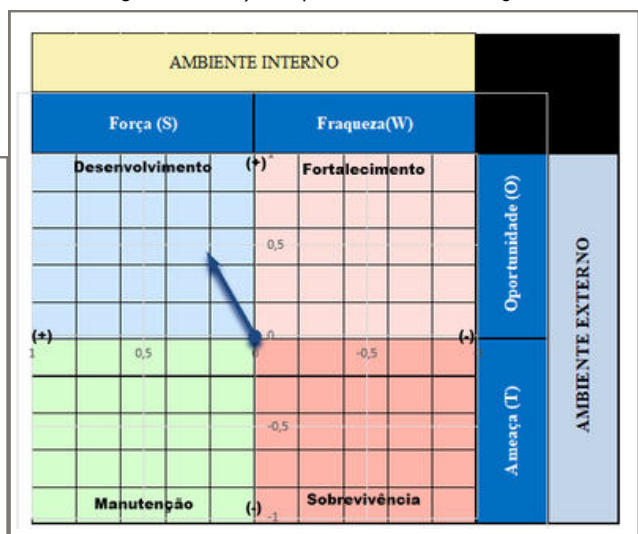
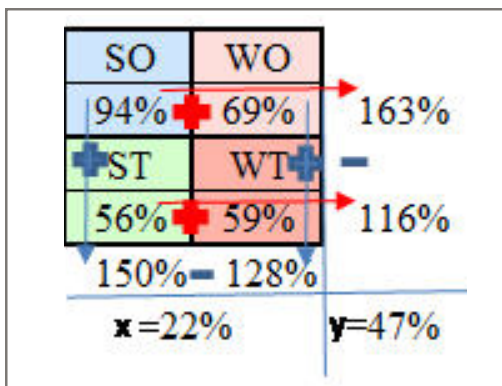
Fechando essa análise mais macro, verifica-se para qual postura estratégica o TOWS resulta, apontando para onde a organização deve concentrar os seus esforços frente ao cenário, indicando os fatores que devem ser priorizados a partir das predominâncias dos valores dos quadrantes.

O quadrante de desenvolvimento representa quando o ambiente externo é favorável ($O > T$) e a organização reúne condições internas favoráveis ($F > W$). O quadrante de manutenção representa quando o ambiente externo não está favorável ($O < T$), mas a organização reúne condições internas favoráveis para o confrontar ($F > W$). O quadrante de fortalecimento representa quando o ambiente externo é favorável ($O > T$), mas a organização não possui condições internas adequadas ($F < W$). O quadrante de sobrevivência representa quando o ambiente externo não está favorável ($O < T$) e a organização não reúne condições internas adequadas para o enfrentar ($F < W$).

Assim, analisando o exemplo didático, verifica-se que o ambiente externo é favorável em 47% ($O > T$) e a organização reúne condições internas favoráveis em 22% ($F > W$), conforme Figura 8, apontando para estratégias de desenvolvimento.

Dessa forma, os planos de ações estratégicos em que a organização pode concentrar os seus esforços são balizados na relação das forças (F) com as oportunidades (O).

Figura 8 - Indicação de posicionamento estratégico.



Fonte: Os Autores.

2.1.8 Fatores relevantes

Após a avaliação macro feita anteriormente, analisa-se ponto a ponto dentro de cada fator quais as prioridades frente ao cenário. Assim, realizando a avaliação do somatório das correlações dos fatores de cada linha na horizontal e cada coluna na vertical, obtêm-se os totais da matriz de TOWS na Figura 9. O total na parte inferior de cada coluna na vertical é realizado somando os valores do quadrante de SO com o ST no lado esquerdo ou WO com o WT no lado direito, conforme Figura 9. Já para o total no canto direito do TOWS de cada linha na horizontal é realizada a subtração dos valores do quadrante de SO do WO na parte superior ou ST do WT na parte inferior.

Para obter-se o resultado de cada linha e coluna, ordenam-se os pontos pela ordem de grandeza de pontuação de cada fator do maior para o menor, com exceção do fator ameaça que é ordenado inversamente. Dessa forma, resultou-se na matriz SWOT com os pontos de cada fator em suas ordens de relevância para que a organização possa concentrar os seus esforços, conforme Figura 10.

Por fim, realiza-se a análise das interações mais significantes em cada fator. Eles são as maiores pontuações obtidas nos relacionamentos, sendo que, de acordo com o modo escolhido para realizar essa pontuação (apresentados na figura 9), pode haver muitas pontuações máximas. Caso isso aconteça, a forma mais simples de selecionar os relacionamentos mais significantes é verificando

por diagonais a partir do canto superior esquerdo para a do canto inferior direito, pois a organização da matriz de TOWS vem da priorização feita da matriz SWOT conforme mostrado no início na Figura 2 (pg. 11).

De posse dessa análise, resultam-se os pontos priorizados dentro de cada fator, as capacidades, a favorabilidade do cenário, a indicação de postura estratégica e os mais significantes entre cada fator.

Figura 9 - Fatores relevantes via TOWS.

PERGUNTA NORTEADORA		RESPOSTA	PONTUAÇÃO	AMBIENTE INTERNO								TOTAL	
				FORÇA (S)				FRAQUEZA (W)					
Com que intensidade a Força Xn ajuda a organização a capturar a Oportunidade Yn?	Sem efeito		0										
	Ajuda pouco		1										
	Ajuda muito		2										
Com que intensidade a Força Xn ajuda a organização a rechaçar a Ameaça Yn?	Sem efeito		0										
	Ajuda pouco		1										
	Ajuda muito		2										
Com que intensidade a Fraqueza Xn dificulta a organização em aproveitar a Oportunidade Yn?	Sem efeito		0										
	Ajuda pouco		1										
	Ajuda muito		2										
Com que intensidade a Fraqueza Xn acentua o risco da Ameaça Yn?	Sem efeito		0										
	Ajuda pouco		1										
	Ajuda muito		2										
AMBIENTE EXTERNO	OPORTUNIDADE (O)	Oportunidade 1		1	2	2	2	2	1	1	1	2	1
		Oportunidade 2		2	2	2	2	2	1	1	1	2	3
		Oportunidade 3		2	2	2	2	2	0	1	1	1	4
		Oportunidade 4		2	2	2	1	2	1	2	2	2	0
									30				22
AMEAÇA (T)	Ameaça 1		1	2	1	0	2	2	2	2	2	-4	
	Ameaça 2		1	1	2	0	1	2	2	1	1	-2	
	Ameaça 3		1	1	2	1	0	0	2	2	2	1	
	Ameaça 4		0	2	2	1	0	1	0	0	0	4	
								18				19	
TOTAL				10	14	15	9		10	8	11	12	

Fonte: Os Autores.

Figura 10 - Matriz SWOT priorizada via TOWS.

		Positivo		Negativo	
		Top-Força (S)	41	Top- Fraqueza(W)	39
Interno	Força 3	15	Fraqueza 4	12	
	Força 2	14	Fraqueza 3	11	
	Força 1	10	Fraqueza 1	10	
	Força 4	9	Fraqueza 2	8	
Externo	Top Oportunidade (O)	6	Top -Ameaça (T)	-4	
	Oportunidade 3	4	Ameaça 1	-4	
	Oportunidade 2	3	Ameaça 2	-2	
	Oportunidade 1	1	Ameaça 3	1	
	Oportunidade 4	0	Ameaça 4	4	

Fonte: Os Autores.

Assim, essa metodologia aponta para a organização dos possíveis caminhos que podem ser trilhados e possibilita a provisão para planos de ações fazendo perguntas orientativas, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Retórica para criação de possíveis Planos de Ação (PA).

FORÇA / FRAQUEZA	NA OM	OPORTUNIDADE / AMEAÇA	NA OM	ESTRATÉGIA	RETÓRICA PARA CRIAR PLANOS DE AÇÃO (PA)
Força 1	Positivo	Oportunidade 1	Positivo	Ofensivo	Como melhorar esta força para potencializar esta oportunidade?
Força 1	Positivo	Ameaça 1	Negativo	Confronto	Como fortalecer esta fraqueza para permitir que a OM capture esta oportunidade?
Fraqueza 1	Negativo	Oportunidade 1	Positivo	Reforço	Como melhorar esta força para enfrentar esta ameaça?
Fraqueza 1	Negativo	Ameaça 1	Negativo	Defensiva	Como fortalecer esta fraqueza para enfrentar esta ameaça?

Fonte: Os Autores.

De posse de todas essas análises, é possível realizar as elaborações de planos estratégicos com base:

- na postura indicada (item 2.1.7) nos dados dos relacionamentos mais significativos (item 2.1.8) e nas perguntas retóricas (Tabela 2). Podem ser elaborados vários planos de ações, entretanto, o Princípio de Pareto, usando-se os dois maiores relacionamentos da Figura 10, é satisfatório para isto.
- no índice de favorabilidade (item 2.1.6.3), o qual é advindo de suas capacidades ofensivas e defensivas. Sendo um cenário favorável, o foco é no aprimoramento das forças, caso contrário, a diminuição da fraqueza. Adotando novamente Pareto, será satisfatória a utilização de um a dois do fator força ou fraqueza da Figura 10 para aumentar este índice.

CONCLUSÃO

A análise do cenário é a base para os desenvolvimentos estratégicos de uma organização. Uma das formas de elaborá-lo é por meio das metodologias SWOT e TOWS. Por meio dessas metodologias, além de levantar os fatores internos (Forças e Fraquezas) e externos (Oportunidades e Ameaças), é possível verificar a capacidade ofensiva, a capacidade defensiva, o índice de favorabilidade, a postura estratégica, a relevância dos pontos dentro de cada fator e os relacionamentos mais significantes entre cada fator.

Um dos pontos cruciais dessa metodologia é a participação da alta direção junto com os seus Gerentes, principalmente no fechamento das listas priorizadas de cada fator, sendo fundamental para o sucesso dessa atividade de obtenção da matriz SWOT e início da matriz TOWS. O modo mais eficiente e simples que gera resultados satisfatórios para o fechamento da matriz TOWS é a obtenção da média aritmética do preenchimento das relações feita por cada Gerente individualmente.

As demais partes são as análises em si. Elas possibilitarão as elaborações de planos de ação com base na postura estratégica indicada para a organização e no índice de favorabilidade do cenário, o qual indica como fatores internos (Forças ou Fraquezas) devem ser priorizados para a organização focar os seus recursos. Dessa forma, utilizando o Princípio de Pareto, focar nos dois principais relacionamentos da postura estratégica apontada e nos dois primeiros fatores internos mais relevantes do TOWS é satisfatório para realizar planos de ações mais efetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL. Nota técnica N° 01/IFI/CDR-RI/2015 - **Análise da situação setorial pela metodologia SWOT do IFI**. São José dos Campos, SP. 2015.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL. Nota técnica N° 01/CPLOG de 2018 - **Atualização da análise da situação setorial do DCTA pela metodologia SWOT**. São José dos Campos, SP. 2018.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. São Paulo, SP. 2015.



ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO E CICLO DE VIDA COM FOCO NO AMADURECIMENTO TECNOLÓGICO DE PROJETOS DO SETOR AEROESPACIAL

**DEVELOPMENT AND LIFE CYCLE APPROACH
FOCUSING ON THE TECHNOLOGICAL READINESS OF
PROJECTS IN THE AEROSPACE SECTOR**

Ma. Andréa Ferraz Carlos de Sousa Yamada - Major Engenheira

andreaferazafcsy@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Coordenadoria de Gestão do Conhecimento - CVD-GC

RESUMO

O Guia PMBOK®, em sua 7ª edição, trouxe a visão de que cada projeto é um sistema em constante mudança, cujas atividades associadas à cadência das entregas fazem parte do “domínio de desempenho da abordagem de desenvolvimento e do ciclo de vida”. Ainda, projetos de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) estão sujeitos a atrasos no planejamento e elevação nos gastos. Nesse contexto, a sistematização de processos para a “abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida” de projetos da indústria aeroespacial contribui para aumentar o desempenho, a segurança e a confiabilidade dos produtos aeroespaciais, auxiliando a reduzir o *gap* existente no domínio científico-tecnológico mundial. Assim, este artigo apresenta uma proposta para a sistematização da “abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida” do projeto, uma vez que processos de Engenharia de Sistemas são adequados para impulsionar o amadurecimento tecnológico. Assim, os “processos de monitoramento e controle” dos projetos de sistemas críticos tendem a ser, cada vez mais, integrados formalmente a processos de Engenharia de Sistemas com foco no avanço das tecnologias requeridas para que o desenvolvimento cumpra sua missão e demais objetivos, tornando possível fomentar o complexo científico-tecnológico brasileiro e entregando valor à sociedade e demais partes interessadas.

Palavras-Chave: Gerenciamento de Projetos; Abordagem de Desenvolvimento; Engenharia de Sistemas; Maturidade Tecnológica; Tomada de Decisão.

ABSTRACT

The PMBOK® Guide, in its 7th edition, brought the vision that each project is a system in constant change, whose activities associated with the cadence of deliveries are part of a “performance domains” called “development approach and the life cycle”. Also, projects of science, technology and innovation are sometimes managed without focusing on the product's realization, which can lead to delays in planning and increased expenses. In this

context, the systematization of processes for the “development approach and the life cycle” of projects of aerospace industry contributes to enhance the performance, safety and reliability of aerospace products, helping to reduce the existing gap in the scientific-technological field. Thus, this article presents a proposal for the systematization of the “development and life cycle approach” of the project, since Systems Engineering processes are adequate to boost technological maturity. Thus, the “monitoring and control processes” of critical systems projects tend to be more formally integrated into Systems Engineering processes, focusing on advancing the technologies required for development to fulfill its mission and other objectives, making possible to promote the Brazilian scientific-technological complex and delivering value to society and other stakeholders.

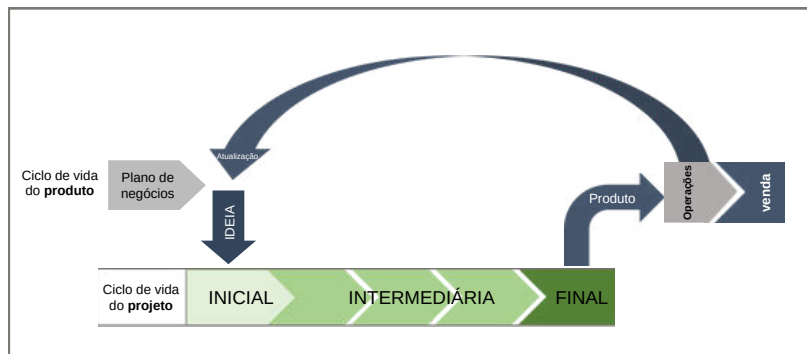
Keywords: Project Management; Development Approach; Systems Engineering; Technology Readiness Level; Decision Making.

1. INTRODUÇÃO

Produtos aeroespaciais como mísseis, plataformas espaciais e aeronaves militares são estratégicos por impactarem o campo do Poder Aeroespacial, sendo transferência de tecnologias sensíveis regulada pelo *Missile Technology Control Regime* (MTCR), o que dificulta a aquisição no exterior de produtos duais (de aplicação civil e militar). Desse modo, projetos aeroespaciais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) são críticos não apenas por possuírem alto risco tecnológico de desenvolvimento, mas também por estarem sujeitos a embargo (DE OLIVEIRA, 2021; MD, 2020).

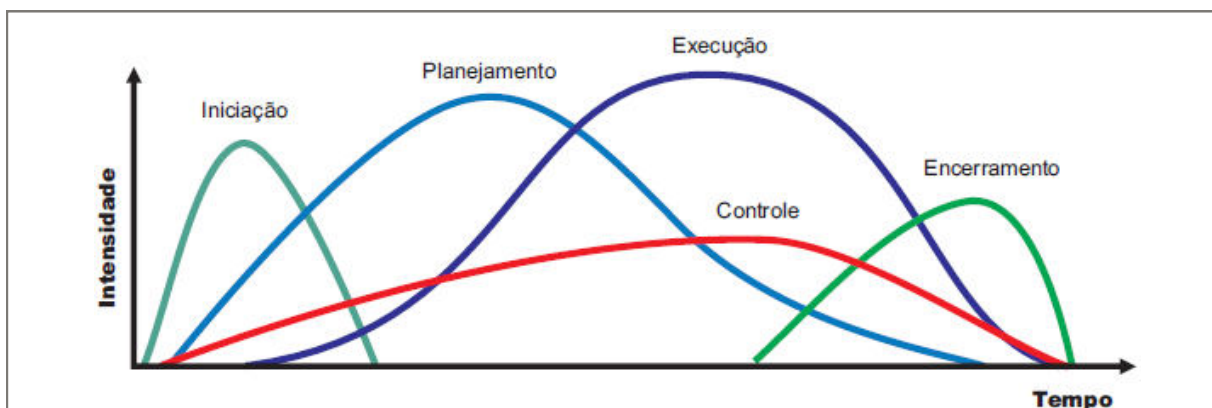
O ciclo de vida do projeto é finito e composto por fases que vão desde sua abertura até o encerramento, como ilustra a Figura 1. Segundo o Guia PMBok (2017), os processos de gerenciamento permeiam todo o ciclo de vida do projeto e visam consolidar cada fase do ciclo de vida do projeto em uma ou mais entregas, como se observa na Figura 2.

Figura 1 - Ciclo de vida de projeto x produto.



Fonte: (ARTIA, 2022).

Figura 2 - Grupos de processos de gerenciamento de projetos.



Fonte: (ROCHA, 2022).

O Guia PMBok 7(2021), em sua 7ª edição, introduziu a visão de que cada projeto é um sistema em constante mudança formado por oito “domínios de desempenho”, como mostra a Figura 3: planejamento, trabalho, entrega, medição, incerteza, equipe, partes interessadas, abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida. Cada “domínio de desempenho” corresponde a um grupo de atividades que entregam resultados específicos. As tarefas associadas à cadência das entregas e ao desenvolvimento do produto do início ao encerramento do projeto fazem parte do “domínio de desempenho da abordagem de desenvolvimento e do ciclo de vida”.

Figura 3 - Domínios de desempenho de projetos.

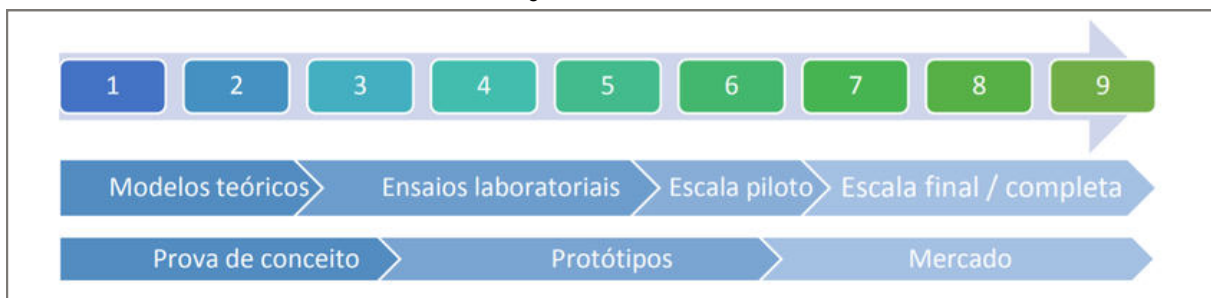


Fonte: (Guia PMBOK® 7ª ed. 2021).

Identificar a maturidade das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do produto aumenta a chance de sucesso do projeto, uma vez que torna possível mensurar com maior confiança o custo e o prazo requeridos para avançar a tecnologia de seu estágio atual até um nível em que o sistema possa ser integrado e qualificado em conformidade e segurança, reduzindo a chance de acidentes devido, principalmente, à incerteza tecnológica. Por esse motivo, a NASA (2007) definiu o método TRL (*Technology Readiness Level*).

O nível TRL da tecnologia é encontrado por meio da comprovação de sua capacidade de aplicação conforme uma escala que vai de TRL 1, para princípios básicos observados, a TRL 9, para sistema ensaiado em voo. O índice de maturidade pode ser calculado diretamente a partir de registros dos ensaios laboratoriais e de campo. Assim, de acordo com as condições em que os testes ocorrem, o TRL pode variar de 4 a 7, sendo igual a 8 quando o sistema é aprovado nos ensaios ambientais de qualificação (NASA, 2007). A Figura 4 mostra, de modo geral, a escala TRL.

Figura 4 - Escala TRL.

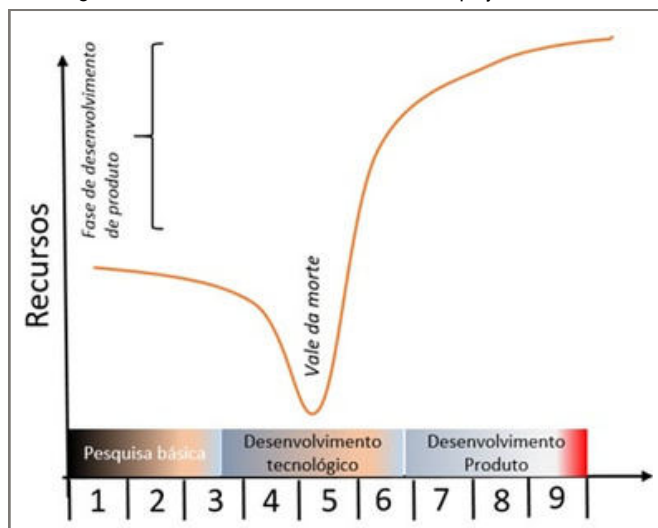


Fonte: (INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, 2022).

Os projetos são gerenciados, muitas vezes, sem procedimentos com foco na concretização do produto. Com isso, ocorrem atrasos no planejamento e elevação dos gastos, o que, associado aos demais riscos de desenvolvimento, pode levar ao cancelamento, até mesmo, de programas inteiros (NASA, 2007). Segundo a Agência Espacial Brasileira (2018), na medida em que o desenvolvimento tecnológico evolui para TRLs intermediários (3 a 5), os recursos fi-

nanceiros tendem a sofrer uma drástica redução que se deve à dificuldade em obter tecnologias suficientemente maduras, seguras e confiáveis a ponto de se justificar e viabilizar o financiamento. Logo, vários projetos são encerrados sem “vencer” o chamado “vale da morte” (Figura 5, próxima página) dos projetos de CT&I, ou seja, sem alcançar tecnologias com TRLs mais altos (8 e 9).

Figura 5 - "Vale da morte" do investimento em projetos de CT&I.



Fonte: (AEB, 2018).

Com isso, cabe aos "processos de monitoramento e controle" promover o amadurecimento das tecnologias necessárias, a fim de concretizar os resultados almejados para o projeto. Logo, a "abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida" deve-se adequar a processos que fomentam o desempenho, a confiabilidade e a segurança dos produtos em desenvolvimento. O presente artigo evidencia como a sistematização da "abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida", usando processos de Engenharia de Sistemas, pode contribuir para a evolução do amadurecimento das tecnologias (TRL) de projetos de CT&I do setor aeroespacial.

2. TOMADA DE DECISÃO FUNDAMENTADA EM BOAS PRÁTICAS DE ENGENHARIA

Os projetos podem ser vistos como um sistema que se encontra inserido em um sistema ainda maior de entrega de valor para a organização. Nesse contexto, os "domínios de desempenho" do projeto podem ser interpretados como um sistema de gerenciamento com recursos interativos, inter-relacionados e interdependentes, que evoluem em conjunto para alcançar os resultados desejados. Na medida em que os "domínios de desempenho" interagem, uma mudança ocorre (PMI, 2021).

Também, entende-se que as equipes de projeto reagem às mudanças com todo o sistema em mente e não apenas no domínio de desempenho específico em que aconteceu a mudança" (PMI, 2021). É nesse contexto que os campos da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos se

sobrepõem (KORDOVA; KATZ; FRANK, 2019): enquanto a Engenharia de Sistemas foca nos aspectos técnicos do desenvolvimento, o Gerenciamento se concentra em atividades semelhantes para todo o projeto (INCOSE, 2006).

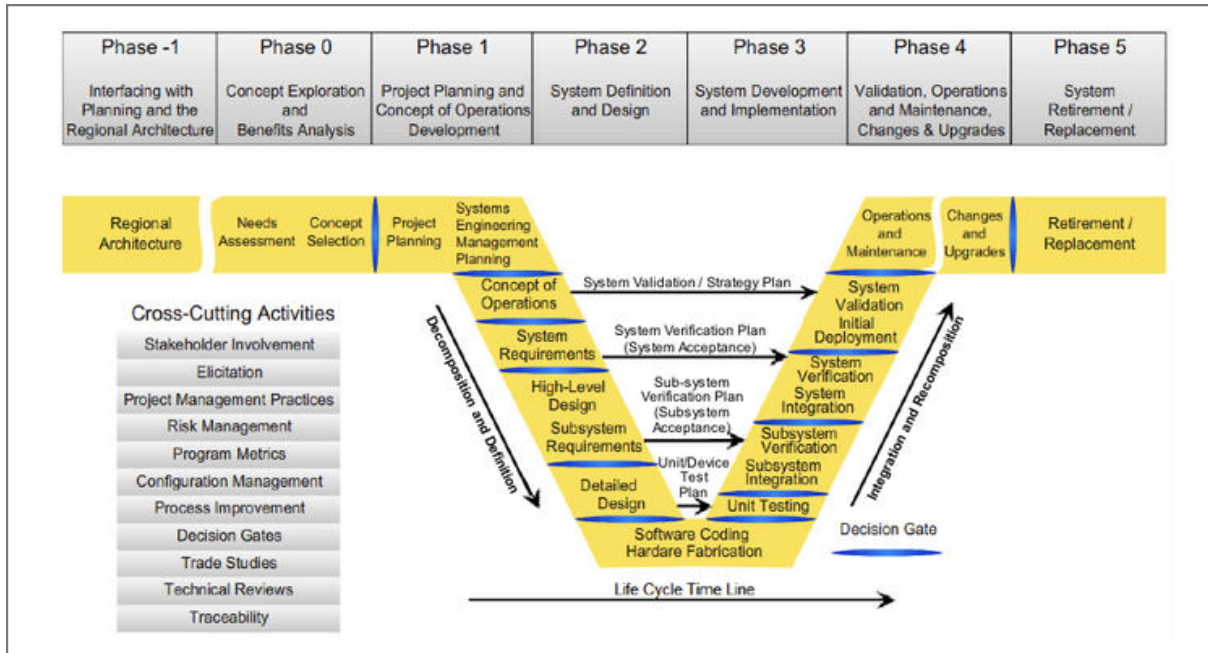
Um estudo conduzido no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), em parceria com o INCOSE (*International Council on Systems Engineering*) e o PMI (*Project Management Institute*), concluiu que, para a melhoria do desempenho do projeto, os domínios da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos devem se aproximar por meio da integração formal dos processos e da aplicação de boas práticas. O estudo possuía como objetivo monitorar o progresso das atividades para auxiliar a tomada de decisão em relação ao direcionamento do projeto, pois, frequentemente, decisões envolvem resultados conflitantes, múltiplos objetivos e interferências externas. Dessa forma, é fundamental que a tomada de decisão esteja embasada em informações conformes, adequadas e confiáveis (XUE, 2014).

As boas práticas da Engenharia de Sistemas são especialmente apropriadas para projetos que requerem um processo formal de gerenciamento de custo, prazo, tecnologia e complexidade (USARF, 2005). Os profissionais da área possuem habilidades em gestão de requisitos e *systems thinking*, sendo capazes de conectar os amplos objetivos da gestão aos detalhados trabalhos técnicos, de forma complementar e integrada, auxiliando na eficácia das decisões gerenciais (KORDOVA; KATZ; FRANK, 2019).

Adicionalmente, a Engenharia de Sistemas dispõe de processos de verificação e validação que exigem, periodicamente, a consolidação formal de evidências de conformidade dos requisitos em desenvolvimento (*Means of Compliance - MoC*).

Desse modo, o risco associado à incerteza tecnológica do projeto pode ser reduzido consideravelmente e, até mesmo, riscos técnicos podem ser identificados em tempo hábil para que a tomada de decisão seja eficaz (INCOSE, 2006; NASA, 2007).

Figura 6 - Processos de Engenharia de Sistemas.



Fonte: (UC Berkeley University, 2022).

2.1 O Amadurecimento Tecnológico como Resultado da Abordagem de Desenvolvimento do Projeto

A maturação tecnológica requer que requisitos técnicos sejam realimentados de forma contínua e iterativa de acordo com a necessidade de amadurecimento de cada subsistema do projeto. Para isso, a Engenharia de Sistemas dispõe de processos que fornecem dados suficientes para identificar de maneira direta o TRL das tecnologias. Mais especificamente, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” reúne um conjunto de atividades que visa garantir que as informações sobre o desenvolvimento sejam documentadas e as modificações, de fato, registradas (INCOSE, 2006; NASA, 2007).

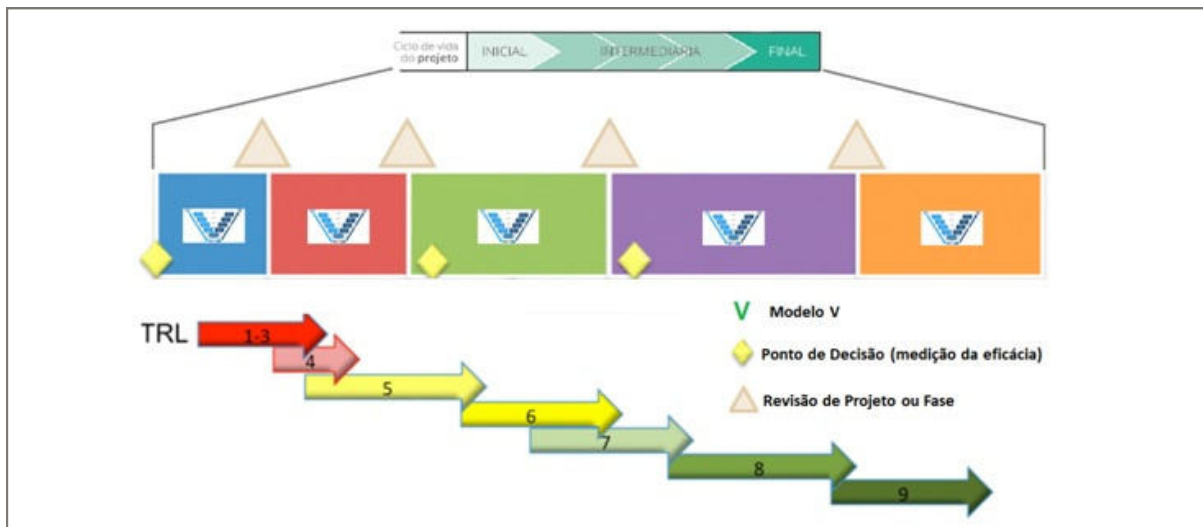
Adicionalmente, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” também faseia a “abordagem de desenvolvimento” em marcos que formalizam o status do projeto. Assim, cada fase é consolidada em uma Revisão de Projeto (*Project Review*), que consiste na análise da documentação por um comitê de especialistas. A viabilidade de progresso para a próxima etapa do

projeto é analisada, bem como se avaliam a consistência técnica, o avanço tecnológico e as possíveis alternativas em caso de dificuldade (IAE, 2019).

Outra contribuição do “processo de gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” é na gestão da complexidade do projeto (PMI, 2021). Isso ocorre porque as informações submetidas ao comitê devem estar verificadas. Assim, são reduzidos a ambiguidade, o risco e a incerteza, além de que é possível rastrear cada versão do produto, bem como suas especificações técnicas e de fabricação.

Por isso, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” não apenas sistematiza a “abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida” do projeto, como também impulsiona o amadurecimento das tecnologias a serem desenvolvidas. Isso ocorre porque a estruturação dos projetos de CT&I em fases permite que os processos gerenciais de monitoramento e controle sejam mais eficazes, visto que o nível do TRL caminha junto com as entregas previstas nas revisões de projeto ou *Project Review*, quando é calculado (CTA, 2007; IAE, 2019).

Figura 7 - Evolução do TRL no ciclo de vida do projeto.



Fonte: (GOVE, 2009).

3. CONCLUSÕES

A aplicação de boas práticas de Engenharia de Sistemas e de Gerenciamento de Projetos é especialmente apropriada para projetos de tecnologias sensíveis do setor aeroespacial e de defesa, devido a sua complexidade, embargos para aquisição e elevado custo de desenvolvimento.

Uma das boas práticas de projeto é a aplicação de métodos de Engenharia de Sistemas, uma vez que processos de Engenharia de Sistemas integrados ao Gerenciamento do Projeto aumentam a confiabilidade dos dados disponíveis para a tomada de decisão, os quais passam a ser baseados em evidências de conformidade, ou seja, comprovações de requisitos.

Ainda, como boa parte dos indicadores dos “processos de monitoramento e controle” dos projetos de CT&I são de execução, ou seja, refletem principalmente o andamento do plano de trabalho, a sistematização de novos processos visa buscar a definição de indicadores de desempenho (eficácia) que sejam capazes de refletir o real andamento do trabalho, de modo que a informação possua a confiabilidade necessária para que a tomada de decisão seja a mais eficaz possível.

Além disso, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” mostra-se adequado para acompanhar a evolução do TRL por meio de indicadores de eficácia localizados em marcos de decisão (*Project Reviews*). Com isso, a incorporação de processos de Engenharia de Sistemas contribui para o amadurecimento tecnológico, ao mesmo tempo que possibilita a sistematização da “abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida” do projeto.

Portanto, a sistematização de processos para a “abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida” de projetos aeroespaciais de CT&I contribui para a garantia do desempenho, da segurança e da confiabilidade dos produtos aeroespaciais. É por isso que os “processos de monitoramento e controle” dos projetos de sistemas críticos tendem a ser, cada vez mais, integrados formalmente a processos de Engenharia de Sistemas com foco no avanço das tecnologias requeridas para que o desenvolvimento cumpra sua missão e demais objetivos, tornando possível fomentar o complexo científico-tecnológico brasileiro a fim de enfrentar os desafios impostos pelas características da guerra moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Introdução ao IMATEC como ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica em projetos espaciais**. Brasília: AEB, 2018. 38p.

ARTIA. **O que é o ciclo de vida de um projeto**. Acesso em : 18/11/2022. Disponível em: < <https://artia.com/blog/ciclo-de-vida-de-um-projeto/> >

COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL. Diretriz de Tecnologia Aeroespacial. DTA 16: **Documentação técnico-gerencial de projetos**. São José dos Campos: CTA, 2007.

DE OLIVEIRA, Wankley Lima et al. **Encomendas tecnológicas em processos de obtenção de sistemas complexos de defesa**. Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares, v. 15, n. 53, p. 127-145, 2021.

GOVE, S. **Defining an Integration Readiness Level for Defense Acquisition**. In: International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE). Singapur. 2009.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. Norma Padrão de Ação. NPA-IAE 122/2019A: **Fases de desenvolvimento de sistemas espaciais**. São Jose dos Campos: IAE, 2019

INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS. Centro de Inovação Tecnológica. **Maturidade Tecnológica**. Acesso em: 18/11/2022. Disponível em: <<http://www.ifg.edu.br/cite?showall=&start=4>>

INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEM ENGINEERING. **Systems engineering handbook: a guide for system life cycle processes and activities**. 3. ed. Washington, USA: INCOSE, 2006. 185 p.

KORDOVA, Sigal; KATZ, Eyal; FRANK, Moti. **Managing development projects - the partnership between project managers and systems engineers.** Systems Engineering, v. 22, n. 3, p. 227-242, 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política nacional de defesa. Estratégia nacional de defesa.** Brasília: MD, 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Systems engineering handbook.** Washington, USA: NASA, 2007. 397 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management body of knowledge and the standard for the Project management.** 7. ed. EUA: PMI, 2021. 340 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK).** 6. ed. EUA: PMI, 2017. 726 p.

ROCHA, F. L. **Ciclo de Vida de Projeto.** Acesso em 18/11/2022. Disponível em: < <https://felipelirarocho.wordpress.com/2013/07/13/ciclo-de-vida-de-projeto/> >

UC Berkeley University. **Guiding the Project: The Systems Engineering Process.** Disponível em: <<https://connected-corridors.berkeley.edu/guiding-project-systems-engineering-process>>. Acesso em: 10/2/2023.

UNITED STATES AIR FORCE. Space & Missile Systems Center. **Systems engineering primer & handbook: concepts, processes, and techniques.** 3. ed. USA: USARF, 2005. 331 p.

XUE, Rui et al. **Integrating systems engineering with project management: a current challenge!** In: INCOSE International Symposium. 2014. p. 693-704.

GESTÃO DO CONHECIMENTO: SUA IMPORTÂNCIA E DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO NO ÂMBITO MILITAR - UM ESTUDO DE CASO NO INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI) E INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS (IEAv)

KNOWLEDGE MANAGEMENT: THE IMPORTANCE AND CHALLENGES IN ITS IMPLEMENTATION IN THE MILITARY SCOPE - A CASE STUDY AT THE INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI) E INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS (IEAV)



Maralyza Pinheiro Martins - Tenente Bibliotecária

maralyzampm@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Coordenadoria de Gestão do Conhecimento - CVD-GC

Coordenadoria da Gestão da Inovação Tecnológica - CVD-IT

Me. Victor Sant'Ana Horta - Tenente Bibliotecário

victorvsh@fab.mil.br



INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS - IEAv

Divisão de Informação em Ciência & Tecnologia - EICT

Divisão de Arquivo e Protocolo - EAP

RESUMO

O presente artigo tem o objetivo de apresentar os projetos de implantação de gestão do conhecimento (GC) do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial e do Instituto de Estudos Avançados, ambas organizações militares sediadas no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial em São José dos Campos, visando promover a reflexão da importância da gestão do conhecimento, suas limitações e vantagens no âmbito das organizações militares, fornecendo metodologias de GC para referências de futuras iniciativas de aplicações ou desenvolvimento.

Palavras-Chave: Gestão do Conhecimento; Organizações Militares; Desafios de Implantação; Estudo de Caso; IFI; IEAv.

ABSTRACT

This article aims to present the knowledge management (KM) implementation projects in the military organizations of the Industrial Fostering and Coordination Institute and the Advanced Studies Institute, both headquartered at the Department of Science and Aerospace Technology in São José dos Campos, aiming to promote reflection of the importance of knowledge management, its limitations and advantages within military organizations, providing KM methodologies for reference in future applications or development initiatives.

Keywords: Knowledge Management; Military Organizations; Deployment Challenges; Case Study; IFI; IEAv.

1. INTRODUÇÃO

A gestão do conhecimento avançou nos últimos anos e, apesar dos seus benefícios e importância, gerenciar os conhecimentos produzidos nas organizações é uma tarefa complexa e que envolve vários desafios na esfera administrativa, de gestão, de recursos humanos e principalmente na esfera motivacional. Cada organização possui sua cultura e processos, elementos basilares que norteiam o nível de desenvolvimento da gestão do conhecimento (GC) e suas aplicações.

Além dos elementos basilares anteriormente citados, a aplicação da GC nas organizações militares possui desafios específicos que retratam a própria dinâmica militar, seu nível de sigilo estratégico, de desenvolvimento e seus objetivos visando a defesa nacional.

O artigo tem como desafio apresentar os projetos de implantação de gestão do conhecimento do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial e do Instituto de Estudos Avançados, ambas organizações militares sediadas no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial em São José dos Campos, visando promover a reflexão da importância da gestão do conhecimento, suas limitações e vantagens no âmbito das organizações militares, fornecendo metodologias de GC para referências de futuras iniciativas de aplicações ou desenvolvimento.

2. O CONTEXTO MILITAR

As Forças Armadas têm a responsabilidade de defender o Brasil e são compostas pela Marinha do Brasil, pelo Exército Brasileiro e pela Força Aérea Brasileira. Em especial, a missão principal da Força Aérea Brasileira é "manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com vistas à defesa da pátria", com o objetivo de ser "uma força aérea de grande capacidade dissuasória, operacionalmente moderna e atuando de forma integrada para a defesa dos interesses nacionais." (BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA, 2018).

Com o foco no conceito "operacionalmente moderna" a Força Aérea Brasileira reconhece que é necessário encontrar o estado da arte para cumprir a sua missão, "este aspecto suscita a premência de carrear recursos orçamentários para investir-se em tecnologia de ponta, técnicas, táticas de vanguarda nos ambientes aéreo, espacial e cibernético" (BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA, 2018).

A presença de pesquisas e do desenvolvimento de tecnologias e suas aplicações com os níveis de certificações operacionais é algo vital e constante no contexto da defesa nacional, bem como os desafios inerentes a essas atividades, sejam eles por complexidade de pesquisa, recursos orçamentários, capacidade e capacitação de recursos humanos entre outros fatores que impactam diretamente.

Dentro da estrutura da Força Aérea Brasileira, o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) é o responsável por lidar com esses desafios e promover o avanço constante do desenvolvimento de novas aplicações tecnológicas.

O DCTA é o órgão de direção setorial, com sede em São José dos Campos, Estado de São Paulo, que tem o objetivo de planejar, gerenciar, realizar e controlar as atividades relacionadas com a ciência, tecnologia e inovação, no âmbito do Comando da Aeronáutica, atuando em projetos de grande valor estratégico para o país. (DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL, 2023).

O Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e o Instituto de Estudos Avançados (IEAv) são organizações militares integrantes do DCTA.

A missão do IFI é prestar serviços e realizar Pesquisa de Tecnologia Industrial Básica nas áreas de normalização, metrologia, certificação e coordenação industrial, para produtos e sistemas aeronáuticos militares e espaciais, a fim de fomentar o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial (INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL, 2023).

A missão do IEAV é realizar pesquisa básica e aplicada, de caráter científico e tecnológico, ampliando o conhecimento científico e o domínio de tecnologias estratégicas para fortalecer o Poder Aeroespacial Brasileiro (INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS, 2023).

3. GESTÃO DO CONHECIMENTO

3.1 Gestão do Conhecimento

A organização não pode ser considerada como uma máquina, mas os processos e interações existentes são complexos, representando a estrutura de um organismo vivo. O combustível para inovação é a produção de conhecimento (TAKEUCHI; NONAKA, 2008).

A gestão do conhecimento é estruturada em um processo integrador com objetivos de criação, organização e disseminação, intensificando o uso do conhecimento para fortalecer o desempenho geral da organização (CHIAVENATO, 2014). Tem o principal objetivo de aumentar a capacidade de resposta da organização ao meio ambiente com competência, inovações, desenvolvendo o conhecimento corporativo e a eficácia (TARAPANOFF, 2006).

3.2 Vantagens da Gestão do Conhecimento

Fundamentada na tentativa de desenvolver e aprimorar a capacidade organizacional de inovação (RODRÍGUEZ et al. 2013), a formalização do conhecimento possibilita obter uma melhoria contínua dos processos que exigem o mais alto nível de eficiência, reduzindo o tempo de conclusão de projeto e aumentando os níveis de qualidade, permitindo que a empresa exceda as expectativas de seus clientes (OLIVA, 2014). A gestão do conhecimento gera o aperfeiçoamento das capacidades técnicas, aprimora os serviços, o ambiente e avalia o desempenho e a qualidade alcançada (MARQUES JÚNIOR; ALBINO, 2011), resultando em um desenvolvimento sustentável das ações internas e externas para os indivíduos que participam direta ou indiretamente da produção (QUEL, 2006).

3.3 Desafios na implantação da Gestão do Conhecimento

A internalização das experiências vivenciadas pelos indivíduos - assim como as posteriores reflexões - é um processo demorado e complexo. Nas organizações é comum vivenciar a cultura do individualismo, em que o objetivo é ser "útil" ou se destacar com características técnicas diferenciadas. Para alcançar tal objetivo, os indivíduos acumulam o conhecimento individual, acarretando a formação de um "campo de batalha" entre os funcionários (HERRGARD, 2000).

Na avaliação e implementação de um sistema de gestão do conhecimento em uma organização, é importante compreender como os diferentes desafios ao fluxo de conhecimento afetam a evolução organizacional (LIN; WU; YEN, 2012). Porém as organizações normalmente não possuem comportamentos proativos, e as soluções e o desenvolvimento de estratégias para enfrentar os desafios relacionados ao gerenciamento do conhecimento geralmente ocorrem apenas após a existência dos problemas (PIRKKALAINEN; PAWLOWSKI 2014).

4. ESTRUTURA REFERENCIAL DA GC NO IFI E IEAV

4.1 Referencial teórico da GC no IFI e IEAV

A gestão do conhecimento é uma prática complexa e seu método de aplicação varia de acordo com os objetivos da organização, alinhados com os recursos disponíveis, cultura dos indivíduos e estrutura de gestão.

Os trabalhos de pesquisa de Batista, Quandt, Pacheco e Terra, Davenport e Prusak e da Asian Productivity Organization (APO) foram utilizados como referência para o projeto de implantação da gestão do conhecimento no IFI e IEAv. Os resultados obtidos nas pesquisas dos autores citados estabelecem critérios para as fases iniciais da implantação da GC nas organizações.

4.2 Mapeamento do Conhecimento

O principal objetivo - e o maior benefício - de um mapa do conhecimento é fazer com que as pessoas saibam onde está o conhecimento de que necessitam, ou seja, ligar diretamente quem quer saber a quem (ou o quê) sabe. De posse da informação sobre a fonte do conhecimento, os funcionários não precisam perder tempo começando da estaca zero em algo que alguém já fez antes e conhece melhor, o que reduz erros e suposições, agiliza a solução de problemas, poupa tempo e evita o retrabalho, além de revelar pontos fortes a serem explorados e pontos de carência a serem melhorados.

5. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA GC NO INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (IFI)

5.1 Contexto geral do IFI

O conhecimento sempre teve sua importância ressaltada ao longo dos tempos. A grande novidade é que, nos últimos anos, essa importância foi realçada, sendo o conhecimento elevado ao patamar de grande patrimônio da humanidade. Com a globalização dos mercados e o ritmo acelerado em que ocorre a geração e disseminação da informação, a maioria das empresas passou a operar em um ambiente cada vez mais dinâmico. A competitividade das empresas e instituições passou a ser definida pela sua capacidade de gerir o conhecimento, principalmente aquele resultante do desenvolvimento científico e tecnológico e da inovação (PROBST, RAUB & ROMHARDT, 2002).

Nesse contexto, o IFI em 2018 implementou a Coordenadoria de Gestão do Conhecimento, tendo a gestão do conhecimento como um de seus pilares. Com isso nos últimos cinco anos o IFI vem estruturando a coordenadoria e tendo seu planejamento alinhado com as demandas do DCTA, corroborando com a disseminação da cultura de gestão do conhecimento em todo o Instituto.

Sendo assim, os princípios norteadores do plano de gestão para o período 2021-2023 do Instituto são direcionados na busca da aplicação da GC nas Divisões, Assessorias e Coordenadorias, buscando ampliar e divulgar a cultura da GC na organização militar de forma estratégica.

5.2 Gestão do conhecimento no IFI

A gestão do conhecimento no IFI foi estruturada considerando os desafios e a complexidade do contexto dos serviços prestados pela organização militar, voltados para pesquisa de tecnologia industrial básica, dando ênfase aos pilares que regem o instituto: normalização, metrologia, certificação e coordenação industrial para produtos e sistemas aeronáuticos, militares e espaciais, com objetivo principal de fomentar o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas no campo do Poder Aeroespacial.

Sendo assim a gestão do conhecimento do IFI foi dividida em 3 etapas. As mesmas podem ocorrer de forma simultânea, não dependendo que uma etapa finalize para iniciar outra.

A primeira fase foi a criação da Coordenadoria de Gestão do Conhecimento, que está subdividida em três seções: Planejamento, Informação e Ensino. Na segunda fase, iniciou-se o processo de implementação das metodologias de Gestão do Conhecimento, que estão divididas em três fases:

- 1) Mapeamento dos conhecimentos técnicos essenciais do IFI;
- 2) Lições aprendidas (LA); e
- 3) Entrevistas (aposentadoria, missões e cursos).

O principal objetivo da aplicação da GC no IFI é fazer o gerenciamento eficaz do conhecimento produzido no Instituto, principalmente das áreas finalísticas, a fim de que esse conhecimento esteja acessível e seja aproveitado estrategicamente para gerar resultados de forma eficiente e eficaz para a organização.

5.3 Etapas da implementação

No contexto geral, o conhecimento e os resultados desenvolvidos no IFI estão sendo registrados na elaboração do MCTE, este em Planilha Excel utilizando o 5W2H, ferramenta de gestão que utiliza uma metodologia de sete perguntas-chave que precisam ser respondidas na fase de escopo e definição do projeto, estando em processo de implantação com foco nas áreas finalísticas do IFI.

Assim, o controle de conhecimento essencial do IFI já se configura como uma base estrutural na esfera da gestão da informação para facilitar os primeiros passos da GC no contexto técnico e estratégico.

As lições aprendidas estão em processo de implantação, com a fase de elaboração do Manual de Lições Aprendidas do IFI, e as Entrevistas estão sendo realizadas mensalmente, conforme indicação dos gestores das Divisões. (Essa etapa é evidenciada pelos documentos: entrevista retorno de curso, de missão e entrevista de aposentadoria, seguindo um roteiro pré-estabelecido de forma estratégica para atender as demandas do Instituto, materializando-se através de vídeos, em parceria com a Comunicação Social da organização militar).

Os mapeamentos estão sendo estruturados em planilhas. As informações das planilhas terão validade permanente. Será necessário validar e/ou atualizar os dados existentes anualmente. Os mapeamentos têm quatro focos:

- a) Contextualização do conhecimento: tem o objetivo de alinhamento dos parâmetros de produção de conhecimento e operação dentro do IFI.
- b) Mapeamento das atividades: tem o objetivo de levantar quais são as atividades realizadas no contexto do IFI e quais são os responsáveis pela atividade, qual o nível de criticidade relativo a reter conhecimento de determinado serviço ou assunto que impacta nas atividades do IFI, com relação às áreas de conhecimento essenciais para o instituto.

c) Plano de Ação: utilizando a metodologia 5W2H, executar o plano de ação com as possíveis melhorias relativas à criticidade de conhecimento do IFI.

d) Lições Aprendidas: registrar as lições aprendidas relativas aos conhecimentos essenciais do IFI, estimulando a troca de ideias e conhecimentos sobre as diversas atividades executadas pelas áreas dentro da organização. As lições aprendidas trazem não somente pontos positivos, mas apresentam os pontos de melhoria e suas possíveis soluções. A aplicação da LA tem como objetivo relato espontâneo das experiências individuais e coletivas dos colaboradores.

6. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA GC NO INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS (IEAv)

6.1 Contexto geral do IEAv

Com o desenvolvimento de tecnologias de aplicação dual (civil e militar), as contribuições do Instituto de Estudos Avançados (IEAv) possuem grande impacto no desenvolvimento e aplicação tecnológica do país.

Com o seu alto potencial e competência no campo de pesquisa aeroespacial, o IEAv atualmente está desenvolvendo um protótipo de veículo aéreo não tripulado hipersônico brasileiro, o 14-X, considerado um projeto pioneiro na esfera da propulsão hipersônica no mundo e sendo integrado aos projetos estratégicos da Força Aérea Brasileira.

O IEAv se estrutura nas seguintes divisões de pesquisa:

- Fotônica;
- Energia Nuclear;
- Física Aplicada;
- Aerodinâmica e Hipersônica;
- C4ISR (Comando, Controle, Comunicação, Computação, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento); e
- Suporte Tecnológico.



É demonstrado, pela estrutura apresentada, o potencial volume dos conhecimentos técnicos e científicos produzidos e adquiridos no processo de pesquisa. São variadas linhas de estudo com o foco direcionado para a defesa nacional. Com essa realidade, é vital que os conhecimentos desenvolvidos e adquiridos sejam retidos, formalizados e compartilhados através da gestão do conhecimento.

6.2 Gestão do Conhecimento no IEAv

A gestão do conhecimento no IEAv foi estruturada considerando os desafios e a complexidade do contexto, e sua aplicação foi condicionada a ser realizada por fases. A primeira fase foi denominada FASE A e está em processo de implantação.

O principal objetivo da aplicação da GC no IEAv é fazer o gerenciamento eficaz do conhecimento científico produzido no Instituto, a fim de que esse conhecimento esteja acessível e seja aproveitado estrategicamente para gerar resultados ainda mais positivos.

O conceito geral da implementação da GC no IEAv é baseado em práticas Progressivas, Simples e Sustentáveis (PS²). Progressiva: adoção de práticas de acordo com o nível de maturidade da organização em relação à GC. Simples: adoção de práticas que não impactem diretamente nos trabalhos e pesquisa local. É importante ter o mínimo conhecimento do funcionamento e fluxo dos setores com o objetivo de agregar as práticas de GC ao que já é praticado no contexto local. Sustentável: adoção de práticas de GC que possam perdurar ao passar do tempo, independente das possíveis trocas de gestão ou pessoas do efetivo.

Os mapeamentos do conhecimento serão estruturados em planilhas. As informações das planilhas terão validade de 2 anos. Após esse tempo, será necessário validar e/ou atualizar os dados existentes. Os mapeamentos do conhecimento terão dois focos:

- 1) Contextualização do conhecimento: tem o objetivo de alinhamento dos parâmetros de pro-

dução de conhecimento e operação dentro do IEAv; e

- 2) Mapeamento das atividades e estrutura de compartilhamento.

6.3 Etapas da implementação

No contexto técnico e de pesquisa, o conhecimento e os resultados das pesquisas desenvolvidas no IEAv, traduzidos em documentos formalizados como relatórios, artigos, manuais etc., já são controlados através do sistema de publicações que a Divisão de Informação em Ciência e Tecnologia (EICT) desenvolve no Instituto. Ao final do ano de 2020 a EICT atualizou o seu sistema de controle de publicações, disponibilizando para visualização na plataforma NextCloud (sistema de nuvem interna) do IEAv.

Assim, o controle de publicações do IEAv já se configura como uma base estrutural na esfera da gestão da informação para facilitar os primeiros passos da GC no contexto técnico e de pesquisa.

No contexto da produção científica é necessária a existência de metodologias controladas para garantir o rigor dos resultados obtidos. Esse controle das metodologias permeia o uso de materiais, fórmulas, programas, processos, maquinário etc. Em alguns casos, essas metodologias são desenvolvidas pelos próprios pesquisadores no avanço dos trabalhos e estudos. Independente da origem das metodologias, fica evidente o valor existente desse conhecimento estrutural para o contexto de pesquisa e a importância do registro de tais conhecimentos para preservar a qualidade das práticas e evitar o retrabalho. Para o registro específico, foi recomendado utilizar as Instruções de Trabalho (IT).

Antigamente, o IEAv possuía um controle adicional das publicações que era sistematizado através de códigos de atividades de pesquisa. De acordo com a área de pesquisa, um código específico era atribuído como identificador. Nos antigos formulários de registro de publicação técnico-científica, o código era fornecido pelos autores da publicação. Hoje, através do novo con-

trole de publicações foi possível verificar os antigos agrupamentos das linhas de pesquisa de cada área. Esse tipo de indicador é fundamental para uma análise aprofundada da produção específica das áreas de pesquisa e para a identificação do grau de rendimento de uma determinada linha de pesquisa. O objetivo é retornar com a utilização dos códigos de atividade de pesquisa.

O registro de lições aprendidas estimula a troca de ideias entre participantes dessas atividades com outras áreas da organização que possam usufruir das experiências vividas em cada projeto. O formulário de lições aprendidas será adicionado ao formulário de registro de publicações, compondo como documento essencial no processo de registro. É importante que os relatos e experiências vivenciadas nos projetos ou estudos sejam registrados durante a sua execução e não sejam feitos somente após a conclusão total. O registro gradual permite um relato mais fidedigno das experiências e sensações vividas, evitando lacunas ou registros superficiais.

A comunidade prática designa um grupo de pessoas que se unem em torno de um mesmo tópico ou interesse. Essas pessoas trabalham juntas para achar meios de melhorar o que fazem, ou seja, na resolução de um problema na comunidade ou no aprendizado diário, através da interação regular. Partindo da referência e reflexões do caderno de lições aprendidas, os pesquisadores do IEAv - bem como a Direção - devem se organizar para viabilizar as comunidades práticas. As comunidades práticas terão dois níveis de aplicação:

- a) Comunidade prática nas Divisões: O objetivo é extrair reflexões, soluções e planejamentos a partir das experiências vivenciadas nos projetos e pesquisas que estão compiladas no caderno de lições aprendidas; e
- b) Comunidade prática entre os chefes de Divisões e Direção do IEAv: Tem o foco no planejamento do IEAv, através da análise e reflexões das comunidades práticas das Divisões sobre as lições aprendidas. O objetivo é contribuir para as estratégias e alinhamento gerencial entre as Divisões e Direção.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo limitou-se a verificar as práticas de gestão do conhecimento no Instituto de Fomento e Coordenação Industrial e no Instituto de Estudos Avançados do DCTA.

Foi possível verificar que cada organização militar possui a sua cultura, práticas funcionais e administrativas. Esses elementos afetam diretamente a implementação da gestão do conhecimento.

Dentro do contexto das duas organizações militares analisadas, os principais desafios identificados no processo de implementação inicial da GC foram:

- Cursos de aperfeiçoamento e promoção de militares: a capacitação é uma constante na carreira militar.
- Redução do efetivo e acúmulo de atividades: grande parte do efetivo de especialistas do IFI e IEAv já está se aposentando ou já pode se aposentar. Com o efetivo reduzido, as Divisões sofrem um acúmulo da carga de atividades administrativas e de pesquisa.
- Baixa taxa de reposição dos servidores civis, acarretando na baixa retenção do conhecimento: seguindo o mesmo contexto da redução de efetivo e aposentadorias, há uma lacuna muito grande na reposição do efetivo civil. Essa análise deve ser realizada e refletida com o apoio do próprio efetivo da organização, visando um equilíbrio prático e funcional.

Estudos de caso sobre a aplicação da gestão do conhecimento no âmbito militar é algo necessário e vital para promover reflexões orientadas para a construção de um ambiente eficiente, integrado e compartilhado. Analisar os sucessos e desafios nessa jornada complexa da gestão do conhecimento proporciona alternativas práticas para uma aplicação consistente da gestão do conhecimento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, F.F.; QUANDT, C.O.; PACHECO, F.F.; TERRA, J.C.C. **Gestão do conhecimento na administração pública**. Brasília: Ipea, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. COMANDO DA AERONÁUTICA. **Concepção estratégica força aérea 100**: DCA 11-45. Brasil: [s.l.], 2018.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Campus, 2014.

DAVENPORT, T.H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL. **Intraer do DCTA**, 2023. Histórico. Disponível em: <<https://dcta.mil.br/index.php/historico>>. Acesso em 09 de fev 2023

HERRGARD, T. H. Difficulties in diffusion of tacit knowledge in organizations. **Journal of Intellectual Capital**, v. 1, n. 4, p. 357-365, 2000.

INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS. **Intraer do IEAv**, 2023. Missão, visão e valores. Disponível em: <<https://ieav.dcta.mil.br/index.php/missao-visao-e-valores>>. Acesso em: 09 de fev 2023

INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL. **Intraer do IFI**, 2023. Missão, visão e valores. Disponível em: <<https://ifi.dcta.mil.br/index.php/missao-visao-e-valores>>. Acesso em: 09 de fev 2023.

LIN, C.; WU, J.-C.; YEN, D. C. Exploring barriers to knowledge flow at different knowledge management maturity stages. **Information & Management**, v. 49, p. 10-23, 2012.

MARQUES JÚNIOR, E.; ALBINO, J. P. Gestão do conhecimento e recursos humanos em bibliotecas universitárias e portuguesas. **Nova Série**, v.7, n.1, p. 74-89, jan./jun. 2011.

OLIVA, F. O. Knowledge management barriers, practices and maturity model. **Journal of Knowledge Management**, v. 18, n. 6, p. 1053-1074, 2014.

PIRKKALAINEN, H.; PAWLOWSKI, J. M. Global social knowledge management: understanding barriers for global workers utilizing social software. **Computers in Human Behavior**, v. 30, p. 637-647, 2014.

QUEL, L. F. **Gestão de conhecimento: e os desafios da complexidade nas organizações**. São Paulo: Saraiva, 2006.

RODRÍGUEZ, A. L et al. Knowledge management and the effectiveness of innovation outcomes: the role of cultural barriers. **The Electronic Journal of Knowledge Management**, v. 11, n. 1, p.62-71, 2013.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. **Gestão do conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TAPARANOFF, K. Informação, conhecimento e inteligência em corporações: relações e complementaridade. In: TAPARANOFF, K. (Org.) **Inteligência, informação e conhecimento**. Brasília: UNESCO/IBICT, 2006. pag. 19-36.

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. **Working knowledge: how organizations manage what they know**. Boston: Harvard Business School Press, 1998.

PROBST, G. RAUB, S; ROMHARDT, K. . **Gestão do conhecimento: os elementos construtivos do sucesso**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

YOUNG, R. **APO Knowledge management facilitators' guide**. Tokyo: APO. 2020.

QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL EM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PELO IFI

*QUALIFICATION OF PERSONNEL IN
NON-DESTRUCTIVE TESTING BY IFI*

Eduardo Gomes Mendonça - Tecnologista Pleno

eduardoegm1@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Divisão de Certificação de Sistemas de Gestão - CSG
Coordenadoria de Proteção Radiológica - CVD-PR

Lucas Rafael Costa de Castro - Técnico

lucaslrcc@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Divisão de Certificação de Sistemas de Gestão - CSG

Rafael Rodrigo de Paula Prado - Técnico

pradorrpp@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Divisão de Certificação de Sistemas de Gestão - CSG

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar os dados sobre a qualificação de pessoal em ensaios não destrutivos (END) nos últimos 3 anos e destacar a importância do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) no setor aeroespacial. A metodologia utilizada foi de pesquisa quantitativa documental, em que os dados do setor de qualificação são apresentados através de tabelas e gráficos. O IFI é o principal órgão de qualificação de pessoal em ensaios não destrutivos no setor aeroespacial no Brasil, portanto a grande maioria dos profissionais é formada pelo Instituto.

Palavras-chave: Ensaios Não Destrutivos; Qualificação de Pessoal; Inspeção; Certificação; Método de Ensaio; Técnica de Ensaio.

ABSTRACT

This work aims to present data on the qualification of personnel in non-destructive testing (NDT) in the last 3 years and highlight the importance of IFI in the aerospace sector. The methodology used was documentary quantitative research where data from the qualification sector are presented through tables and graphs. The IFI is the main body for qualifying personnel in non-destructive testing in the aerospace sector in Brazil, therefore the vast majority of professionals are formed by the Institute.

Keywords: Non-Destructive Testing; Personnel Qualification; Inspection; Certification; Test Method; Test Technique.

1. INTRODUÇÃO

O laboratório de ensaios não destrutivos do IFI tem duas funções principais: a realização de ensaios e a qualificação de pessoal. O setor de qualificação é responsável pelo treinamento de pessoal das forças armadas, empresas aéreas, oficinas de manutenção e fabricantes. O IFI fornece cursos de qualificação níveis 1, 2 e 3 em conformidade com a norma NAS 410 nos seguintes métodos:

- Líquido penetrante (LP);
- Partículas magnéticas (PM);
- Ultrassom (US);
- Correntes Parasitas (CP);
- Radiografia Industrial (RX).

1.1 Terminologia

ENSAIO NÃO DESTRUTIVO

É um exame, teste ou avaliação realizado em qualquer tipo de objeto, sem alterá-lo em nenhum aspecto, a fim de determinar a ausência ou presença de condições ou descontinuidades que podem ter um efeito sobre a utilidade ou aplicação desse objeto. Por essa razão, podem ser usados para detectar falhas em produtos acabados, semi-acabados ou em uso. Principais vantagens dos Ensaios Não Destrutivos:

- Aumento da produtividade, evitando-se gastos de tempo e energia;
- Permite que seja indicado o local da descontinuidade;

- Previne o mau funcionamento de equipamentos vitais;
- Localiza falhas de processo ou utilização de peças.

Atualmente, são inúmeros os tipos de ensaios, cada um com suas características próprias que devem ser observadas, tendo em vista as condições do material a ser ensaiado. Para determinados objetivos, um ensaio pode ser complementado por outro, ou seja, utilizar um ensaio para suprir as limitações do ensaio antecessor. Na tabela 1, na página seguinte, estão citados os principais ensaios não destrutivos da atualidade.

QUALIFICAÇÃO

A habilidade, treinamento, conhecimento, experiência e acuidade visual requerida para que o indivíduo desempenhe apropriadamente um determinado nível de qualificação (NAS 410).

CERTIFICAÇÃO

Declaração escrita por um empregador, indicando que um indivíduo atende aos requisitos da norma (NAS 410).

MÉTODO DE ENSAIO

Uma das disciplinas dos ensaios não destrutivos (Líquido Penetrante, Partículas Magnéticas etc.) em que diferentes técnicas de ensaio podem existir.

TÉCNICA DE ENSAIO

Uma categoria dentro de um método, por exemplo técnica de Ultrassom por imersão, técnica de Ultrassom por contato etc.

Tabela 1- Principais Ensaios Não Destrutivos da Indústria Atual.

TIPO DE ENSAIO	RESUMO	APLICAÇÃO	DESCONTINUIDADES ALCANÇADAS
CORRENTES PARASITAS	Indução de correntes que se propagam no material e que, ao encontrar uma descontinuidade, desbalanceiam o sistema.	Materiais condutores elétricos	Descontinuidades superficiais ou pouco abaixo da superfície: trincas, corrosão, além de diferenciação de condutividade.
LÍQUIDO PENETRANTE	Penetração de líquido oleoso em pequenas descontinuidades (capilaridade) e sangramento por meio de revelador.	Materiais não porosos	Superficiais: trincas, poros, corrosão e demais descontinuidades abertas à superfície
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Aplicação de partículas ferrosas sobre componentes, que se aglomeram, por meio do magnetismo, acima de eventuais descontinuidades.	Materiais com propriedades ferromagnéticas.	Descontinuidades superficiais ou pouco abaixo da superfície: especialmente trincas.
RADIOGRAFIA	Captação da diferenciação de absorção da radiação em um componente.	Quase todos os tipos de materiais, inclusive lacrados, desde que não blindem a radiação (chumbo por exemplo).	Internas: contrações, porosidades, inclusões, trincas, falta de fusão, falta de penetração etc. Técnicas adequadas possibilitam a detecção de descontinuidades superficiais.
SHEAROGRAFIA	Mensuração de diferenças em imagens subsequentes, analisadas por meio de dados digitais, captados por laser.	Materiais opacos.	Descontinuidades superficiais: delaminações, descolamentos, microtrincas etc.
TERMOGRAFIA	Mapeamento da emissão de energia térmica irradiada por um corpo, que possui variação térmica em regiões críticas ou defeituosas.	Materiais não isolantes térmicos.	Descontinuidades superficiais ou pouco abaixo da superfície: vazios, poros, delaminações etc.
ULTRASSOM	Criação de ondas sonoras e captação de ecos de interface, por meio de cristal piezoelétrico.	Materiais com boa propagação sonora (metais, madeiras, compósitos etc.).	Internas e superficiais: trincas, delaminações, descontinuidades com fundo plano etc.

Fonte: Os Autores.

2. BREVE HISTÓRICO

O IFI tem, historicamente, no âmbito latino-americano, uma relevância essencial na qualificação de pessoal em ensaios não destrutivos, etapa que antecede a certificação do profissional pela empresa. Desde o ano de 1976, o Sistema de Qualificação fornecido por este Instituto tem se consolidado e foi adotado pela maioria das empresas e organizações aeronáuticas brasileiras como o único que atendia aos requisitos de qualificação vigentes e, inclusive, sendo reconhecido por autoridades estrangeiras como a ENAER (Chile) e a FAA (USA).

Atualmente, o IFI mantém 1.489 qualificações de civis e militares nos níveis 1, 2 e 3 em END. Fornece, anualmente, os cursos de qualificação e processos de requalificação nos métodos convencionais (Correntes Parasitas, Líquido Penetrante, Partículas Magnéticas, Raios X e Ultrassom), além de reconhecer cursos fornecidos por outros indivíduos nível 3 que foram qualificados no IFI (de acordo com NAS 410), tendo a exclusividade de aplicação das provas de qualificação e requalificação (geral, específica e prática) nas instalações deste Instituto.

2.1 Qualificação de Pessoal NAS 410

O IFI qualifica pessoal em Ensaios Não Destrutivos em conformidade com a norma aeronáutica NAS 410 (*National Aerospace Standard*) da AIA (*Aerospace Industries Association*) níveis 1, 2 e 3 nos seguintes métodos de ensaio:

- Líquido penetrante;
- Partículas magnéticas;
- Ultrassom;
- Correntes Parasitas; e
- Radiografia Industrial.

A norma NAS 410 classifica os profissionais em função de suas atribuições e responsabilidades em 3 níveis, conforme apresentado a seguir:

NÍVEL 1 - OPERADOR - O indivíduo nível 1 deve:

- 1) Estar apto a seguir instruções de trabalho;
- 2) Ter habilidades e conhecimento para processar peças, documentar resultados e realizar ajustes de equipamentos;
- 3) Ter habilidades e conhecimento para preparação necessária de peças, antes ou após o ensaio, conforme instrução de trabalho;
- 4) Ter habilidades e conhecimento para conduzir as verificações do desempenho do sistema, de acordo com norma aplicável;
- 5) Receber orientação ou supervisão de um nível 2 ou 3, quando necessário; e
- 6) Em adição, com aprovação escrita do nível 3 responsável, o nível 1 pode realizar interpretações e avaliações de produtos específicos ou disposição de produto para aceitação ou rejeição, conforme instrução de trabalho.

NÍVEL 2 - INSPETOR - O indivíduo nível 2 deve:

- 1) Ter habilidades e conhecimento para ajustar e calibrar equipamentos, processar peças, interpretar e avaliar para aceitação ou rejeição, documentar os resultados e conduzir as verificações do desempenho do sistema, de acordo com norma aplicável;
- 2) Estar completamente familiarizado com a finalidade e limitações do método e técnica no qual é qualificado e ser capaz de fornecer as necessárias orientações a trainees e pessoal nível 1;

- 3) Estar familiarizado com os códigos, normas, e outros documentos contratuais de controle do método, conforme utilizado pelo empregador;
- 4) Ser capaz de desenvolver instruções de trabalho para aprovação por um nível 3; e
- 5) Ter conhecimento básico dos processos de fabricação relevantes e tecnologia de inspeção

NÍVEL 3 - EXAMINADOR - O indivíduo nível 3 deve:

- 1) Ter habilidades e conhecimento para interpretar códigos, normas e outros documentos contratuais que controlem o método, conforme utilizado pelo empregador;
- 2) Ser capaz de assumir a responsabilidade técnica pela instalação e equipe de END;
- 3) Ser capaz de selecionar o método e técnica para um ensaio específico;
- 4) Preparar e verificar a adequação dos procedimentos e instruções de trabalho;
- 5) Aprovar procedimentos de END e instruções de trabalho quanto à adequação técnica;
- 6) Ter conhecimento geral de todos os outros métodos de END e tecnologias de fabricação e inspeção utilizados pelo empregador;
- 7) Ser capaz de conduzir ou dirigir treinamento, avaliação e certificação de pessoal;
- 8) Conduzir os END para a aceitação de peças e documentar resultados (somente quando a proficiência nessa capacidade estiver incluída no exame prático durante o ensaio para qualificação); e
- 9) Se previsto na documentação, ser capaz de auditar agências externas.

Para bom desempenho das funções dos profissionais em END, a qualificação do candidato deverá atender as etapas e requisitos previstos na norma. Os principais pontos são:

Treinamento Formal: A norma NAS 410 estabelece o conteúdo programático, a estrutura, o tempo mínimo de treinamento formal para qualificação em ensaios não destrutivos e os profissionais habilitados para ministrar as aulas. Esse treinamento formal contempla os conhecimentos teóricos do ensaio, a utilização e interpretação de documentação técnica e realização prática dos ensaios.

Provas: Os candidatos para qualificação nos níveis 1, 2 e 3 devem realizar as provas geral, específica e prática, com número mínimo de questões estabelecido pela norma NAS 410. A prova prática consiste na execução do ensaio em dois corpos de prova em função do nível de qualificação. Para o nível 1 o profissional deve cumprir os procedimentos estabelecidos executando o ensaio na íntegra. O nível 2, além das exigências do nível 1, agrega também a responsabilidade de interpretar os documentos aplicáveis e dar o laudo de aceitação ou rejeição do componente. Os níveis 3 avaliados pelo IFI, além de comprovarem a proficiência conforme prova prática do nível 2, necessitam também confeccionar os procedimentos que estabelecerão as diretrizes do ensaio para determinado componente.

Os critérios para aprovação utilizados pelo IFI e estabelecidos pela norma são:

- Média de aprovação: 80%
- Notas de corte nas provas individualmente: 70%
- Frequência mínima nos cursos: 90% (critério IFI).

Experiência: Candidatos para a qualificação nos níveis 1, 2 e 3 devem ter experiência prática suficiente para assegurar que são capazes de realizar os deveres do nível para o qual a qualificação é desejada. Conforme a norma, essa experiência deve ser adquirida no ambiente de trabalho do candidato, por meio da realização de ensaios reais sob a supervisão de profissionais qualificados/certificados em níveis superiores à qualificação pretendida. A norma NAS 410 estabelece a carga horária mínima exigida para cada nível e método, e o IFI adapta esse critério para uma configuração de meses (utilizado apenas como triagem).

Validade e Requalificações: A validade das qualificações e requalificações de todos os níveis e métodos é de 5 anos. Antes do vencimento os profissionais devem se requalificar para poder continuar exercendo suas atividades. Para as requalificações o candidato será submetido, para o nível 1, às provas específica e prática. Para os níveis 2 e 3, às provas específica (interpretação e uso de normas) e prática.

Sanções: A norma também estabelece os procedimentos em caso de falhas do profissional no desempenho de suas atividades. Esse controle é feito pela gestão da certificação, que é realizada somente pelo empregador.

3. RESULTADOS DOS ÚLTIMOS 3 ANOS

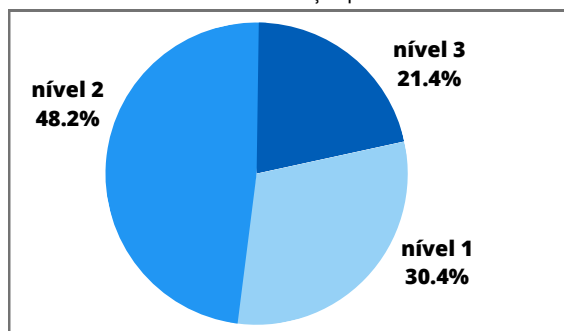
A tabela 2 demonstra a quantidade de qualificações dentro do limite de validade na data mencionada em função dos diversos métodos e níveis. O valor percentual equivale à proporcionalidade de cada método de qualificação em função do total.

Tabela 2 - Número de Qualificações por Nível e Método

QUALIFICAÇÕES VÁLIDAS						24/02/23
	CP	LP	PM	RX	US	TOTAL
N1	94	173	94	27	65	453
N2	166	242	167	28	115	718
N3	61	96	64	31	66	318
%	22%	34%	22%	6%	17%	

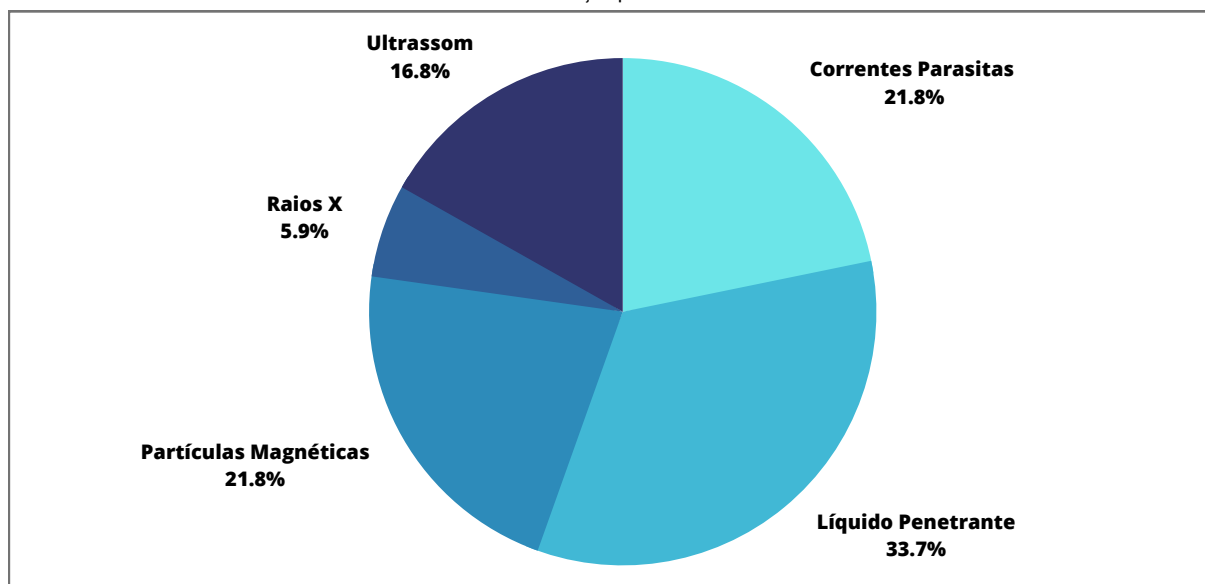
Fonte: Os Autores.

Gráfico 1 - Distribuição por nível.



Fonte: Os Autores.

Gráfico 2 - Distribuição por Método de Ensaio.



Fonte: Os Autores.

Tabela 3 - Número de Cursos e Alunos (últimos 3 anos).

ANO 2020		
Número de Cursos	Número total de Alunos	Número de Qualificações Após o Curso
04	49	26
ANO 2021		
Número de Cursos	Número total de Alunos	Número de Qualificações Após o Curso
11	247	105
ANO 2022		
Número de Cursos	Número total de Alunos	Número de Qualificações Após o Curso
10	449*	189

**A partir do início de 2022 os cursos foram divididos em módulos A e B, aumentando o número de inscrições.*

Fonte: Os Autores.

Tabela 4 - Número de Requalificações Executadas (últimos 3 anos).

2020	2021	2022
147	192	163

Fonte: Os Autores.

Tabela 5 - Número de Qualificações a vencer (próximos 3 anos).

2023	2024	2025
249	339	173

Fonte: Os Autores.

Para o ano de 2023 está prevista a realização de 11 cursos de END e também serão disponibilizados 05 períodos para a requalificação de pessoal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O período de pandemia de Covid-19 foi singularmente desafiador para o setor de Ensaios Não Destrutivos do IFI, uma vez que as atividades de treinamento e qualificação de pessoal requerem por norma a execução de atividades presenciais, o que foi impossibilitado nos momentos de pico da contaminação. Esse número se reflete especialmente na redução dos números dos alunos do ano de 2020. O setor avançou muito na organização das atividades desempenhadas, propiciando um escalonamento das atividades, evitando aglomerações nos auditórios e laboratórios. No ano de 2021, o setor criou de forma emergencial uma parte do treinamento que pode ser ministrada de forma online, o que embasou a atual divisão dos treinamentos em módulos A e B. Essa nova divisão favorecerá que os cursos módulos A possam futuramente ser ministrados de forma online, conforme organização do Instituto.

Desde o ano de 2019 vem sendo realizada a revitalização do laboratório de END, passando pela infraestrutura predial, aquisição de equipamentos e redistribuição dos laboratórios.

Os laboratórios de END do IFI têm continuamente atualizado seus equipamentos, acessórios e acervo de corpos de prova, visando estar em consonância com as tecnologias e materiais efetivamente empregados pelas empresas e organizações do setor aeroespacial. Os profissionais dos laboratórios de END também têm se atualizado por meio de treinamentos internos e externos e de visitas técnicas.

Convém destacar que, do total de alunos e candidatos à qualificação em END, em média 4% dos profissionais qualificados são de nacionalidade estrangeira (atualmente chilenos e argentinos). Dos alunos presentes em cursos, aproximadamente 60% são profissionais civis do setor aeroespacial, e os 40% restantes são militares das forças armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica). Já no total de qualificações válidas, aproximadamente 90% são profissionais civis do setor aeroespacial, e os 10% restantes são militares das forças armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica).

A partir da demanda das empresas e Organizações Militares (OM) por novas tecnologias em END, para os próximos anos está prevista a implantação de novos cursos: Termografia Infravermelha e Radiografia Digital (técnicas computadorizadas e direta-DDA). Foram adquiridos duas câmeras termográficas e o aparelho *Flat Panel* para radiografia digital direta. Para implantação dos novos cursos e sistema de qualificação para esses métodos, resta apenas a qualificação do pessoal do IFI, conforme norma NAS410, em instituições autorizadas, conforme previsto no PTA-IFI 2023.

Dos 37 cursos previstos no calendário do IFI para o ano de 2023, 22 são ministrados pelo setor de END, correspondendo a cerca de 60% dos cursos do IFI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **ABNT NBR NM ISO 9712: Ensaios não destrutivos – Qualificação e certificação de pessoal em END.** São Paulo: ABNT, 2014, 2ªEd.

NAS - Certification & Qualification of Nondestructive Test Personnel Standard Practice NAS410 Arlington. Virginia, EUA. 2020, Revision 5.

AIA - NAS410 Aerospace Industries Association National Aerospace Standard.

ASTM E-1316 – Standard Terminology for Nondestructive Examinations.

ASTM - American Society for Testing and Materials Standard Terminology for Nondestructive Testing ASTM E 1316-05. Pensilvânia,EUA. 2005, Revision 05.

_____. **NPA IFI 07-001: Sistema de qualificação de pessoal em Ensaios Não Destrutivos.** São José dos Campos: DCTA, 2020. 14 p. Disponível em: <http://www.sismetra.cta.intraer/index.php/normas?id=165>. Acesso em: 30 set. 2020.

IFI. PTA IFI 2023 - Programa de Trabalho Anual do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) para o ano de 2023. São José dos Campos: IFI, 2023.



SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO GERENCIAMENTO ORGANIZACIONAL DE PROJETOS (GOP) NO INPE E O SELO DA MODERNIZAÇÃO DO ESTADO

ON THE IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL PROJECT MANAGEMENT (OPM) AT INPE AND THE STATE MODERNIZATION AWARD



Me. Eng. Renato Henrique Ferreira Branco - Tecnologista Sênior

renato.branco@inpe.br



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

Coordenação de Gestão de Projetos e Inovação Tecnológica - COGPI



Ma. Eng. Cristiane Mariano Zavati Silva - Tecnologista Pleno

cristiane.silva@inpe.br



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

Coordenação de Gestão de Projetos e Inovação Tecnológica - COGPI



Dr. José Ângelo da Costa Ferreira Neri - Tecnologista Sênior

angelo.neri@inpe.br



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

Núcleo de Inovação Tecnológica - NIT

Grupo Gestor da Política de Inovação - GGPI



Dr. Clezio Marcos de Nardin - Pesquisador Titular

clezio.denardin@inpe.br



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

Direção

RESUMO

Este artigo apresenta uma visão sobre a implementação do Gerenciamento Organizacional de Projetos (GOP) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), iniciativa que foi agraciada com o “Selo da Modernização do Estado”. É apresentado o contexto histórico do INPE como realizador de iniciativas nas áreas espacial e do sistema terrestre, bem como a motivação e as definições para a implementação do GOP no INPE. Abordam-se o papel da Coordenação de Gestão de Projetos e Inovação Tecnológica (COGPI) nesse contexto e o conjunto de processos organizacionais de GOP que estão em implementação e os respectivos resultados até o momento. São apresentados detalhes do chamamento para o edital do Selo da Modernização do Estado e o prêmio alcançado. Por fim, discutem-se as realizações, os ganhos e os aprendizados com a implementação e apresentam-se os desafios futuros.

Palavras-chave: Gerenciamento Organizacional de Projetos (GOP); Escritório de Gerenciamento de Projetos (EGP); Gestão de Projetos; Gestão Organizacional; Selo de Modernização do Estado.

ABSTRACT

This work presents an overview of Organizational Project Management (OPM) implementation at INPE, an initiative that was awarded with the “Selo de Modernização do Estado” (State Modernization Seal). The historical context of INPE as responsible for initiatives in the areas of space and the Earth system is presented, as well as the motivation and definitions for the OPM implementation at INPE. It discusses the role of Coordination of Project Management and Technology Innovation (COGPI) in this context and the set of OPM organizational processes that are being implemented and the respective results so far. Details of the call for the “Selo da Modernização do Estado” public notice and the award achieved are presented. Finally, the achievements, gains and lessons learned with the implementation are discussed and future challenges are presented.

Keywords: Organizational Project Management; OPM; Project Management Office-(PMO); Project Management; Organizational Management; “Selo de Modernização do Estado (State Modernization Award)”.

1. INTRODUÇÃO, HISTÓRICO E CONTEXTO

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, ao longo de seus mais de 60 anos de história, tem cumprido sua missão de realizar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação nos setores espaciais e dos sistemas terrestres.

Conforme levantamento realizado por Branco et al. (2021), para a realização dos projetos e programas, o Instituto investigou e adaptou métodos de gestão para as diferentes situações e contextos, empregando normas e padrões internacionais reconhecidos como boas práticas para tais desenvolvimentos.

Com a publicação do novo regimento interno do INPE em 2020 (DOU, 2020a), atualizado em 2022 (DOU, 2022), foi criada a Coordenação de Gestão de Projetos e Inovação Tecnológica (COGPI), responsá-

vel por coordenar o esforço institucional de implantação do Gerenciamento Organizacional de Projetos (GOP),¹ por meio do alinhamento, publicação e orientação de normativos, padrões, métodos e processos para a gestão do portfólio, dos programas e dos projetos do INPE, colaborando, com isso, para a melhoria da governança institucional. É sua atribuição apoiar na estruturação da gestão dos programas e projetos de alta relevância estratégica para o Instituto. Também é responsável por implementar a proteção das criações intelectuais e o transbordamento da tecnologia para a sociedade, bem como por coordenar o esforço de elaboração e implementação do roteiro de desenvolvimento de pesquisas e tecnologias do INPE.

¹Gerenciamento Organizacional de Projetos - GOP (*Organizational Project Management - OPM*): estrutura de execução de estratégia que utiliza o gerenciamento de portfólio, programas e projetos, bem como práticas organizacionais facilitadoras, para realizar a estratégia organizacional de maneira constante e previsível, levando a melhores desempenhos, melhores resultados e a uma vantagem competitiva sustentável. (PMI, 2016)

A COGPI atua, portanto, como duas faces de uma moeda, em que uma está voltada para o Instituto, na estruturação do GOP, e a outra voltada para o contexto externo, atuando como parte do NIT do INPE (DOU, 2022)(INPE, 2021a).

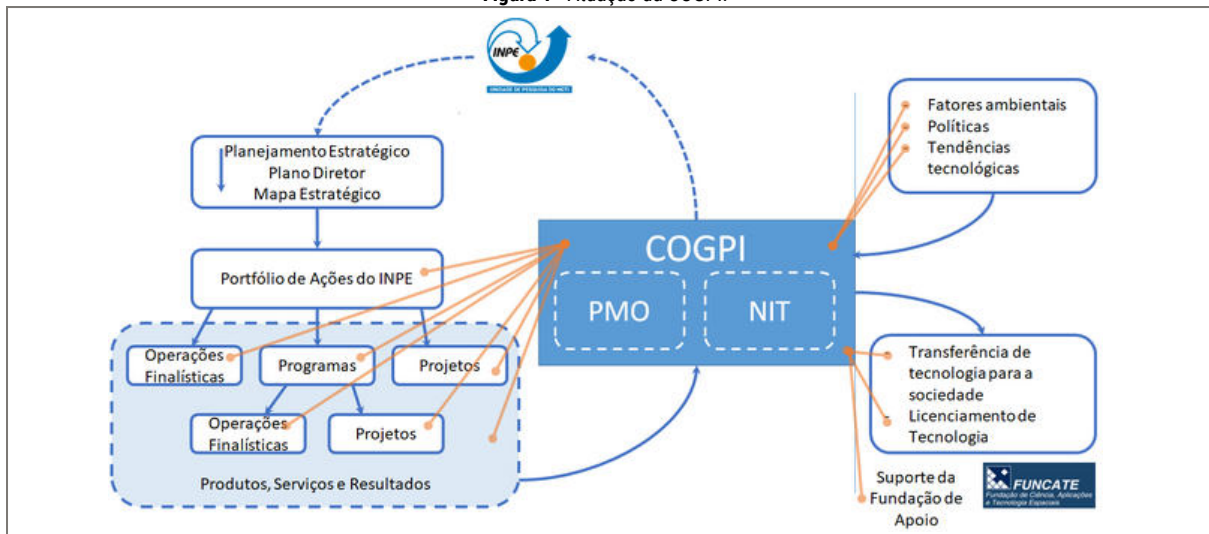
A Coordenação se preocupa em identificar as tendências tecnológicas e políticas aplicáveis para apoiar o INPE na definição de seu roteiro de desenvolvimento de pesquisas, tecnologias e inovação, contribuindo com uma das entradas para a estruturação estratégica do Instituto. Uma vez definidas as estratégias institucionais, a Coordenação apoia o INPE no mapeamento de seu portfólio de iniciativas de forma que seja estruturada a correlação dos objetivos e metas estratégicas com os programas, projetos e operações. Esse portfólio desdobrar-se-á em produtos, serviços e resultados, que devem ser capturados e transbordados para a sociedade. Para tanto, o Instituto está estruturando seus processos para contar com a Fundação de Apoio como parceira na realização deste transbordo. A figura 1 representa essa estrutura de trabalho. As conexões ilustram a atuação da COGPI.

do como o Escritório de Gerenciamento de Projetos (EGP) (PMO) do INPE, foco deste artigo.

O Serviço de Planejamento e Controle (SEPEC) atua na dimensão da gestão do portfólio, definindo processos, métodos e ferramentas para identificar, categorizar, priorizar e balancear as iniciativas institucionais, bem como é responsável por gerar relatórios e visibilidades que apoiam a governança institucional. Já o Serviço de Garantia da Qualidade de Projetos (SEGQP) atua na definição dos métodos e processos para a estruturação dos projetos e programas, gestão de riscos do ambiente de GOP e na identificação, estudo e auxílio para a definição de ferramentas institucionais associadas a este ambiente. Ambos os serviços zelam para que as iniciativas do Instituto estejam adequadamente estruturadas em método e forma, bem como assessoram continuamente a comunidade interna (DOU, 2022).

De acordo com as definições de Dinsmore (1999), as atribuições e o contexto de atuação do escritório de projetos da COGPI no INPE podem classificá-lo como um híbrido de atuação entre "Escritório de Apoio a Projetos" e "Centro de Excelência em Geren-

Figura 1 - Atuação da COGPI.



Fonte: Os Autores.

A atuação da Coordenação com vistas ao monitoramento do ambiente externo, à gestão da propriedade intelectual e ao transbordo da tecnologia desenvolvida diz respeito à sua atuação dentro do Núcleo de Inovação Tecnológica do INPE - NIT (INPE, 2021a). Na outra frente, a Coordenação conta com dois serviços que atuam no que pode ser enten-

ciamento de Projetos”, com algumas funções de Chief Project Officer.

Simultaneamente, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) implementou mecanismos para o planejamento e governança das iniciativas de suas unidades, implantou estruturas de gestão, como a “Rede de Escritório de Projetos”, e publicou

² Escritório de Gerenciamento de Projetos - EGP (Project Management Office - PMO): Uma estrutura de gerenciamento que padroniza os processos de governança relacionados com o projeto e facilita o compartilhamento de recursos, metodologias, ferramentas e técnicas (PMI, 2016).

normativos e guias, como, por exemplo, o “Framework de Gestão de Portfólio, Programas e Projetos do MCTI” (DOU, 2020b)(MCTI, 2020a) (DOU, 2021a)(MCTI, 2020b).

Ainda, concomitantemente, a Consultoria Jurídica da União de São José dos Campos - CJU/SJC/CGU/AGU estruturou e publicou o “Guia Prático para Formatação de Processo Administrativo para Execução de Projetos das ICTs da Administração Pública Federal Direta”, no qual são estabelecidas as instruções de como projetos e programas a serem realizados pelas ICTs devem ser estruturados, incluindo os processos de aprovação mínimos necessários e atribuindo papéis e responsabilidades para os diferentes atores do contexto destas iniciativas (CJU/SJC, 2021).

Dado o contexto, a implementação do GOP no INPE deve atender três universos de demandas e especificações: (1) o regimento interno, portarias e normativos do INPE; (2) estruturas, portarias, decretos e normativos do MCTI; e (3) as recomendações da CJU em seu guia prático.

2. ESTRUTURA DO GOP NO INPE

O esforço para a estruturação do GOP no INPE busca adaptar e implantar os processos definidos no Framework do MCTI (2020a) e se vale das boas práticas recomendadas pelo PMI (2016) para a execução dessa implementação. Os processos implementados e em implementação são apresentados na figura 2.

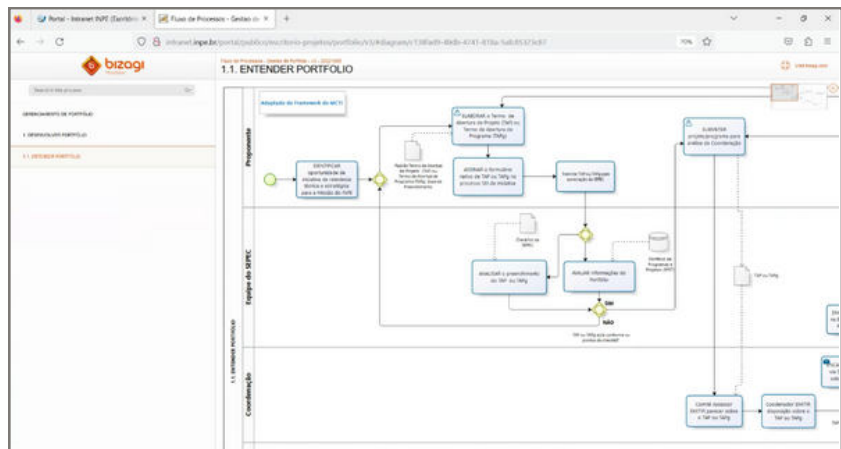
Figura 2 - Processos de GOP do INPE.

<p>GERENCIAR PORTFÓLIO:</p> <p>Ciclo DESENVOLVER portfólio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ENTENDER portfólio; CATEGORIZAR portfólio; PRIORIZAR portfólio; BALANCEAR portfólio; <p>Ciclo ENTREGAR portfólio:</p> <ul style="list-style-type: none"> GERENCIAR controles; GERENCIAR benefícios; GERENCIAR riscos; GERENCIAR financiamento do Portfólio; 	<p>GERENCIAR PROGRAMAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> IDENTIFICAR programa; DEFINIR programa; MONITORAR tranche; ENCERRAR programa; <p>GERENCIAR PROJETOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> INICIAR projeto; PLANEJAR projeto; EXECUTAR projeto; MONITORAR e CONTROLAR projeto; ENCERRAR projeto; <p>ASSESSORAR em Portfólio, Programas e Projetos</p>
---	---

Fonte: Branco, et al. (2021)

Para o mapeamento dos processos e registro dos procedimentos associados, a implementação utiliza a notação BPMN (Business Process Management and Notation) e softwares específicos para esta finalidade, o que permite a gestão em fonte única de informação. Os processos são publicados em HTML, o que, por sua vez, viabiliza a ampla divulgação das informações e artefatos para a comunidade interna, por meio da página do Escritório de Projetos na intranet do INPE, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Processo adaptado de MCTI (2020a), mapeado em BPMN pelo SEPEC e publicado na página da intranet do INPE.



Fonte: INPE (2023a)

Em outra frente, os processos escalados para uso institucional são formalizados por meio de portarias, como, por exemplo, a Portaria nº 434/2021/SEI-INPE (INPE, 2021b), que dispõe sobre o processo de aprovação das propostas de projetos e programas do INPE e oficializa o processo “1.1 Entender Portfólio”, parcialmente ilustrado na figura 3.

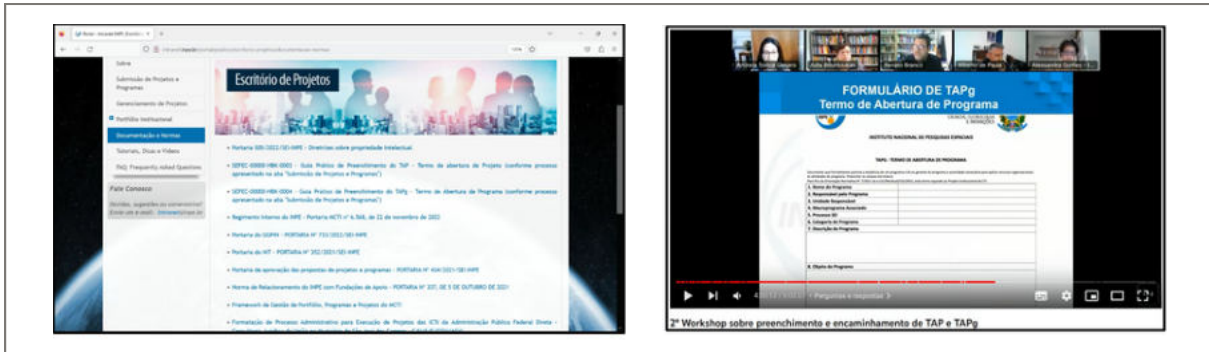
Em complemento aos procedimentos a serem adotados, também são desenvolvidos e disponibilizados padrões de documentos e seus respectivos guias de preenchimento, como, por exemplo, os padrões para Termo de Abertura de Projetos (TAP), Termo de Abertura de Programas (TAPg) e Termo de Abertura de Serviços (TAS). Os links para os documentos são disponibilizados tanto nas páginas que apresentam os processos e procedimentos como também em seção dedicada da página da intranet.

Também são realizados workshops de formação do público interno com o objetivo de apresentar os processos, procedimentos e padrões a serem empregados, bem como também servem de oportunidade para esclareci-

mento das dúvidas da comunidade. Os workshops são gravados e disponibilizados na página intranet do Escritório.

A figura 4 ilustra a página da intranet do Escritório de Projetos, onde são disponibilizadas informações, documentações e vídeos explicativos (como o workshop de divulgação do processo “1.1 Entender Portfólio”).

Figura 4 - Página do Escritório de Projetos e Workshop Processo “1.1 Entender Portfólio”



Fonte: INPE (2023a).

O mapeamento dos processos e a definição dos procedimentos, padrões de documentos e guias de preenchimento são realizados por meio de pilotos, de forma que as proposições sejam experimentadas antes de serem implantadas em escala institucional. Exemplo disso foram os pilotos realizados pelo time do SEGQP ao longo de 2022 para o processo de “Planejar Projeto”, no qual foram exercitados o documento padrão “Planejamento da Execução” (que é o documento que registra o plano do projeto) com seu respectivo guia de preenchimento. Os resultados dos pilotos alimentarão as definições dos padrões, que, na medida da análise, aprovação e publicação, serão adotados por todos os futuros projetos do Instituto.

Outra frente importante é a geração de relatórios e informações sobre o portfólio organizacional,

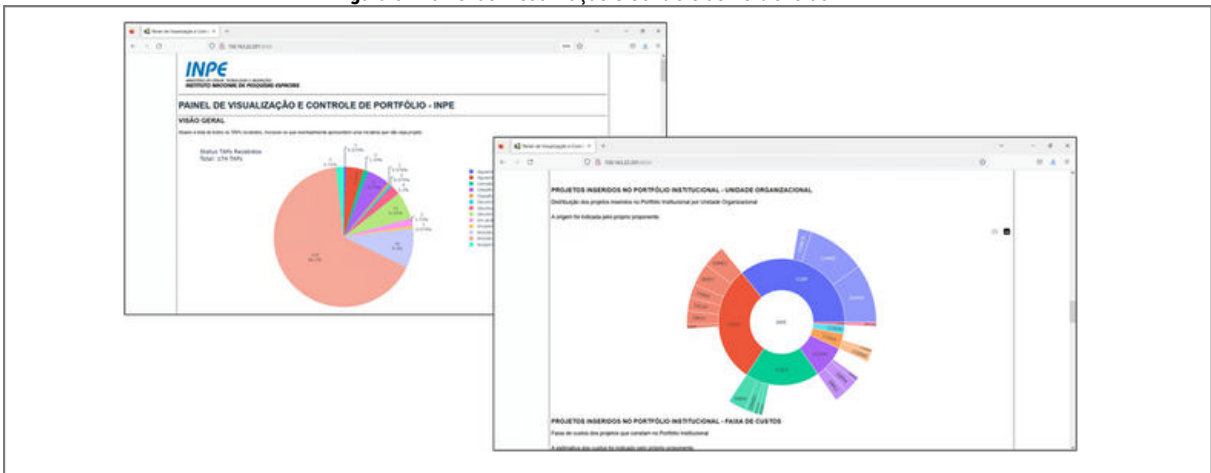
que servem como apoio para as atividades de governança institucional. Com periodicidade mensal, é enviado um relatório para a alta gestão, registrando informações importantes sobre o status das iniciativas incluídas no portfólio organizacional, conforme ilustrado na figura 5. O envio periódico desta informação permite uma avaliação temporal da evolução do portfólio institucional de iniciativas. Também foi desenvolvida a ferramenta “Painel de Visualização e Controle de Portfólio do INPE” que permite a visualização das informações em tempo real da base de dados e a geração de visualizações sob demanda. Essa ferramenta permite agilidade para a divulgação das informações com base na atualização do sistema 3PST desenvolvido pelo time do SEPEC. A figura 6 (próxima página) ilustra essa ferramenta de visualização.

Figura 5 - Relatório sintético do portfólio de iniciativas do INPE.



Fonte: Genaro, Silva e Branco (2023).

Figura 6 - Painel de Visualização e Controle de Portfólio do INPE.



Fonte: INPE (2023a).

No eixo de acompanhamento das iniciativas, o Instituto publicou a Portaria nº 778/2023/SEI-INPE (INPE, 2023b) que inclui, dentre outros acompanhamentos, regras para a atualização e disposição oficial periódica dos projetos e programas do Instituto.

Em outra frente, para os projetos considerados estratégicos e prioritários, foram estabelecidos um rito de acompanhamento especial com os principais atores envolvidos e um painel para reportar o status de cada uma das iniciativas, de forma que os tomadores de decisão pudessem acompanhar em periodicidade semanal/quinzenal (dependendo da criticidade do contexto) a situação de cada iniciativa e atuar naquelas que demandam maior atenção. Isso busca diminuir os riscos no estabelecimento e aprovação dos documentos e instrumentos jurídicos necessários. Uma visão representativa do painel e do mecanismo de comunicação é apresentada na figura 7.

Figura 7 - Painel de acompanhamento das iniciativas prioritárias e canal de comunicação.



Fonte: Os Autores.

3. O SELO DA MODERNIZAÇÃO DO ESTADO

Com o intuito de direcionar esforços governamentais para aumentar a eficiência e modernizar a administração pública, a prestação de serviços e o ambiente de negócios para melhor atender às necessidades do cidadão, foi instituída a Política Nacional de Modernização do Estado (PNME). Um dos instrumentos da PNME é o Selo da Modernização do Estado, que tem como finalidade reconhecer iniciativas de modernização e incentivar instituições a participar da Agenda Nacional para Modernização do Estado. O objetivo é premiar iniciativas que aprimorem o funcionamento do Estado, provocando o compartilhamento de boas práticas que possam inspirar e promover o alinhamento de outras iniciativas no país (FNME, 2022)(DOU, 2021b)(DOU, 2021c).

Dessa forma, em agosto de 2022, foi publicado edital para o "1º Chamamento aos Ministérios da Administração Pública Federal para a Concessão do Selo da Modernização do Estado". O edital permitia a submissão de iniciativas em duas modalidades de categorias, sendo "Modalidade 1 - Iniciativa não implementada - projeto que resultará em um produto, serviço ou processo que ainda não foi concluído" e "Moda-

lidade 2 - Iniciativa Implementada - produto, serviço ou processo, que está disponível". As iniciativas foram avaliadas por critérios e pesos estabelecidos no edital e classificadas nas seguintes categorias: ouro, prata, bronze ou sem distinção. Iniciativas inscritas na "Modalidade 1 - não implementada" somente poderiam ser contempladas na categoria bronze, independentemente da nota final obtida (FNME, 2022).

A iniciativa de "Implementação do Gerenciamento Organizacional (GOP) no INPE" foi submetida ao chamamento e logrou êxito, sendo agraciada com o Selo Bronze - uma vez que a implementação do GOP ainda é um esforço em curso (INPE, 2022).

Participar do edital de chamamento do Selo da Modernização foi uma etapa de avaliação importante para a Implementação do GOP no INPE. A avaliação de pares independentes demonstra que os esforços empregados na iniciativa de implementação do GOP no INPE foram na direção da melhoria do funcionamento institucional, servindo, também, como fator motivador para a continuidade dos esforços de implementação.

4. GANHOS, APRENDIZADOS E PRÓXIMOS PASSOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO GOP NO INPE

A implementação do GOP no INPE, mesmo em curso, apresenta resultados importantes: padrões de formalização de projetos; adaptação e mapeamento dos principais processos do GOP; alinhamento, detalhamento e publicação dos processos validados; publicação de portarias para institucionalizar processos, procedimentos, papéis e responsabilidades; desenvolvimento interno de base de dados e ferramenta para gestão e emissão de relatórios sobre o portfólio organizacional (3PST); desenvolvimento de ferramenta para visualização de informações e controle do portfólio de iniciativas; estudo e desenvolvimento de requisitos essenciais para o ciclo de vida de projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico; alinhamento e adaptação dos padrões internos com os do MCTI; utilização do sistema do MCTI para encaminhamento dos projetos eleitos como estratégicos pela organização; e elaboração de padrão e emissão de relatórios periódicos com visão do portfólio.

Figura 8 - Selo da Modernização do Estado concedido para a Implementação de GOP no INPE.



Legenda: (a - esquerda) da esquerda para a direita, MSc. Eng. Renato Branco, MSc Eng. Alberto P. Silva e Dra. Andreia F. S. Genaro, parte da equipe da COGPI responsável pelo GOP, Dr. Clezio De Nardin, Diretor do INPE e Dr. Ângelo Neri, presidente do NIT/INPE (b - direita) Diploma do Selo da Modernização do Estado recebido pelo INPE.

Fonte: INPE, 2022.

Os desafios futuros que se apresentam em curto prazo são os de definir o normativo de gestão de projetos e o de programas, considerando as diferentes naturezas das iniciativas existentes no INPE; o alinhamento e mapeamento dos processos de priorização e balanceamento do portfólio organizacional; a escalada das ferramentas de gestão para ambiente multiusuário e em rede do Instituto; o treinamento em massa dos colaboradores do INPE; e o apoio na estruturação da governança de gestão de riscos institucionais.

Em mais longo prazo, apresentam-se o desafio de finalizar o mapeamento e alinhamento de todos os processos de GOP e a busca, definição e implantação de ferramentas de TI para o controle integrado

do portfólio, programas e projetos. Outro desafio importante é o de implementar os mecanismos para medição do desempenho do portfólio e geração de benefícios advindos dos projetos e programas.

Ao longo da implementação foi e é fundamental a busca constante por métodos, processos e padrões que sejam suficientes para que a geração de valor finalístico do INPE tenha o melhor custo-benefício. Também é basilar o ajuste dos métodos, processos e léxico de maneira colaborativa, tanto com a comunidade interna como com as interfaces do Instituto. Ainda nessa linha, é fundamental ter flexibilidade para ajustar padrões e métodos pré-estabelecidos à realidade institucional e ter agilidade para alterar o que se mostra com potencial de melhoria. A realização de pilotos e a utilização de produtos mínimos viáveis antes da implementação em escala evita riscos e ruídos para a instituição.

Como esperado, a mudança de paradigma de operação e encaminhamento dos projetos e programas é um fator de resistência à implementação. Porém, após a resistência inicial, os Tecnologistas e Cientistas percebem que a estruturação da gestão dos programas, projetos e processos colabora com a melhoria dos seus desenvolvimentos e com o processo de aprovação e execução de suas iniciativas.

Outro ponto importante é a publicação das portarias, processos e a devida definição dos papéis e responsabilidade dos diferentes atores institucionais. Isso diminui os problemas de comunicação e esclarece os possíveis caminhos para a comunidade.

Por fim, o mapeamento e a aprovação dos projetos e programas em um portfólio oficial de iniciativas institucionais gera o que a alta gestão tem chamado de "Prontidão Organizacional". Esse conceito trata da prontidão que o INPE passou a ter para responder a oportunidades de desenvolvimento e de fomento, uma vez que iniciativas adequadamente estruturadas e aprovadas são mais facilmente identificadas e eleitas para as oportunidades que surgem.

A implementação do GOP, ao agregar todos esses aspectos e realizações, traz maior governança para a alta gestão do INPE, permitindo que a energia organizacional seja empregada em iniciativas que tragam melhores resultados para o Instituto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a toda a comunidade do INPE, que tem apoiado e colaborado com este esforço de implantação do GOP e a estruturação do Escritório de Projetos no INPE.

Aos gerentes envolvidos nos projetos e programas-piloto, que são de suma importância para afinarmos nossos processos, métodos e ferramentas institucionais.

À CJU/SJC que muito tem apoiado o esforço de implantação do GOP e as atividades da COGPI, provendo consultoria indispensável para a boa definição de nossos processos.

Aos membros da COGPI que, com grande dedicação, competência e esmero, trabalham com excelência na implementação do GOP no INPE e são merecedores do Selo da Modernização do Estado.

Ao MCTI por todo o suporte, colaboração e incentivo na estruturação do Escritório, provendo assessoria, instruções, normativas e sistemas.

Aos organizadores da Revista Fomento Aeroespacial do IFI pela oportunidade de apresentarmos um pouco do que estamos realizando na COGPI e do esforço de implantação do GOP no INPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, R. H. F.; SILVA, C. M. Z.; NERI, J. A. C.; DENARDINI, C. M. **Implantação do escritório de projetos do INPE** - bases e desafios futuros. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 12. (WETE), 2021, São José dos Campos. São José dos Campos: INPE, 2021. On-line. ISSN 2177-3114. IBI: <8JMKD3MGPDW34R/45QL4BS>. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGPDW34R/45QL4BS>>. Acesso em fev/2023.

CONSULTORIA JURÍDICA DA UNIÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - CJU/SJC/CGU/AGU. **Formatação de processo administrativo para execução de projetos das ICTs da administração pública federal direta**. São José dos Campos: CJU/SJC, 2021. On-line. Disponível em: <<https://www.gov.br/agu/pt-br/composicao/cgu/cgu/modelos/cti/consulta/guia-pratico-projetos-de-cti-e-processo-confeccao.pdf>>. Acesso em fev/2023.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **PORTARIA N° 3.446, DE 10 DE SETEMBRO DE 2020 - Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Pag. 21, Seção 1 - Extra, 11 set. 2020a.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **PORTARIA N° 933, DE 9 DE MARÇO DE 2020 - Regulamenta a Gestão de Portfólio, Programas e Projetos do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. Pag. 12, Seção 1, 11 mar. 2020b.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **RESOLUÇÃO CI N° 1, DE 23 DE JULHO DE 2021 - Aprova a Estratégia Nacional de Inovação e os Planos de Ação para os Eixos de Fomento, Base Tecnológica, Cultura de Inovação, Mercado para Produtos e Serviços Inovadores e Sistemas Educacionais**. Pag. 27, Seção 1, 26 jul. 2021a.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **DECRETO N° 10.609, DE 26 DE JANEIRO DE 2021 - Institui a Política Nacional de Modernização do Estado e o Fórum Nacional de Modernização do Estado**. Pag. 1, Seção 1, 26 jan. 2021b.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **RESOLUÇÃO N° 1, DE 10 DE JUNHO DE 2021 - Regimento Interno do Fórum Nacional e Modernização do Estado**. Pag. 22, Seção 1, 11 jun. 2021c.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). **PORTARIA N° 6.568, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2022 - Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Pag. 30, Seção 1, 25 nov. 2022.

DINSMORE, P. C. **Transformando estratégias empresariais em resultados através da gerência por projetos**. Qualitymark: Rio de Janeiro, 1999.

FÓRUM NACIONAL DE MODERNIZAÇÃO DO ESTADO (FNME) *EDITAL 01, DE 12 DE AGOSTO DE 2022 - 1º Chamamento aos Ministérios da Administração Pública Federal para Concessão do Selo da Modernização do Estado*. On-line. Disponível em: <<https://moderniza.presidencia.gov.br/home>>. Acesso em fev/2023.

GENARO, A. F. S.; SILVA, A. P.; BRANCO, R. H. F.. **Serviço de Planejamento e Controle - SEPEC/COGPI - Relatório Sintético do Portfólio de Iniciativas** - 02 de fevereiro de 2023. São José dos Campos: 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PORTARIA Nº 352/2021/SEI-INPE - Dispõe Sobre o Núcleo de Inovação Tecnológica do INPE** - NIT. 20 ago. 2021a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PORTARIA Nº 434/2021/SEI-INPE - Dispõe sobre o processo de aprovação das propostas de projetos e programas do INPE**. 15 dez. 2021b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **INPE Recebe Selo de Modernização do Estado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** - Portal gov.br, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/inpe-recebe-selo-de-modernizacao-do-estado>>. Acesso em: fev/2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Página da Intranet do Escritório de Projetos do INPE**. São José dos Campos: INPE, 2023a. Intranet. Disponível em: <<http://intranet.inpe.br/portal/publico/escritorio-projetos/>>. Acesso em fev/2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PORTARIA Nº 778/2023/SEI-INPE - Dispõe sobre norma para acompanhamento de iniciativas institucionais e suas relações com objetivos e metas do TCG, PDU, Ações e Planos Orçamentários, Convênios e outras fontes de recursos e realização de oficina para acompanhamento de iniciativas**. 04 jan. 2023b.

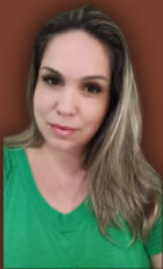
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI). **Framework de gestão de portfólio, programas e projetos corporativos do MCTI**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020a.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI). **Ministério lança Rede de Escritório de Projetos. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações** - Portal gov.br, 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/10/ministerio-lanca-rede-escritorios-de-projetos-mcti>>. Acesso em: fev/2023.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Implementando o Gerenciamento Organizacional de Projetos - Um Guia de Práticas**. São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA PARA O SETOR AEROESPACIAL

THE IMPORTANCE OF METROLOGY FOR THE AEROSPACE SECTOR



Ma. Michelly Karoline Alves Santana - Tecnologista Pleno

michellymkas@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial - CMA

RESUMO

A metrologia está presente há muitos anos em nossa sociedade, envolvendo controle de processos, transações comerciais, qualidade de produtos, segurança humana e proteção ao meio ambiente. Definida como a ciência da medição, tem como foco principal prover credibilidade, confiabilidade, universalidade e qualidade às unidades de medidas. No setor aeroespacial, o avanço da tecnologia criou uma crescente demanda por medições confiáveis que assegurassem a confiabilidade das medições. Este artigo apresenta a importância da metrologia para o desenvolvimento do setor aeroespacial e descreve um breve histórico da criação do Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA) e sua estrutura criada para garantir da confiabilidade das medições dos laboratórios da Força Aérea Brasileira (FAB).

Palavras-Chave: Metrologia; Aeroespacial; SISMETRA; Laboratório; Medições.

ABSTRACT

Metrology has been present in our society for many years, involving process control, commercial transactions, product quality, human safety and environmental protection. Defined as the science of measurement, its main focus is to provide credibility, reliability, universality and quality to measurement units. In the aerospace sector, the advancement of technology has created an increasing demand for reliable measurements that ensure the reliability of measurements. This article presents the importance of metrology for the development of the aerospace sector and describes a brief history of the creation of the Aerospace Metrology System (SISMETRA) and its structure created to guarantee the reliability of the measurements of the laboratories of the Brazilian Air Force (FAB).

Keywords: Metrology; Aerospace; SISMETRA; Laboratory; Measurements.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade sempre buscou estabelecer unidades de medida que viabilizassem as relações comerciais. Neste contexto a metrologia é provavelmente uma das ciências mais antigas do mundo (RANGEL, 2005).

O termo metrologia vem do grego metron que significa medida, e logo que significa ciência. (ACC, 2020). O Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais da metrologia (VIM, 2012) define a metrologia como “a ciência da medição”, que abrange todos os aspectos teóricos e práticos que influenciam um processo de medição, qualquer que seja o nível de exatidão e em qualquer campo da ciência ou tecnologia.

O processo de medição é suporte para a ciência, para identificação e solução de problemas, para controle da produção e para avaliação de produtos e serviços em todas as áreas da vida humana (SILVA; CAMPOS, 2001).

Com o processo de globalização da produção, a metrologia assume destacada importância à medida que as medições estão presentes em praticamente todos os processos de tomada de decisão, abrangendo as áreas industriais, comerciais, saúde e o meio ambiente (RANGEL, 2005).

A utilização da metrologia é uma forma de melhorar a qualidade dos processos produtivos, o que deve ser perseguido continuamente por todas as empresas que pretendem participar de um mercado altamente competitivo e globalizado (SILVA; CAMPOS, 2001).

2. A ORIGEM DA METROLOGIA

Tudo teve início com a necessidade humana de medir e mensurar as coisas - isto remete à origem das primeiras civilizações (ACC, 2020). Foi assim que cada povo teve o seu próprio sistema de medidas, e, em geral, as unidades de medidas primitivas estavam baseadas em partes do corpo humano, conhecidas como medidas antropomórficas - conforme ilustrado na Figura 1 -, que eram referências comuns, pois ficava fácil chegar-se a a uma medida que podia ser verificada por qualquer pessoa (SÁ ALVES; ROCHA, 2019).

Desta forma, surgiram as medidas-padrão como a polegada, o palmo, o pé, a jarda, a braça, o passo, o cúbito e o côvado, além de muitas outras.

Figura 1 - Medidas primitivas com base no corpo humano.



Fonte: (SÁ ALVES; ROCHA, 2019).

Como as pessoas têm tamanhos diferentes, claramente havia a necessidade de um sistema de medição baseado em unidades de medidas invariáveis e aceitas por todos, induzindo um processo natural de evolução das unidades de medidas.

Após diversas tentativas de padronizar unidades de medida, em 1790, na França, teve origem o Sistema Métrico Decimal, que tinha como princípios a universalidade e a simplicidade. Inicialmente se baseou numa única unidade, o metro, ao qual todas as outras se reportavam por relações simples. Posteriormente o Sistema Métrico Decimal incorporou o quilograma como unidade de massa (Rangel, 2005).

No dia 20 de maio de 1875, numa conferência diplomática sobre o metro, 17 países, dentre os quais o Brasil, assinaram o tratado designado “A Convenção do Metro”, com o objetivo de estabelecer padrões comuns, adotando o metro e o quilograma como unidades de comprimento e de massa, respectivamente (SANTOS, 2015).

No âmbito da iniciativa foi determinada a criação de uma estrutura organizacional e laboratorial para atuar nas questões da metrologia mundial. Desta forma, foi financiado e criado um instituto científico e permanente, o *Bureau International des Poids et Mesures* - BIPM (SANTOS, 2015).

A criação do Sistema Métrico Decimal foi o passo inicial para a criação do Sistema Internacional de Unidades (SI), ocorrida durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), realizada em 1960 (SÁ ALVES; ROCHA, 2019).

3. SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDA

Popularmente conhecido e abreviado pela sigla SI, o Sistema Internacional de Medidas é um conjunto de unidades de medidas que corresponde às grandezas fundamentais e suas derivações. Atualmente o SI é o padrão que garante que os resultados metrológicos obtidos em um país sejam aceitos mundialmente (ACC, 2020).

O SI está fundamentado em sete unidades de base, que são consideradas independentes do ponto de vista dimensional e utilizadas para medir as grandezas indicadas na Figura 2 (SÁ ALVES; ROCHA, 2019).

Figura 2 - Unidades de base do SI.

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura	kelvin	K
Quantidade de substância	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Fonte: A Autora.

As unidades derivadas são obtidas a partir da combinação das sete unidades de base. Este é considerado um sistema prático, coerente e mundialmente aceito nas relações internacionais, no ensino e nas pesquisas científicas, que evolui continuamente para refletir as melhores práticas de medição (SÁ ALVES; ROCHA, 2019).

O Sistema Internacional de Unidades desempenha um importante papel nas medições (SÁ ALVES; ROCHA, 2019). A necessidade de unidades de medida universais é claramente evidenciada em muitas indústrias modernas, como na indústria aero-

náutica, em que o produto final costuma ser uma montagem de peças e equipamentos produzidos por diferentes corporações e requer uma alta precisão.

4. METROLOGIA NO SETOR AEROESPACIAL

A Metrologia permite a precisão do processo produtivo, a diminuição do índice de incerteza, contribuindo para a redução do número de refugo nas empresas e, principalmente, para a qualidade do produto. Sua contribuição é fundamental, em função do crescente jogo de competitividade no mercado e a internacionalização das relações. A competitividade cresce proporcionalmente ao valor agregado do produto, sendo então a influência da Metrologia cada vez mais necessária (SILVA; CAMPOS, 2001).

No setor aeroespacial não é diferente. Com o avanço da tecnologia, criou-se uma crescente demanda por medições confiáveis, impulsionando a busca de uma sistemática que assegurasse a confiabilidade das medições das inúmeras calibrações e inspeções realizadas nos laboratórios e nas oficinas de manutenção e fabricação de aeronave (RANGEL, 2005).

O surpreendente desenvolvimento nacional e da aviação civil e militar impulsionou a progressiva sofisticação das aeronaves, aviônicos e equipamentos de apoio em solo, criando uma demanda por serviços com qualidade compatível com as expectativas do setor (RANGEL, 2005).

A partir desta necessidade e com o propósito de desenvolver atividades de pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e industrial no setor aeroespacial, o Comando da Aeronáutica (COMAER) criou, em 26 de novembro de 1953, por meio do Decreto nº 34.701, o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), hoje Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) que, por meio do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), desenvolve atividades de sustentação da indústria aeroespacial, sendo o organismo nacional responsável pelo fomento, coordenação e apoio ao desenvolvimento industrial, nos setores aeronáutico e espacial.

Neste contexto foi criado, em 1988, o Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA) que, por delegação do então Exmo. Sr. Diretor do CTA, é coordenado pela Subdivisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial (CMA), subordinada ao IFI.

5. SISMETRA

O Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA) foi oficialmente instituído em 7 de dezembro de 1988, por meio da Portaria Ministerial nº. 858/GM3, que também definiu como órgão central do sistema o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), com as seguintes atribuições (RANGEL, 2005):

- a) Orientação normativa e supervisão técnica das atividades do Sistema;
- b) Fiscalização específica do desempenho dos elos do Sistema;
- c) Elaboração e proposição de normas, programas e orçamento;
- d) Apoio logístico aos “Elos do Sistema”, nos itens do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) e instituições estranhas ao Comando da Aeronáutica, nos assuntos de interesse do sistema; e
- e) Promoção e incentivo à formação de recursos humanos necessários ao SISMETRA em seus diferentes níveis.

A primeira norma do Comando da Aeronáutica voltada especificamente para a área metrológica foi a Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica NSCA 9-1, intitulada “Sistema de Metrologia Aeroespacial”, que estabelece e nomeia os Elos do SISMETRA, especificando a organização hierárquica dos laboratórios que integram o sistema (RANGEL, 2005).

Em março de 1999, foi aprovada a Norma de Sistema NSCA 9-4, intitulada “Estrutura Funcional do Sistema de Metrologia Aeroespacial”. Esta norma estabelece os requisitos gerais para os laboratórios pertencentes ao SISMETRA (BRANCO, 2018).

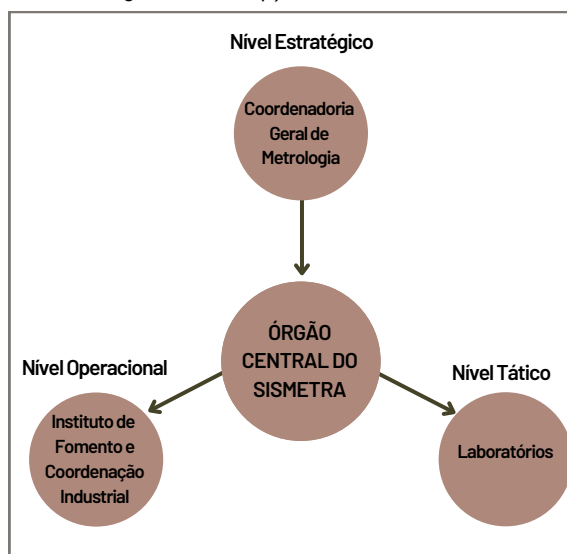
O SISMETRA tem por finalidade normalizar as atividades relacionadas com a metrologia no âmbito

do Comando da Aeronáutica, assegurando a confiabilidade, a comparabilidade e a rastreabilidade das calibrações, medições e ensaios realizados (COMAER, 2020).

O Órgão Central do SISMETRA é o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), que é administrativa e operacionalmente subordinado ao Comandante da Aeronáutica e cujas constituição e atribuições gerais são definidas em Regulamento e Regimento Interno próprio (COMAER, 2020). Este é o responsável pelas ações referentes à disseminação da rastreabilidade metrológica, ao planejamento, controle, coordenação, normalização, fiscalização e aprimoramento das atividades correlatas no âmbito do SISMETRA (COMAER, 2020).

O SISMETRA possui uma concepção radial nas atividades metrológicas composta em níveis Estratégico, Operacional e Tático, ilustrada na Figura 3 (COMAER, 2020).

Figura 3 - A concepção radial do SISMETRA.



Fonte: COMAER (2020).

A concepção tem em seu Nível Estratégico a Coordenadoria-Geral de Metrologia, no Nível Operacional o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial do DCTA e no Nível Tático os laboratórios de ensaio e calibração (COMAER, 2020).

A Coordenadoria-Geral de Metrologia do SISMETRA é um conselho formado para assessorar o Dire-

tor-Geral de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, Coordenador do SISMETRA, na formulação das diretrizes metrológicas estratégicas, com vistas a um funcionamento adequado, praticável e aceitável do Sistema (COMAER, 2020).

Ao Instituto de Fomento e Coordenação Industrial cabe, por meio da subdivisão da Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial (CMA), executar as atividades que visem a suprir o Sistema quanto às necessidades de formação e treinamento de recursos humanos em metrologia e atividades de fiscalização e manutenção do sistema (COMAER, 2020).

Os laboratórios de calibração do SISMETRA que integram a área tática do sistema estão organizados de forma hierárquica, conforme esquema da Figura 4, de forma a atender a demanda de serviços de calibração dos instrumentos e padrões de medição no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER, 2009).

O Laboratório Central de Calibração (LCC) é o laboratório de mais alto nível de padrões de referência dentro da estrutura do SISMETRA. As grandezas estão concentradas, em sua maioria, no campus do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, responsável por garantir a rastreabilidade metrológica do Sistema (SANTANA, 2022).

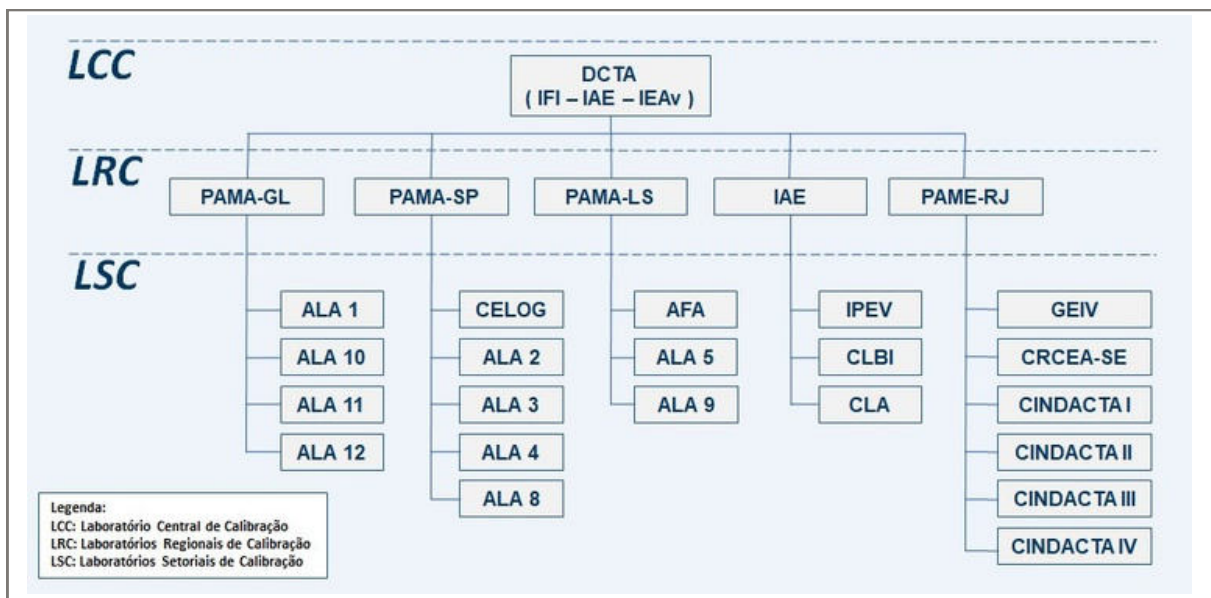
Os Laboratórios Regionais de Calibração (LRC) são os laboratórios integrantes do SISMETRA, adequadamente localizados no território nacional, formalmente autorizados pelo Órgão Central para calibrar os padrões dos Laboratórios Setoriais de Calibração (SANTANA, 2022).

Os Laboratórios Setoriais de Calibração (LSC) são os laboratórios integrantes do SISMETRA, adequadamente localizados em Organização Militar, responsáveis por calibrar equipamentos, instrumentos de medição e/ou sistemas de medição (SANTANA, 2022).

Na Figura 5 (próxima página), é apresentado um mapa com a localização dos laboratórios integrantes do SISMETRA, que permite a visualização da atual distribuição destes laboratórios no território nacional.

Assegurar a rastreabilidade das medições ao Sistema Internacional de Unidades (SI) faz-se absolutamente necessário para garantir a consistência das medições realizadas no âmbito do Comando da Aeronáutica, o que é obtido por meio da estrutura hierárquica que organiza este conjunto de laboratórios, de acordo com sua capacidade de medição (RANGEL, 2005).

Figura 4 - Complexo de laboratórios do SISMETRA.

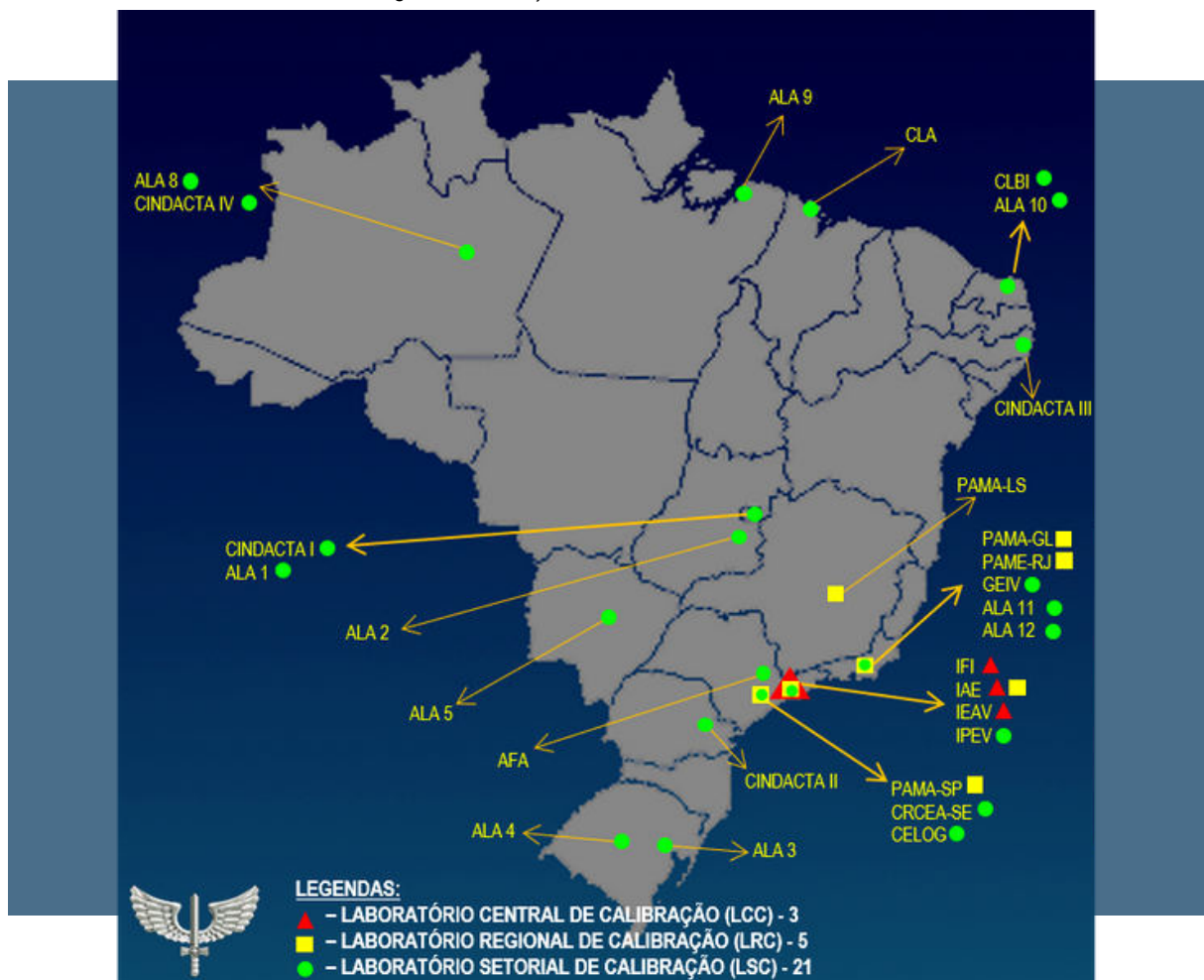


Fonte: SANTANA (2022).

O LCC é um complexo de laboratórios instalado no DCTA, detentores das referências metrológicas de maior exatidão disponíveis no COMAER. Fazem parte do complexo denominado Laboratório Central de Calibração os seguintes laboratórios da estrutura do DCTA, com suas respectivas localizações (COMAER, 2009):

- a) Laboratório de Metrologia Dimensional: Localizado no IFI;
- b) Laboratório de Metrologia Física - Massa: Localizado no IFI;
- c) Laboratório de Metrologia Física - Pressão: Localizado no IFI;
- d) Laboratório de Metrologia Física - Temperatura: Localizado no IFI;
- e) Laboratório de Metrologia Física - Vazão: Localizado no IFI;
- f) Laboratório de Metrologia Elétrica, Tempo e Frequência: Localizado no IFI;
- g) Laboratório de Baixa Pressão: Localizado no IAE;
- h) Laboratório de Baixa Força - Tração e Compressão: Localizado no IAE;
- i) Laboratório de Alta Pressão: Localizado no IAE;
- j) Laboratório de Força - Tração e Compressão: Localizado no IAE;
- k) Laboratório de Acelerômetros: Localizado no IAE; e
- l) Laboratório de Medição de Superfície Óptica: Localizado no IEAv.

Figura 5 - Distribuição dos Laboratórios do SISMETRA



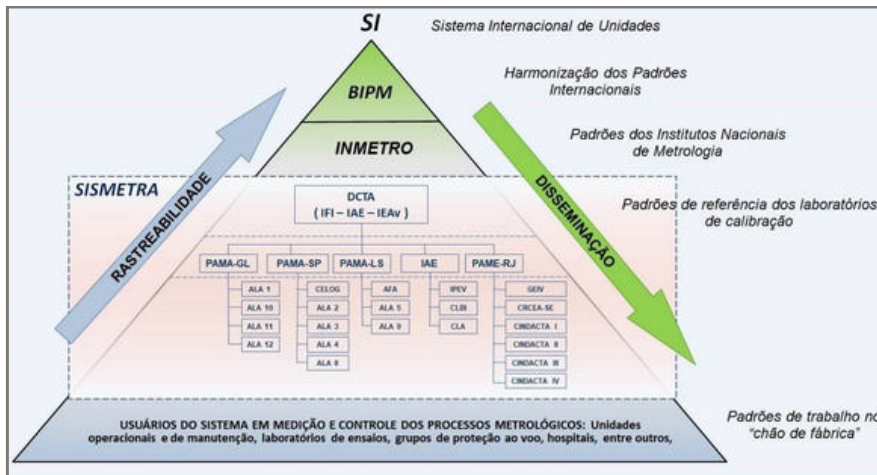
Fonte: SANTANA (2022).

Dentro deste contexto, um marco importante a se destacar refere-se a 7 de fevereiro de 1985, data na qual o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) obteve sua primeira acreditação, no Laboratório de Metrologia Dimensional, pelo INMETRO, tendo sido o primeiro laboratório de metrologia a integrar a Rede Brasileira de Calibração (RBC), com o Certificado de acreditação CAL Nº. 0001. De fato, um marco histórico na implantação da RBC.

A Figura 6 representa de forma esquematizada a hierarquia metrológica dos laboratórios do SISMETRA no contexto metrológico internacional e, por conseguinte, dos padrões, equipamentos e instrumentos de medição existentes no Comando da Aeronáutica, a saber (COMAER, 2009):

Conforme ilustrado na Figura 6, por intermédio de uma cadeia contínua de comparações, os padrões metrológicos de referência do SISMETRA estão interligados aos padrões nacionais mantidos pelo Laboratório Nacional de Metrologia (LNM) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) os quais, por sua vez, estão referenciados ao Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), guardião dos padrões internacionais de medidas e gestor do Sistema Internacional de Unidades (SI) (COMAER, 2009).

Figura 6 - Cadeia de rastreabilidade metrológica do SISMETRA.



Fonte: SANTANA (2022).

O SISMETRA, com essa mesma estrutura, consolidou sua cadeia de rastreabilidade e disseminação das grandezas, trazendo a confiabilidade necessária e exigida nas mais rigorosas normas do setor aeroespacial. O sistema garante há mais de 34 anos a qualidade dos serviços prestados pela Força Aérea Brasileira (FAB).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a consolidação da cultura metrológica têm se constituindo em uma estratégia permanente das organizações, uma vez que resultam em ganhos de produtividade, qualidade dos produtos e serviços, redução de custos e eliminação de desperdícios.

A construção de um senso de cultura metrológica não é tarefa simples, requer ações duradouras de longo prazo e depende não apenas de treinamentos especializados, mas de uma ampla difusão dos valores da qualidade em toda a sociedade, conforme o COMAER estabeleceu com a criação do SISMETRA.

Sem ter a comprovação metrológica, não há como garantir a confiabilidade dos dados referentes ao controle das características que determinam a qualidade do produto ou de serviço, condição essa essencial para o desenvolvimento da tecnologia necessária nos processos produtivos e de controle do setor aeroespacial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACC Engenharia de Medição. **A origem e a importância da Metrologia na sociedade.** ACC, 2020. Disponível em: <https://accmetrologia.com.br/a-origem-e-a-importancia-da-metrologia-na-sociedade/>. Acesso em: 01 fev. 2023.

BRANCO, K. W. L. R. **Proposta de implantação do sistema de metrologia da Marinha do Brasil.** 2018. 140p. Dissertação (Mestrado Profissional em Metrologia e Qualidade) - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), Duque de Caxias, 2018.

COMANDO DA AERONÁUTICA (COMAER). **NSCA 9-1/2020: sistema de metrologia aeroespacial.** Rio de Janeiro, 2020. 22p.

COMANDO DA AERONÁUTICA (COMAER). **NSCA 9-4/2009: estrutura funcional do sistema de metrologia aeroespacial (SISMETRA).** Rio de Janeiro, 2009. 37p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia—Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012).** Duque de Caxias: INMETRO, 2012.

SÁ ALVES I.; ROCHA G. Cartilha **O novo Sistema Internacional de Unidades (SI).** **Publicação conjunta da Sociedade Brasileira de Metrologia e da Sociedade Brasileira de Física, 2019.** Disponível em: https://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha_O_novo_SI_29.06.2029.pdf / . Acesso em: 01 fev. 2023.

SANTANA, M. K. A. **Método de gestão de riscos para laboratórios de calibração e ensaio do setor aeroespacial.** 2022. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais /Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2022.

SANTOS, P. F. S. **A metrologia na indústria aeronáutica.** 2015. 160p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Instrumentação e Metrologia) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2015.

SILVA E. A.; CAMPOS R. **A importância da metrologia na gestão empresarial e na competitividade do país.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep, 2001, Rio de Janeiro. Anais... 2001. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr24_0698.pdf / . Acesso em: 01 fev. 2023.

(Desafios para a manutenção do SISMETRA)
**GESTÃO DE RISCOS EM AUDITORIAS
 DE LABORATÓRIOS**

**RISKS MANAGEMENT IN
 LABORATORY AUDITS**



Me. Antonio Carlos dos Santos Junior – Técnico

antonioCarlosacsj@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
 Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial - CMA

RESUMO

A Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial (CMA) precisou se adequar às mudanças ocorridas nos últimos anos para estabelecer um processo mais eficaz de monitoramento do desempenho dos laboratórios do Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA). Para isso, o planejamento do programa de auditorias deve ser feito com base em uma abordagem de risco adequada. Sendo assim, a partir da estrutura normativa referente a riscos no Comando da Aeronáutica (COMAER) e, conseqüentemente, da implantação de um processo de gestão de riscos no Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), a CMA aprimorou seus conhecimentos sobre o assunto e desenvolveu um processo de avaliação de riscos para as auditorias metrológicas, o que proporcionou um aumento da sua eficácia, alcançando melhores resultados e prevenindo efeitos negativos que poderiam, principalmente, afetar as atividades de laboratório desempenhadas pelo Laboratório Central de Calibração (LCC) e pelos elos do SISMETRA.

Palavras-Chave: Gestão de Riscos; Auditorias em Laboratórios; Confiabilidade Metrológica.

ABSTRACT

The Aerospace Metrological Reliability Division (CMA) had to adapt to the changes occurred in recent years to establish a more effective process for monitoring performance of laboratories within the Aerospace Metrology System (SISMETRA). To do so, the planning of audit program must be based on an appropriate risk approach. Therefore, based on regulatory framework concerning risks in COMAER and, consequently, the implementation of a risk management process at IFI, CMA improved its knowledge on this issue and developed a risk assessment process for metrological audits, which provided an increase in its effectiveness, achieving better results and preventing negative effects that could affect laboratory activities performed by Central Calibration Laboratory (LCC) and other laboratories of SISMETRA.

Keywords: Risks Management; Laboratory Audits; Metrological Reliability.

1. INTRODUÇÃO

Conforme tratado por Santos Junior (2022), a Divisão de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial (CMA), como integrante do Órgão Central e gerente do Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA), necessitou se adequar às mudanças ocorridas nos últimos anos (por exemplo, atualização de normas de sistemas de gestão, pandemia, escassez de recursos, entre outras) para estabelecer um processo mais eficaz de monitoramento do desempenho dos laboratórios do Sistema. Sendo assim, especialistas dessa Divisão se propuseram a atualizar a sistemática de auditorias metrológicas, padronizando-a para todos os laboratórios pertencentes ao Sistema. Para que essa sistemática seja realmente eficaz, torna-se imprescindível que o planejamento do programa de auditorias seja feito com base numa abordagem de risco adequada.

De acordo com o Tribunal de Contas da União (TCU) (2020), embora a obra *Risk, Uncertainty and Profit*, publicada em 1921 por Frank Knight, tivesse se tornado uma referência mundial no campo acadêmico sobre a gestão de riscos por “estabelecer conceitos, definir princípios e introduzir alguma sistematização ao tema”, a gestão de riscos com foco em empresas e instituições se apresenta como um campo de pesquisa relativamente novo, iniciado no final do século XX, tendo o artigo intitulado *The Risk Management Revolution*, da revista *Fortune* de 1975, como um marco importante por recomendar que “as várias funções de risco existentes em uma organização fossem coordenadas, com a alta administração aceitando a responsabilidade de definir a política e manter o controle sobre ela”.

Neste contexto, faz-se necessário distinguir os termos “abordagem de risco” e “gestão de riscos”. Conforme o item 3.7.9 da ABNT NBR ISO 9000:2015, risco é o “efeito da incerteza”, sendo o efeito um desvio do esperado (positivo ou negativo) e a incerteza o “estado, ainda que parcial, de deficiência de informação, de compreensão ou de conhecimento relacionado a um evento, sua consequência ou sua probabilidade” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a). A norma ABNT NBR ISO 31000:2018, em seu item 3.1, define risco como

o “efeito da incerteza nos objetivos” e estabelece, no item 3.2, que gestão de riscos é o conjunto de “atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018b).

Várias normas aplicáveis a sistemas de gestão, que foram atualizadas, principalmente, com base num melhor alinhamento com a norma ISO 9001:2015, trocaram o antigo conceito sobre ações preventivas por abordagem (ou mentalidade) de risco. De fato, o conceito sobre mentalidade de risco já estava implícito nas versões anteriores dessas normas, uma vez que tratavam, dentre outros requisitos, sobre a realização de ações preventivas para eliminar não conformidades potenciais, analisar quaisquer não conformidades que ocorressem e tomar ação para prevenir recorrências que fossem apropriadas aos efeitos da não conformidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

Atualmente, essas normas apresentam requisitos sobre ações para abordar riscos e oportunidades, sem exigir um processo formal para gestão de riscos. Por exemplo, a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, em uma nota referente a esse requisito (item 8.5), explica que não há a necessidade de aplicação de métodos formais para gestão de riscos ou um processo de gestão de risco documentado, deixando a cargo dos laboratórios a decisão de desenvolver ou não uma metodologia de gestão de risco mais extensiva que a requerida, por exemplo, por meio da aplicação de outra orientação ou norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Em suma, a aplicação de uma abordagem de risco se apresenta como uma ferramenta mais simples do que um processo de gestão de riscos, mais robusto. A ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 exige tratamento para os riscos referentes à imparcialidade e os riscos associados com as atividades de laboratório (requisitos 4.1 e 8.5, respectivamente), mas requer registros apenas para os resultados da identificação desses riscos como uma das entradas para a análise crítica pela gerência (requisito 8.9 – Opção A).

Ainda que seja um processo bem mais simples, é imprescindível que a abordagem de risco seja executada eficazmente, de forma a estabelecer uma base para aumentar a eficácia do sistema de gestão, alcançar melhores resultados e prevenir efeitos negativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Com base na Instrução Normativa Conjunta CGU/MP Nº 001, de 10 de maio de 2016, que determinou, em seu Art. 3º, que os órgãos e entidades do Poder Executivo federal deveriam implementar, monitorar e revisar os controles internos da gestão, tendo por base a identificação, a avaliação e o gerenciamento de riscos que poderiam impactar a consecução dos objetivos estabelecidos pelo Poder Público, a Diretriz de Comando da Aeronáutica DCA 16-2:2017 instituiu a gestão de riscos no COMAER, com a finalidade de “implementar, manter, monitorar e revisar o processo de gestão de riscos, compatível com sua missão e seus objetivos organizacionais” (ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA, 2017). O Departamento de Ciência de Tecnologia Aeroespacial (DCTA) (2018), por sua vez, estabeleceu “os princípios e diretrizes gerais, a estrutura e a organização processual para a gestão de riscos organizacionais, de projetos e de atividades dentro do DCTA” por meio da Instrução ICA 80-13:2018.

Outras definições relevantes são as seguintes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018b):

- Fonte de risco: elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial para dar margem ao risco;
- Evento: ocorrência ou mudança em um conjunto específico de circunstâncias;
- Probabilidade: chance de algo acontecer;
- Consequência: resultado de um evento que afeta os objetivos;
- Controle: medida que mantém e/ou modifica o risco.

2. GESTÃO DE RISCOS NA DIVISÃO DE CONFIABILIDADE METROLÓGICA AEROESPACIAL

Seguindo a estrutura normativa citada na seção anterior, o IFI iniciou, em 2018, a implantação da

gestão de riscos relativos a alguns de seus processos e instituiu um grupo de trabalho para tratar sobre esse assunto. Na ocasião, a CMA designou dois de seus integrantes (doravante chamados de facilitadores) para compor esse grupo, atualmente denominado Comissão de Gerenciamento de Riscos (CGR).

Para atendimento à ABNT NBR ISO / IEC 17025:2017, como visto anteriormente, foram abordados os riscos associados às atividades de calibração desempenhadas pela CMA, pertinentes aos laboratórios que compõem o complexo definido como Laboratório Central de Calibração (LCC), conforme visto em Santana e Loureiro (2020).

Foram abordados, também, os riscos relativos às auditorias metrológicas realizadas pela CMA, com o objetivo de aumentar a sua eficácia, alcançando melhores resultados e prevenindo efeitos negativos que poderiam, principalmente, afetar as atividades de laboratório desempenhadas pelo LCC e pelos elos do SISMETRA atendidos pela CMA, mesmo que indiretamente (SANTOS JUNIOR, 2022). Além disso, a norma ABNT NBR ISO 19011:2018, utilizada como um conjunto de diretrizes para as auditorias realizadas pela CMA, apresenta como um de seus princípios a abordagem baseada em risco, ou seja, “uma abordagem de auditoria que considera riscos e oportunidades” e que “influencie substancialmente o planejamento, a condução e o relato de auditorias, para assegurar que as auditorias sejam focadas em assuntos que sejam significativos para o cliente de auditoria e para alcançar os objetivos do programa de auditoria” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018a).

Com a evolução do processo de gestão de riscos, os eventos relativos a essas auditorias foram incluídos no escopo mandatário definido pelo DCTA.

A exemplo de Santana e Loureiro (2020), a norma ABNT NBR ISO 31000:2018 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018b) foi utilizada como *framework* para o tratamento desses riscos, atendendo à orientação da DCA 16-2:2017. Esse processo é ilustrado na Figura 1 (próxima página).

Durante a implantação desse processo, e ao longo do acompanhamento das ações definidas a cada ano conforme determinações do DCTA, a comunicação, a consulta, o monitoramento e a análise crítica têm contado, pelo menos, com a participação dos gestores de auditoria e da Chefia da CMA, sob coordenação dos facilitadores. O grupo de auditores cadastrados pela Subdivisão de Capacitação Laboratorial (CMA-CL) é, também, consultado sobre possíveis novos riscos ou eficácia de ações de tratamento em reuniões ou de forma individual. A análise crítica considera aspectos relativos tanto a auditorias internas (de 1ª parte), no âmbito do DCTA, quanto a auditorias externas (de 2ª parte) nos demais elos do SISMETRA (SANTOS JUNIOR, 2022).

A análise dos objetivos a serem atendidos tem como base a missão, a visão e os valores definidos para o IFI e a Diretriz de Comando para a Qualidade Laboratorial definida pelo Diretor-Geral do DCTA, Coordenador do Órgão Central do SISMETRA (SANTOS JUNIOR, 2022).

Para as etapas de identificação, análise e avaliação de riscos, foram combinadas as seguintes ferramentas: diagrama do processo decisório e análise *bow tie*.

Figura 1 - Processo de gestão de riscos



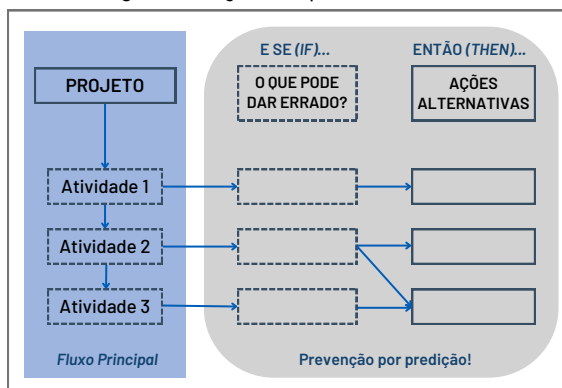
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018, p.9.

2.1 Ferramentas/técnicas para avaliação de riscos

2.1.1 Diagrama do processo decisório

É “uma ferramenta preventiva que visa antecipar fatos ou eventos que podem ocorrer e causar alguma dificuldade na execução do objetivo do projeto principal” (ALBANO, 2020), esquematizada conforme a Figura 2.

Figura 2 – Diagrama do processo decisório.



Fonte: Albano, 2020.

De aplicação praticamente intuitiva, esta ferramenta consiste em se perguntar, a cada etapa ou atividade de um projeto ou processo, o que pode ocorrer de forma insatisfatória, fora do que havia sido planejado.

Cabe lembrar que, por definição, risco pode ser um desvio positivo ou, como normalmente visto em normas sobre sistemas de gestão, uma oportunidade. Neste caso, pode-se perguntar o que pode ser feito melhor, acima do que estava previsto em termos de qualidade, eficiência, eficácia, entre outros fatores.

Esse questionamento pode levantar questões como riscos já conhecidos, fontes e fatores de risco, experiências anteriores, sucessos e incidentes, controles conhecidos e existentes, requisitos regulatórios e restrições, entre outras, e pode indicar ações alternativas para prevenção (riscos negativos) ou promoção (riscos positivos). Para uma adequada aplicação desta ferramenta, é essencial que as respostas sejam obtidas a partir de entrevistas com pessoas que conheçam de fato o processo/projeto a ser analisado.

Esta ferramenta é semelhante à técnica estruturada “E se” (SWIFT), indicada na norma ABNT NBR ISO 31010, a qual (atualmente na versão 2021) “fornece orientação para a seleção e aplicação de várias técnicas que podem ser usadas para ajudar a melhorar o modo como a incerteza é considerada e ajudar a entender o risco” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

Essa norma apresenta, além das definições e aplicabilidade de várias técnicas (entre elas a conhecida FMEA), uma avaliação sobre elas, relacionando “até que ponto cada técnica é aplicável aos diferentes estágios do processo de avaliação de riscos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021). Nessa avaliação, a técnica SWIFT é classificada como segue:

- Identificação de risco: fortemente aplicável;
- Análise de risco:
 - Consequência: fortemente aplicável;
 - Probabilidade: aplicável;
 - Nível de risco: aplicável;
- Avaliação de risco: aplicável.

2.1.2 Análise Bow Tie

Segundo a norma ABNT NBR ISO 31010:2021, a análise *bow tie*, conforme visto na Figura 3 (pg. 65), “é uma representação gráfica de caminhos das causas de um evento até suas consequências, e mostra os controles que modificam a possibilidade de um evento e aqueles que modificam as consequências se o evento ocorrer” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021). Essa representação é obtida da seguinte forma:

- O evento de interesse é representado pelo nó central;
- As fontes de risco são listadas à esquerda do nó e ligadas a ele por linhas representando os diferentes mecanismos pelos quais as fontes podem levar ao evento;
- Barreiras ou controles para cada mecanismo são mostradas como barras verticais através das linhas;
- À direita do nó, linhas ligam o evento a cada consequência potencial;

- Após o evento, as barras verticais representam controles reativos ou barreiras que modificam consequências;
- Fatores que podem causar a falha dos controles (intensificação) são incluídos, junto com os controles para os fatores de intensificação;
- Funções de gestão que suportam os controles (como treinamento e inspeção) podem ser mostrados sob a *bow tie* e vinculadas ao respectivo controle.

A *bow tie* é utilizada para representação e comunicação de informações sobre riscos em situações em que um evento possui uma gama de possíveis causas e consequências, e é bastante útil para analisar fatores que podem causar falhas nos controles (incluindo nos sistemas de gestão). A Figura 4 (pg. 65), ilustra um exemplo de aplicação desta ferramenta.

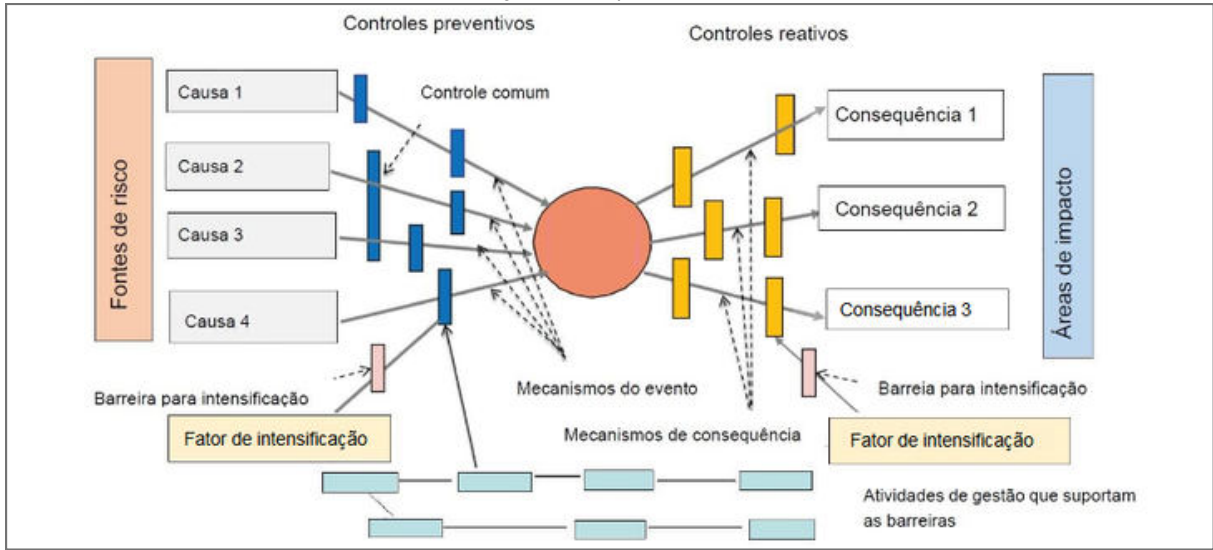
De forma semelhante à técnica SWIFT, a ABNT NBR ISO 31010:2021 avalia a análise *bow tie* da seguinte forma:

- Identificação de risco: aplicável;
- Análise de risco:
 - Consequência: fortemente aplicável;
 - Probabilidade: aplicável;
 - Nível de risco: aplicável;
- Avaliação de risco: aplicável.

2.2 Processo de avaliação de riscos

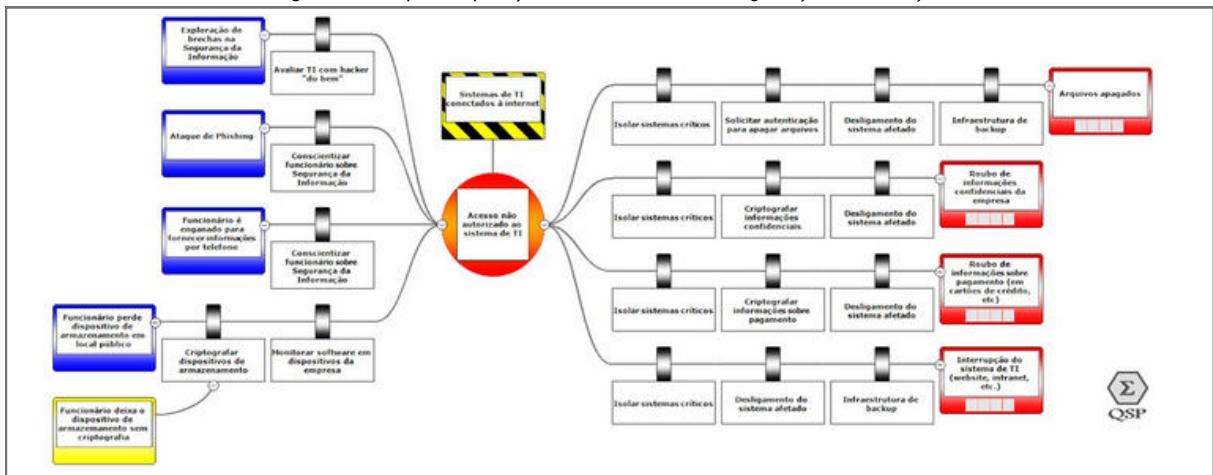
Para a avaliação dos riscos pertinentes às auditorias metrológicas, os facilitadores da CMA, com apoio dos gestores de auditoria e de alguns auditores, e a partir do mapeamento desse processo, identificaram os riscos com a aplicação do diagrama do processo decisório e algumas ações que, numa primeira análise, seriam adequadas para o tratamento desses riscos. Numa segunda etapa, foi aplicada a análise *bow tie* para um maior detalhamento do plano de ações, buscando-se as causas (com complementação da conhecida ferramenta “5 Porquês”) para os eventos e reconhecendo-se as possíveis consequências, o que permitiu um aprimoramento das ações delineadas pelo diagrama do processo decisório.

Figura 3 - Exemplo de bow tie



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021, p.72.

Figura 4 - Exemplo de aplicação da análise bow tie na segurança da informação



Fonte: Cicco, 2019.

Vale destacar que, no início da implantação da gestão de riscos no IFI, os facilitadores não possuíam amplo conhecimento sobre o processo de avaliação de riscos, bem como das ferramentas aplicáveis, e o mapeamento do processo de auditorias metrológicas ainda estava em seu estado “embrionário”. Sendo assim, a utilização da bow tie não se deu de forma completa.

Para se definir o impacto de cada risco, foram utilizadas as orientações da Instrução ICA 80-13:2018, considerando as seguintes pontuações: 1 - Insignificante, 2 - Pequeno, 3 - Moderado, 4 - Grande e 5 - Catastrófico (SANTANA E LOUREIRO, 2020).

Para avaliar a probabilidade de ocorrência de cada risco, consideraram-se os seguintes intervalos e pontuações (SANTANA E LOUREIRO, 2020): 1 - Muito baixa (<= 10%); 2 - Baixa (>10% <= 30%); 3 - Média (>30% <= 50%); 4 - Alta (>50% <= 90%); 5 - Muito alta (>90%). Nesta etapa, não foram utilizados métodos quantitativos, e a determinação das probabilidades de cada risco contou com o conhecimento sobre o processo de auditorias de forma qualitativa (empírica).

Para definição do nível de cada risco, utilizou-se a matriz por meio de orientação da Instrução ICA 80-13:2018, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Matriz para determinação do nível de risco

IMPACTO	5	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Crítico	Risco Crítico	Risco Crítico
	4	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Crítico	Risco Crítico
	3	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Crítico
	2	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto
	1	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado
		1	2	3	4	5
		PROBABILIDADE				

Fonte: Santana e Loureiro, 2020, p. 6.

Uma vez definidos os níveis de risco, procurou-se a classificação e o delineamento final para as ações de tratamento desses riscos, conforme referenciado na Instrução ICA 80-13:2018: aceitar, mitigar, compartilhar ou transferir, ou evitar. Em relação a essa etapa, tomou-se o devido cuidado em relação a riscos à imparcialidade, para os quais, segundo a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (item 4.1), aceitar, compartilhar ou transferir não são ações permitidas.

2.3 Monitoramento

Desde o início da implantação da gestão de riscos no IFI, os resultados das ações definidas nas etapas anteriores são monitorados anualmente, acompanhando-se o ciclo definido pelo Programa de Trabalho Anual do Instituto (PTA). Com a evolução desse processo, a CGR, por determinação do DCTA, tem feito o devido acompanhamento mensalmente por meio de registros no GPAer e de reuniões, sendo a atualização dos planos de ações de forma anual.

Analisando-se esses resultados, é possível afirmar que a CMA tem obtido um desempenho satisfatório, embora haja ainda necessidade de algumas melhorias, cuja implementação tem evoluído proporcionalmente ao aprimoramento do conhecimento dos facilitadores sobre o assunto.

3. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação da gestão de riscos no processo de auditorias metrológicas desempenhadas pela CMA tem contribuído para se aprimorar o monitoramento do desempenho dos laboratórios do SISMETRA, conforme proposto por Santos Junior (2022).

O conhecimento adquirido pelos facilitadores e gestores de auditoria sobre o assunto, desde 2018, por meio de cursos formais e estudos individuais e em grupo, além de aprimorar o próprio processo de avaliação de riscos, tem sido repassado aos auditores e especialistas cadastrados pela CMA-CL e aplicados por eles na execução dessas auditorias, proporcionando uma série de melhorias, algumas delas percebidas pelos clientes, comunicadas por eles via pesquisas de satisfação ou em contato direto com auditores e gestores de auditoria.

Um exemplo dessas melhorias diz respeito às não conformidades apontadas nos relatórios de auditoria. Nos últimos anos, observou-se uma redução na quantidade de não conformidades relatadas, o que não deve ser visto como um afrouxamento dos critérios dos auditores, mas, sim, como um maior foco em situações que, efetivamente, poderiam afetar negativamente os resultados emitidos pelos laboratórios auditados. Essa melhoria se deve, também, à abordagem de risco utilizada no processo de revisão das normas sobre sistemas de gestão pela ISO, dentre elas, a ABNT NBR ISO 17025:2017.

A fim de contribuir para a evolução do processo de avaliação de riscos na CMA, pretende-se ampliar ainda mais o conhecimento sobre o assunto por meio do estudo de outras ferramentas relevantes, a depender do tipo de situações a serem tratadas e da profundidade de análise. Por exemplo, a aplicação de métodos quantitativos pode proporcionar uma avaliação mais robusta a partir de análise de dados, com maior rigor científico e avaliações mais objetivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, Filipe de Medeiros. Material didático do curso sobre auditorias remotas. Porto Alegre: Rede Metrológica do Rio Grande do Sul, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015, 59 p.

_____. **ABNT NBR ISO 9001**: Sistemas de gestão da qualidade – requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015, 32 p.

_____. **ABNT NBR ISO/IEC 17025**: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 32 p.

_____. **ABNT NBR ISO/IEC 19011**: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 53 p.

_____. **ABNT NBR ISO 31000**: Gestão de riscos – diretrizes. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018, 17 p.

_____. **ABNT NBR ISO 31010**: Gestão de riscos – técnicas para o processo de avaliação de riscos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021, 150 p.

CICCO, Fernando Fibe de. **QSMS e Gestão de Riscos**: aplicações e vantagens da análise bowtie. aplicações e vantagens da Análise BowTie. 2019. Disponível em: <https://www.qsp.net.br/2019/08/qsms-e-gestao-de-riscos-aplicacoes-e.html>. Acesso em: 09 fev. 2023.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL. **ICA 80-13**: Gestão de riscos no DCTA. São José dos Campos: DCTA, 2018. 34 p.

_____. **NSCA 9-1**: Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA). São José dos Campos: DCTA, 2020. 14 p. Disponível em: <http://www.sismetra.cta.intraer/index.php/normas?id=165>. Acesso em: 30 set. 2020.

ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA. DCA 16-2: **Gestão de riscos no Comando da Aeronáutica**. Brasília: EMAER, 2017. 26 p.

SANTANA, Michelly Karoline Alves; LOUREIRO, Geilson. **Gestão de Riscos e Oportunidades em Laboratórios de Metrologia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES, 7., 2020. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Metrologia, 2020. Disponível em: <https://cbmri.org.br/site/gestao-de-riscos-e-oportunidades-em-laboratorios-de-metrologia/>. Acesso em: 14 fev. 2023.

SANTOS JUNIOR, Antonio Carlos dos. **Fortalecimento do processo de auditorias metrológicas: um projeto para o SISMETRA**. Revista Fomento Aeroespacial, São José dos Campos, v. 01, n. 01, p. 70-75, ago. 2022. Anual. Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/images/Revista_Fomento_Aero_espacial_-_OFICIAL_compressed.pdf. Acesso em: 07 fev. 2023.

Tribunal de Contas da União. **Gestão de riscos**: histórico. [2020]. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/governanca/governanpublica/gestao-de-riscos/historico.htm>. Acesso em: 13 fev. 2023.

A PRÁTICA DE "OFFSET" NO COMANDO DA AERONÁUTICA: UM ESTUDO DOS ACORDOS DE COMPENSAÇÃO CELEBRADOS PELA COPAC

THE PRACTICE OF "OFFSET" IN THE AIR FORCE
COMMAND: A STUDY OF THE COMPENSATION
AGREEMENTS CELEBRATED BY COPAC

Nilo Coelho Saraiva Júnior - Tenente Coronel Intendente

Orientação: Rodrigo Antônio Silveira dos Santos - Coronel Intendente

saraivancsj@fab.mil.br



GRUPAMENTO DE APOIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - GAP-SJ

Vice-Chefia

RESUMO

Os Acordos de Compensação (*Offset*) firmados pelo Comando da Aeronáutica (COMAER) no período compreendido entre 2005 e 2019 são avaliados quanto ao grau de compatibilidade com os objetivos estabelecidos na Política de Compensação do Ministério da Defesa (PComTIC Defesa). Por meio de uma pesquisa documental realizada sobre a documentação de execução desses acordos, disponível na Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), as diferentes medidas de compensação aplicadas pela Aeronáutica em seus Acordos de *Offset* são elencadas neste estudo. Verificou-se que essas medidas de compensação são compreendidas principalmente por atividades voltadas à transferência de tecnologia. Por meio de tais práticas, fica evidente o papel do Ministério da Defesa na busca da desejada autonomia nacional, seja no campo da indústria, seja no campo da pesquisa e desenvolvimento do setor aeroespacial, civil e militar.

Palavras-Chave: Acordos de Compensação "Offset"; Transferência de Tecnologia; Setor Aeroespacial; Comando da Aeronáutica; Ministério da Defesa.

ABSTRACT

The Compensation Agreements (*Offset*) signed by the Air Force Command in the period between 2005 and 2019 are evaluated considering their degree of compatibility with the objectives established in the Compensation Policy of the Defense Ministry (PComTIC Defense). Through documentary research carried out on the implementation documents related to these agreements, available at the Coordinating Committee of the Combat Aircraft Programme (COPAC), the different compensation measures applied by the Air Force in its *Offset* Agreements are described in this Study. It was found that these compensation measures are represented mainly by activities related to the transfer of technology. Through such practices, the role of the Defense Ministry in the pursuit of the desired national autonomy is evident, whether in the field of industry, or in the field of research and development in the aerospace, civil and military sectors.

Keywords: Compensation Agreements "Offset"; Transfer of Technology; Aerospace Sector; Air Force Command; Defense Ministry.

1. INTRODUÇÃO

A Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC) é o órgão responsável por coordenar os trabalhos relativos ao desenvolvimento e à aquisição de aeronaves de combate e sistemas relacionados para o Comando da Aeronáutica (COMAER), bem como coordenar, com os Órgãos de Direção Setorial, as ações necessárias à implantação dessas aeronaves e sistemas.

Ainda, a COPAC destaca-se pelo diferencial de garantir as tecnologias essenciais e necessárias para o emprego do Poder Aeroespacial, um grande desafio a ser vencido neste novo milênio, fortalecendo a Força Aérea Brasileira (FAB) para cumprir suas missões (RODRIGUES, HIRATA e SILVEIRA, 2019).

Neste contexto de aquisição de capacidades em prol da FAB, a negociação e a celebração de contratos com empresas estrangeiras envolvem a aplicação de atividades de compensação comercial, industrial e tecnológica, conforme o § 11 do Art. 3º da Lei nº 8.666/93:

Os editais de licitação para a contratação de bens, serviços e obras poderão, mediante prévia justificativa da autoridade competente, exigir que o contratado promova, em favor de órgão ou entidade integrante da administração pública ou daqueles por ela indicados a partir de processo isonômico, medidas de compensação comercial, industrial e tecnológica ou acesso a condições vantajosas de financiamento, cumulativamente ou não, na forma estabelecida pelo Poder Executivo federal.

Tais medidas de compensação englobam o conceito de *Offset*, de acordo com a Portaria nº 61/GM-MD, de 22 de outubro de 2018:

Compensação comercial, industrial e tecnológica (*Offset*) é a prática compensatória acordada entre as partes, como condição para importação de bens e serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza comercial, industrial e tecnológica.

Para Crepaldi (2012, p.4), as compensações agregam razões adicionais para sua exigência, quais sejam:

[...] para aliviar o ônus das aquisições do setor de defesa em sua economia, para aumentar ou preservar o emprego doméstico, para obter uma tecnologia ou uma inovação tecnológica desejada, para capacitar e treinar recursos humanos e/ou ainda promover alguns setores industriais específicos de interesse do país importador.

Atualmente, a COPAC é responsável por gerenciar 81% (oitenta e um por cento) dos Acordos de Compensação firmados pelo COMAER. Desta forma, entende-se que o estudo dos Acordos de Compensação celebrados pela COPAC alcança boa representatividade da prática de *Offset* no setor aeroespacial brasileiro.

Ademais, o presente estudo ganha relevância na medida em que a prática de *Offset*, se for bem planejada e executada, representa uma ferramenta de grande importância para a busca da almejada autonomia nacional no setor de defesa, coadunando com o pensamento da Estratégia Nacional de Defesa expresso abaixo:

Serão buscadas parcerias com outros países, com o propósito de desenvolver a capacitação tecnológica e a fabricação de produtos de defesa nacionais, de modo a eliminar, progressivamente, a dependência de serviços e produtos importados. (BRASIL, Estratégia Nacional de Defesa, 2012).

Neste sentido, este trabalho pretende verificar se existe compatibilidade entre os Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*) firmados pela COPAC e os objetivos estabelecidos na Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa.

2. METODOLOGIA

No que se refere aos procedimentos de pesquisa utilizados, a abordagem metodológica se baseou na pesquisa documental acerca das informações contidas na descrição dos Projetos de *Offset* constantes de cada Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*) e nos objetivos da Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PCoM-TIC Defesa).

O universo da pesquisa restringiu-se aos Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*) celebrados pela COPAC, nos últimos 15 (quinze) anos, em referência ao período de janeiro de 2005 a dezembro de 2019, por ser um período significativo, concentrando cerca de 95% (noventa e cinco por cento) dos acordos celebrados por essa Organização Militar. Entretanto, os Acordos

foram descaracterizados, tendo em vista sua natureza sigilosa. Para tanto, as descrições dos projetos de compensação (*Offset*) foram omitidas, a fim de não comprometer ofertas e contratos existentes.

Inicialmente, foi realizada a coleta de dados das medidas de compensação (*Offset*) extraídas dos Projetos de *Offset* constantes de cada Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*) e agrupados em modalidades de *Offset* para análise da compatibilidade com os objetivos da Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa), tais como:

- Medidas de Compensação Tecnológica;
- Medidas de Compensação Industrial; e
- Medidas de Compensação Comercial.

Em um segundo momento, os dados, relativos às medidas de compensação (*Offset*) de cada Acordo de Compensação celebrado pela COPAC, foram agrupados em tabelas com o percentual de compatibilidade com a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa).

3.1 ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE OS ACORDOS DE COMPENSAÇÃO GERENCIADOS PELA COPAC E A POLÍTICA DO MINISTÉRIO DA DEFESA

3.1 Política de *Offset* do Ministério da Defesa

A mais recente política de *Offset* do Ministério da Defesa foi aprovada, em 02 de setembro de 2021, através da Portaria Normativa nº 3.662/GM-MD.

Assim, com base nos objetivos e estratégias detalhados na Política, as Forças Armadas devem incluir sempre um Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica conjuntamente com os Contratos de importação de produtos de defesa, quando o valor da aquisição for igual ou superior a US\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de dólares norte-americanos), ou valor equivalente em outra moeda, seja em uma única compra ou cumulativamente com um mesmo fornecedor, num período de até doze meses.

Nesta atualização, as medidas de prática de *Offset* são definidas conforme abaixo citado:

Medidas de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial é qualquer prática compensatória estabelecida como condição para o fortalecimento da produção de bens, do desenvolvimento tecnológico ou da prestação de serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza industrial, tecnológica e comercial, sendo consideradas as medidas de compensação tecnológica, as medidas de compensação industrial e as medidas de compensação comercial, tais como: a) transferência de tecnologia; b) investimento em capacitação tecnológica; c) coprodução; d) produção sob licença; e) produção subcontratada; f) cooperação industrial; g) investimento em capacitação industrial; h) troca (*barter*); i) contra-compra (*counter-purchase*) e j) recompra (*buy-back*).

Desta forma, o Ministério da Defesa busca, com a aplicação desta Política, observando as particularidades de cada processo de importação de produtos de defesa, a desejada autonomia nacional, seja no campo da indústria, seja no campo da pesquisa e desenvolvimento do setor aeroespacial, civil e militar, conforme preconiza Guimarães e Ronan (2004), ao afirmar que o *Offset* constitui a prática da obtenção de compensações, com vistas à: i) obtenção de tecnologias para a indústria nacional; e ii) modernização tecnológica de setores-chaves da economia.

Diante desse cenário, pode-se dizer que a COPAC está buscando, na celebração dos Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, os benefícios destacados nesta Política?

3.2 Acordos de *Offset* celebrados pela COPAC

Este trabalho, por meio de uma pesquisa documental realizada na COPAC nos anos de 2019 e 2020, analisou dezesseis acordos de compensação comercial, industrial e tecnológica, contabilizando-se um total de 192 (cento e noventa e dois) projetos de compensação (*Offset*). As informações foram retiradas dos processos administrativos de gestão (PAG) da Unidade, especificamente, do Plano de Aplicação de Compensação de cada Acordo de Compensação.

O escopo de análise deste trabalho foi concebido nos Acordos de *Offset* celebrados entre os anos de 2005 e 2019. A partir de agora, será realizado um detalhamento de cada Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, com base nas medidas de compensação destacadas na Política de *Offset* do Ministério da Defesa.

3.2.1 Acordo de Compensação "A"

Tabela 1 - Acordo de Compensação A

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	68,27%
Investimento em Capacitação Tecnológica	2,69%
Produção Subcontratada	22,98%
Investimento em Capacitação Industrial	2,62%
Recompra (<i>Buy-Back</i>)	3,44%

Fonte: O Autor.

Nesse acordo de compensação, foram pesquisados 29 (vinte e nove) projetos de *Offset* e, conforme se pode inferir dos dados apresentados, a medida de compensação de transferência de tecnologia foi predominante neste acordo. Ocorreu ainda a aplicação destes benefícios na indústria de defesa em um percentual de 84,69%, e os outros 15,31% foram marcados pela aplicação em universidades de pesquisas, conforme o Plano de Aplicação de Compensação do respectivo acordo.

3.2.2 Acordo de Compensação "B"

Tabela 2 - Acordo de Compensação B

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	80,13%
Investimento em Capacitação Tecnológica	8,42%
Produção Subcontratada	11,45%

Fonte: O Autor.

Novamente, a transferência de tecnologia teve um elevado percentual neste acordo de compensação com 12 (doze) projetos de compensação. Foi observado também que não houve nenhum projeto de *Offset* com benefício não relacionado com a Política do Ministério da Defesa e a aplicação dos ganhos de *Offset* foi 100% na indústria de defesa brasileira.

3.2.3 Acordo de Compensação "C"

Tabela 3 - Acordo de Compensação C

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	41,16%
Investimento em Capacitação Tecnológica	0,19%
Coprodução	12,93%
Produção Subcontratada	2,56%
Cooperação Industrial	29,86%
Investimento em Capacitação Industrial	13,30%

Fonte: O Autor.

Conforme observado na tabela 3, encontra-se uma forte evidência de transferência de tecnologia com cooperação industrial. Medidas de compensação destacadas para o fortalecimento da indústria de defesa brasileira e aplicação de 100% na base industrial de defesa.

3.2.4 Acordo de Compensação "D"

Tabela 4 - Acordo de Compensação D

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	5,89%
Investimento em Capacitação Tecnológica	12,59%
Produção Subcontratada	79,66%
Investimento em Capacitação Industrial	1,51%

Fonte: O Autor.

Diferentemente dos acordos de compensação anteriormente citados, nesse houve um pequeno percentual de *Offset* voltado à transferência de tecnologia e um foco na área de contratação da indústria local para exportação de bens e serviços, gerando aumento da carga de trabalho em empresas da base industrial de defesa.

3.2.5 Acordo de Compensação "E"

Tabela 5 - Acordo de Compensação E

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	16,97%
Investimento em Capacitação Tecnológica	4,98%
Produção Subcontratada	67,80%
Investimento em Capacitação Industrial	9,05%
Contra-Compra (<i>Counter-Purchase</i>)	1,21%

Fonte: O Autor.

Acordo com 04 (quatro) projetos e características semelhantes ao anterior, evidenciando a contratação da indústria local para a exportação de bens e serviços, gerando aumento da carga de trabalho em empresas da base industrial de defesa. Além disso, houve um projeto com previsão de investimentos em empresa nacional.

3.2.6 Acordo de Compensação "F"

Tabela 6 - Acordo de Compensação F

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	82,76%
Investimento em Capacitação Tecnológica	6,87%
Investimento em Capacitação Industrial	10,37%

Fonte: O Autor.

Nesse acordo de compensação ("F") do Projeto AM-X, com 04 (quatro) projetos de compensação, uma relevância na área de transferência de tecnologia com aplicação nas instituições de ciência e tecnologia e na indústria de defesa brasileira.

3.2.7 Acordo de Compensação "G"

Tabela 7 - Acordo de Compensação G

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	32,25%
Investimento em Capacitação Tecnológica	27,33%
Produção Subcontratada	29,98%
Investimento em Capacitação Industrial	10,44%

Fonte: O Autor.

Acordo de Compensação com 05 (cinco) projetos de *Offset* e um equilíbrio entre as medidas de compensação. Observa-se a formação de uma base de tecnologia aliada a investimentos, com um objetivo de exportação de bens e serviços. Ainda, a aplicação dos ganhos de *Offset* foi 100% na indústria de defesa brasileira.

3.2.8 Acordo de Compensação "H"

Tabela 8 - Acordo de Compensação H

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	5,70%
Investimento em Capacitação Tecnológica	18,75%
Produção Subcontratada	75,17%
Investimento em Capacitação Industrial	0,38%

Fonte: O Autor.

Acordo de compensação com 10 (dez) projetos que apresentam um pequeno percentual de *Offset* voltado à transferência de tecnologia e um foco na área de contratação da indústria local para exportação de bens e serviços.

3.2.9 Acordo de Compensação "I"

Tabela 9 - Acordo de Compensação I

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	22,17%
Investimento em Capacitação Tecnológica	19,97%
Produção Sob Licença	52,08%
Investimento em Capacitação Industrial	5,78%

Fonte: O Autor.

Nos 5 (cinco) projetos de compensação que integram este Acordo de *Offset*, ressalta-se a transferência de tecnologia para produção no Brasil de produtos e prestação de serviços com a autorização da empresa estrangeira.

3.2.10 Acordo de Compensação "J"

Tabela 10 - Acordo de Compensação J

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	88,24%
Investimento em Capacitação Tecnológica	3,42%
Investimento em Capacitação Industrial	8,33%

Fonte: O Autor.

Este acordo possui 02 (dois) projetos de compensação e também apresenta uma relevância na área de transferência de tecnologia com 100% de aplicação diretamente na indústria de defesa brasileira.

3.2.11 Acordo de Compensação "K"

Tabela 11 - Acordo de Compensação K

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	7,37%
Investimento em Capacitação Tecnológica	60,43%
Investimento em Capacitação Industrial	32,20%

Fonte: O Autor.

Acordo de compensação com 03 (três) projetos de *Offset* e uma característica de investir fortemente em instituições de ciência e tecnologia visando a capacitação para futuras inovações tecnológicas.

3.2.12 Acordo de Compensação "L"

Tabela 12 - Acordo de Compensação L

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	64,40%
Investimento em Capacitação Tecnológica	18,00%
Investimento em Capacitação Industrial	17,60%

Fonte: O Autor.

Acordo de compensação com uma destacável relevância na área de transferência de tecnologia com 100% de aplicação diretamente na indústria de defesa brasileira.

3.2.13 Acordo de Compensação "M"

Tabela 13 - Acordo de Compensação M

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	78,68%
Investimento em Capacitação Tecnológica	7,57%
Investimento em Capacitação Industrial	0,92%
Contra-Compra (Counter-Purchase)	12,83%

Fonte: O Autor.

Acordo com 05 (cinco) projetos e características semelhantes ao anterior, evidenciando a trans-

ferência de tecnologia para as empresas da base industrial de defesa.

3.2.14 Acordo de Compensação "N"

Tabela 14 - Acordo de Compensação N

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	32,37%
Produção Subcontratada	67,63%

Fonte: O Autor.

Nesse acordo de compensação, conforme se pode inferir dos dados apresentados, a medida de compensação mais relevante é voltada na área de contratação da indústria local para exportação de bens e serviços. Ocorreu ainda a aplicação destes benefícios na indústria de defesa em um percentual de 86,05%, e os outros 13,95% foram marcados pela aplicação em universidades de pesquisas.

3.2.15 Acordo de Compensação "O"

Tabela 15 - Acordo de Compensação O

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	90,22%
Investimento em Capacitação Industrial	4,89%
Co-Produção	4,89%

Fonte: O Autor.

Acordo com 05 (cinco) projetos de compensação: novamente uma relevância na área de transferência de tecnologia com 100% de aplicação diretamente nas organizações do Comando da Aeronáutica.

3.2.16 Acordo de Compensação "P"

Tabela 16 - Acordo de Compensação P

MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO	PERCENTUAL
Transferência de Tecnologia	87,03%
Produção Sob Licença	1,97%
Produção Subcontratada	9,12%
Investimento em Capacitação Industrial	1,88%

Fonte: O Autor.

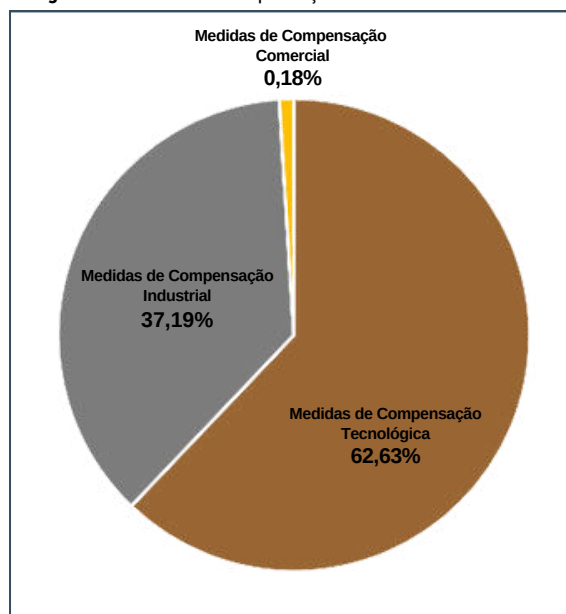
Nesse acordo de compensação foram contratados 58 (cinquenta e oito) projetos de *Offset*, configurando o maior Acordo de Compensação gerenciado pela COPAC, tanto em número de projetos quanto em valores de compensação, pois o mesmo representa 42% do valor nominal de compensação que a COPAC administra neste momento.

Como visto, é notória a atividade de *Offset* puramente voltada para a transferência de tecnologia, sendo praticamente uma constante nas práticas compensatórias desta Unidade.

3.3 Transferência de Tecnologia

Não obstante tenha sido detectada a participação de praticamente todas as medidas de compensação preconizadas na Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa, nos projetos de *offset* celebrados pela COPAC, a transferência de tecnologia foi o aspecto mais representativo, conforme Figura 1, representando 62,63 % de medidas de compensação tecnológica na negociação e celebração dos Acordos de Compensação da COPAC.

Figura 1 - Medidas de Compensação dos Acordos da COPAC.



Fonte: O Autor.

Diante do exposto, é preciso lembrar que quem efetivamente faz a transferência de tecnologia não é o contrato, mas sim as pessoas e organizações envolvidas. Deste modo, o estabelecimento de uma relação de confiança e reciprocidade com os pares estrangeiros é essencial para o alcance da almejada autonomia nacional. Agindo assim, é provável que os conhecimentos passados sejam totalmente absorvidos pela nossa indústria de defesa e esta poderosa ferramenta, o *Offset*, seja benéfica no atual contexto das Forças Armadas brasileiras.

4. CONCLUSÃO

Esta pesquisa científica teve como objetivo central identificar o grau de compatibilidade dos Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*) gerenciados pela COPAC e os objetivos estabelecidos na Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa (PComTIC Defesa), emitida pelo Ministério da Defesa.

Para perseguir o alcance do objetivo acima, primeiramente foram discutidas as definições de *Offset* e posteriormente foram explicitados os objetivos, estratégias e os benefícios advindos da Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa. Com essa análise, fica claro o papel do Ministério da Defesa na abordagem do assunto, pois a desejada autonomia nacional, seja no campo da indústria, seja no campo da pesquisa e desenvolvimento do setor aeroespacial, civil e militar, trará diversos benefícios para a nação e gerará muitas oportunidades aos brasileiros.

Dando continuidade ao trabalho, foi demonstrado como a COPAC administra as atividades de *offset* no seu âmbito de gestão, destacando-se o fluxo dos processos e a transparência no trato da coisa pública. Em seguida, foi realizada uma pesquisa documental nos processos administrativos de gestão (PAG) da COPAC relacionados a Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, a partir dos quais foram analisados 192 (cento e noventa e dois) projetos de *offset*. Em continuidade, os projetos analisados foram agrupados conforme as medidas de compensação advindas da Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa do Brasil.

Com isso, o trabalho evidenciou que a COPAC, no processo de seleção e negociação das atividades de *offset*, busca o benefício da transferência de tecnologia como uma base nos Acordos de Compensação, pois não existem Forças Armadas bem preparadas para defender a Pátria sem que haja o suporte de um parque industrial preparado, com tecnologia de ponta, para novos desafios e um setor de pesquisa e desenvolvimento autônomo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, JAC. **A política de offset da aeronáutica no âmbito da estratégia nacional de defesa. Concurso de artigos sobre o Livro Branco de Defesa Nacional–Ministério da Defesa.** Disponível em: < [goo. gl/HE9SaA](http://goo.gl/HE9SaA)>. Acesso em, v. 10, 2016.

BRASIL. **Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamento o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e outras providências.** Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Ministério da Defesa, **Estratégia Nacional de Defesa.** Brasília – DF 2012.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria Normativa n.º 3.662/GM-MD. Estabelece a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa – PComTIC Defesa do Ministério da Defesa.** Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria Normativa n.º 61/GM-MD. Estabelece a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa – PComTIC Defesa do Ministério da Defesa.** Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria Normativa n.º 3.662/GM-MD. Estabelece a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa – PComTIC Defesa do Ministério da Defesa.** Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria Normativa n.º 61/GM-MD. Estabelece a Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial de Defesa – PComTIC Defesa do Ministério da Defesa.** Brasília, DF, 2018.

CREPALDI, José Augusto. A política de offset da aeronáutica no âmbito da estratégia nacional de defesa. **Concurso de Artigos sobre o Livro Branco de Defesa Nacional, 2012.** Disponível em: http://www.defesanet.com.br/photo/HO/senado/jose_augusto_crepaldi.pdf. Acesso em: 29 nov.19.

DA SILVA, Antônio Rodrigues; HIRATA, Newton; DOS SANTOS, Rodrigo Antônio Silveira. **Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC): Aquisições Tecnológicas Para o Desenvolvimento da Base Industrial de Defesa e o Fortalecimento do Poder Aeroespacial Brasileiro.** Revista Brasileira de Estudos Estratégicos, v. 10, n. 20, 2019.

GUIMARÃES e RONAN. **O Brasil e sua trajetória de aprendizado tecnológico passivo: O papel do offset em busca de um novo cenário.** In: Warwar, Z. (org.). Panorama da prática de offset no Brasil: Uma visão da negociação internacional de acordos de compensação comercial, industrial e tecnológica. Brasília: Projecto Editorial/Livraria Suspensa, 2004.

CONSTRUÇÃO DE CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS PARA A GESTÃO DE OFFSET

**BUILDING ORGANIZATIONAL
CAPABILITIES FOR OFFSETS MANAGEMENT**

Me. Vladimir Minas - Analista em C&T Sênior

vladimirvm@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Desenvolvimento Industrial - CDI

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo propor um elenco de capacidades organizacionais que devem ser construídas pela Administração Pública de modo a buscar resultados mais efetivos na aplicação de medidas de Compensação (*Offset*), utilizadas em aquisições de produtos de defesa do exterior. Espera-se, desse modo, que essas capacidades contribuam para superar parte dos problemas frequentemente associados a esse instrumento. Verificou-se que as capacidades organizacionais a serem construídas envolvem habilidades adicionais às convencionalmente dominadas pelas organizações públicas, estando associadas a funções de Coordenação de Objetivos Interorganizacionais, à Especificação de Requisitos, à Gestão de Riscos e ao Engajamento com o Mercado, especialmente, com a Base Industrial de Defesa (BID) local.

Palavras-Chave: Compensação *Offset*; Capacidades Organizacionais; Compras Públicas; Inovação; Base Industrial de Defesa.

ABSTRACT

The main objective of this work is to propose a list of organizational capabilities that must be built by the Public Administration in order to seek more effective results in the application of Offset measures, used in acquisitions of defense products from abroad. It is expected, therefore, that these capabilities will contribute to overcoming some of the problems often associated with this instrument. It was found that the organizational capabilities to be built involve skills in addition to those conventionally mastered by public organizations, being associated with the functions related to the Coordination of Interorganizational Objectives, Requirements Specification, Risk Management and Engagement with the Market, especially with the Local Defense Industrial Base (BID).

Keywords: *Offset Compensation; Organizational Capabilities; Public Procurement; Innovation; Defense Industrial Base.*

1. INTRODUÇÃO

Uma forma de política industrial ainda pouco disseminada consiste na utilização estratégica de compras governamentais na promoção do desenvolvimento econômico de um país. De acordo com Yülek (2011), políticas de aquisições públicas bem estruturadas e alavancadas pelo poder de compra do Estado podem operar como importantes instrumentos na conversão de países em desenvolvimento, contribuindo para que passem de importadores passivos de bens intensivos em tecnologia, para produtores de tais produtos importados, propiciando valor adicionado às economias locais e suportando a construção de curvas de aprendizagem nessas nações.

A implementação de políticas de aquisições públicas possui o potencial de fazer com que o estado estimule inovações tecnológicas tanto pelo lado da demanda quanto pelo lado da oferta. Pelo lado da demanda, instrumentos como os constituídos pelas compras públicas para inovação podem ser empregados, os quais constituem ordens de compras estabelecidas por uma organização pública para aquisição de um produto novo, não existente no mercado, ou produto aperfeiçoado, de forma que esses atendam necessidades específicas dessa organização ou diretamente da sociedade (EDLER et al., 2015). Sob outra perspectiva, a dos instrumentos orientados à inovação pelo lado da oferta, a aplicação de medidas como a Compensação (*Offset*) pode estimular, dentre várias alternativas, as atividades de P&D e o suporte à capacitação tecnológica com o propósito final de desenvolver a base industrial local.

De maneira a se ter uma breve ideia acerca do poder de compra do Estado e sua capacidade de mover mercados, o volume de recursos gastos com compras públicas no Brasil em 2019 foi da ordem de 710 bilhões de reais, o equivalente a 9.2% do produto interno bruto (PIB). Isso, considerando o montante agregado que representa as compras do governo federal, estadual e municipal, dos três poderes, da administração direta e indireta, inclusive de empresas públicas e de economia mista (RAUEN, 2022).

Figura 1 - Compras Governamentais no Brasil.



Fonte: (O Autor, 2023)

No que se refere à negociação de contrapartidas em aquisições públicas de material de defesa do exterior, conhecidas como *Offset*, a literatura aponta não ser um fenômeno relativamente novo, de modo que tem sido aplicada mundo afora, inclusive no Brasil, já há pelo menos 40 anos (CRABB, 1989). Estima-se que cerca de

80 países exigem que fornecedores estrangeiros de itens de defesa promovam atividades e transações com o intuito de obter benefícios para a sua base industrial e tecnológica, ou até mesmo para outros setores da economia. As obrigações mundiais de *Offset*, a serem cumpridas no período de 2012 a 2022, eram da ordem de US\$ 100 bilhões (*European Club for Countertrade and Offset - ECCO, 2019*), dado este que requer maiores detalhes de como foi apurado pela Instituição ECCO, não obstante sua reconhecida proficiência no tema.

No Brasil, as contrapartidas no setor de defesa recebem o nome de Compensação, sendo reguladas principalmente pela "Política de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial da Defesa - PComTIC Defesa".

Segundo esse documento, a Compensação é definida como "prática compensatória acordada entre as partes como condição para a importação de bens e serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza tecnológica, industrial ou comercial". Esses benefícios poderão ser concretizados na forma das seguintes modalidades: 1) transferência de tecnologia; 2) investimento em capacitação tecnológica; 3) coprodução; 4) produção sob licença; 5) produção subcontratada; 6) cooperação industrial; 7) investimento em capacitação industrial; e 8) medidas de Compensação Comercial, como *barter*, *counterpurchase* e *buy-back* (BRASIL, 2021).

O tema *Offset* é, contudo, bastante controverso. Muitos questionam sobre a eficácia desse instrumento. Vários problemas são frequentemente associados à prática, como o não cumprimento por parte do fornecedor estrangeiro, aumento do custo do contrato, a não comprovação de resultados efetivos, a não sustentabilidade econômica das capacitações obtidas via transferência de tecnologia ou obtenção de tecnologias já dominadas pelo país recipiente (PAULO, 2009).

Tendo em vista esse contexto, este artigo considera como premissa o entendimento de que parte dos problemas associados à prática de *Offset*, bem como a falta de resultados efetivos, possuem relação com a forma como ocorre a gestão do processo, o que exigiria das agências públicas que

tratam do tema, como medida de melhoria, obter capacidades adicionais às que tradicionalmente fazem parte do seu acervo de capacidades, geralmente de uma organização pública que conduz aquisições.

Nesse sentido, o presente trabalho se propõe não apenas a contribuir com a discussão sobre o tema de *Offsets* no Brasil, mas primordialmente ponderar que a implementação efetiva de uma política de contrapartidas exige que a própria Administração Pública busque construir capacidades adicionais que a habilitem a aproveitar de forma efetiva essas oportunidades decorrentes de grandes aquisições do exterior, traduzindo-as em benefícios à economia do país.

Segundo Struys (2014), as desvantagens econômicas associadas ao instrumento *Offset* apenas podem ser superadas por meio de uma apurada gestão e controle das atividades associadas a tal prática. Nesse sentido, os governos precisam estabelecer estruturas (*frameworks*) institucionais e legais para a implementação dos Acordos de Compensação, considerando todos os aspectos que envolvem os *Offsets*, como a execução (*enforcement*) das obrigações, a implementação das capacidades tecnológicas, incluindo os direitos de propriedade intelectual.

Segundo a "PComTIC Defesa", os Comandos das Forças Singulares e órgãos que integram a estrutura do Ministério da Defesa devem implementar um setor para coordenar as atividades relacionadas à Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial. Do mesmo modo, define algumas atribuições relacionadas à gestão da Compensação, as quais deveriam estar presentes como parte integrante das responsabilidades dessa organização, como:

- Concentrar os especialistas no assunto e prover assessoria técnica de alto nível; e
- Gerenciar e acompanhar os Acordos de Compensação em andamento.

Nesse cenário, as Forças devem desenvolver capacidades necessárias para a gestão da "PComTIC Defesa" nos níveis adequados da estrutura organizacional da respectiva Força e aprimorar, permanentemente, a execução e o controle das atividades relativas à Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial (BRASIL, 2021).

Este trabalho é tributário do estudo sobre a “Construção de Capacidades aplicadas às Aquisições Públicas para Inovação”, desenvolvido por Valovirta e Edler (2015) no capítulo do livro “*Public Procurement for Innovation - PPI*” (EDQUIST et al., 2015), e, como veremos adiante, essas capacidades relacionadas à PPI apresentam fortes similaridades com os processos de *Offset*. Também é balizado pela experiência acumulada pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), organização subordinada ao Comando da Aeronáutica, na condução de atividades e processos relacionados aos *Offsets*, o qual possui uma subdivisão específica para tratar do tema há mais de 20 anos. Baseia-se igualmente na literatura sobre *Offsets*.

1.1 Acerca das Capacidades Operacionais

De acordo com Valovirta (2015), a realização de metas organizacionais requer a construção de capacidades organizacionais e rotinas apropriadas, sendo que a Capacidade Organizacional é definida por Winter (2000) como “uma rotina de alto nível (ou um conjunto de rotinas) que, juntamente aos seus fluxos de entrada, confere à gestão de uma organização um conjunto de opções de decisão para a produção de saídas significativas de um tipo específico”.

A definição acima enfatiza a questão do comportamento que é resultado do aprendizado, cria padrões por meio de repetição, sendo fundamentado parcialmente em conhecimento tácito (VALOVIRTA, 2015). Assim, a improvisação organizacional não é uma rotina. Rotinas organizacionais são repetitivas, padrões reconhecíveis de ações interdependentes, desempenhadas por múltiplos atores que compõem as capacidades organizacionais (FELDMAN; PENTLAND, 2003).

A gestão do *Offset* em muitos países, não somente no Brasil, é realizada por poucas agências constituídas por um reduzido número de profissionais com conhecimento e dedicação exclusiva no assunto. No Brasil, mesmo no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), o assunto é pouco institucionalizado, criando desafios para a gestão do processo (NETO, 2012).

A condução de aquisições com requisitos de *Offset*, além de posterior gestão dos acordos decorrentes, requer que a Administração Pública implemente capacidades organizacionais específicas, além das que já fazem parte do seu rol tradicional de capacidades. Nesse sentido, a pesquisa elaborada por Valovirta (2015) sobre capacidades a serem obtidas por uma agência pública para condução de Aquisições Públicas para Inovação (*Public Procurement for Innovation - PPI*) apresenta correlação com o problema apresentado.

Offsets e PPI constituem instrumentos de políticas públicas em essência diferentes, porém, apresentam alguns pontos de similaridades: ambos buscam como resultado promover o desenvolvimento tecnológico e industrial a partir da utilização do poder de compra do Estado; exigem a interação com o setor industrial para verificação das capacidades técnicas possíveis de serem aproveitadas; são normalmente conduzidos por uma agência pública de compras, mas requerem a interação com diversos outros órgãos para consecução dos objetivos; seguem os princípios usuais utilizados nas aquisições públicas como a isonomia e a efetividade do dinheiro público aplicado.

As capacidades organizacionais apontadas por Valovirta (2015) no trabalho sobre PPI foram adaptadas ao processo de gestão dos *Offsets*, balizadas pela experiência acumulada do IFI sobre a negociação e execução de atividades relacionadas às contrapartidas do Comando da Aeronáutica e na literatura sobre o tema *Offsets*.

O IFI possui como atribuição a assessoria a organizações do COMAER em assuntos relacionados à Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, atividade que tem realizado ao longo de duas décadas, principalmente junto à Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), organização responsável pela aquisição de diversos produtos e sistemas de defesa relevantes para a Força Aérea.

No período compreendido entre 2001 e 2022, o IFI executou assessorias em 21 Acordos de Compensação (*Offset*) firmados pelo COMAER, tendo participado em pelo menos uma das fases que

compõem o processo, seja na fase de prospecção de necessidades tecnológicas e industriais, emissão de requisitos, processo de seleção e negociação, acompanhamento e controle da execução das atividades *Offset* acordadas. Cada um desses acordos envolve diferentes projetos e respectivos beneficiários (MINAS, 2022).

Neste contexto, o presente artigo propõe que as capacidades organizacionais a serem construídas para gestão de aquisições com requisitos de *Offset* sejam organizadas conforme as funções organizacionais elencadas segundo a Figura 2.

Figura 2 - Funções Organizacionais.



Fonte: (O Autor, 2023).

2. CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS PARA GESTÃO DOS OFFSETS

2.1 Estabelecimento de Objetivos Relacionados à Aquisição com Requisitos de *Offset*

A aquisição com requisitos de *Offsets* visa atingir dois objetivos basicamente. Por um lado, busca suprir uma carência operacional ou aproveitar uma oportunidade econômica ou tecnológica por meio da incorporação por uma força militar, como Marinha, Exército ou Aeronáutica, de um produto atualizado e moderno do exterior, bem ou serviço, que atenderá sua missão finalística de defesa de modo mais efetivo ou com custos menores.

É importante mencionar que, sendo na área de defesa ou não, o que se tem como expectativa em uma aquisição pública é contribuir para a solução de desafios sociais e aprimorar a entrega de serviços públicos.

Por outro lado, o *Offset* em específico associado à compra visa em geral proporcionar benefícios à economia local, possibilitando auferir ganhos como a participação de empresas nacionais no desenvolvimento, fabricação e manutenção do item a ser adquirido, o acesso a tecnologias inovadoras de restrito acesso, a abertura para exploração de outros mercados fora do país, destinados à venda de produtos nacionais.

Deste modo, verifica-se que a aquisição com requisitos de *Offset* engloba uma expectativa dupla: a melhoria na capacidade operacional de defesa via aquisição de um produto do exterior, enquanto ao mesmo tempo propõe benefícios à economia local.

De acordo com Schapper et al. (2006), uma aquisição pública busca estar em consonância com 3 objetivos principais: primeiro, a convicção pública na isonomia do processo de aquisição; segundo, a eficiência e a efetividade do dinheiro público sendo gasto; e terceiro, consistência com as demais políticas públicas existentes. Esses objetivos nem sempre estão perfeitamente alinhados entre si dentro da prática do processo de aquisição, sendo que diferentes *stakeholders* tendem a valorizá-los de modo diferente.

Introduzindo os benefícios específicos do *Offset* também como um objetivo expresso a ser perseguido pelo processo de aquisição, há uma alteração do equilíbrio entre os objetivos, tendo implicações inclusive no aspecto de gestão.

Neste contexto, embora a aquisição pública com requisitos de *Offset* possa ser amplamente utilizada como um instrumento político para desenvolvimento de vários objetivos socioeconômicos, pode contemplar objetivos de diferentes *stakeholders*, objetivos esses que podem ser contraditórios entre si.

Por exemplo, *stakeholders* que receberão o produto e irão efetivamente operá-lo tendem a valorizar uma oferta que contemple a melhor combinação entre produto e preço, seja em termos de capacidade técnica, qualidade, risco, prazo, garantia, dentre outros aspectos, independentemente do pacote de contrapartidas apresentado. *Stakeholders* voltados para os benefícios industriais e tecnológicos possuem propensão a valorizar aspectos relativos à proposta de *Offset*, renunciando a questões que envolvem o produto em si e o preço.

A busca de um equilíbrio entre os diversos objetivos acaba aumentando a complexidade na gestão do processo de aquisição com requisitos de *Offset*. Raramente os objetivos de *Offset* acabam ocupando a preferência neste balanço, posicionando-se como um subproduto do processo de aquisição. Ou seja, constituindo-se como objetivos secundários (WATERMEYER, 2012).

A habilidade de balancear múltiplos objetivos e atender uma variedade de expectativas surge, desse modo, como uma importante dimensão na gestão da aquisição que envolve *Offsets*.

O setor governamental, de acordo com Edler e Georghiou (2007), não é uma corporação monolítica, mas consiste de uma variedade de setores e níveis administrativos, cada qual com sua missão específica. Assim, requer-se uma capacidade para integrar a racionalidade que envolve o *Offset* com a racionalidade da política dos demais setores, de modo a se obter situações organizacionais de "ganha-ganha".

Na área de defesa, além disso, constata-se o objetivo estratégico de autonomia industrial e tecnológica do país na produção dos itens de defesa, por motivos relacionados à segurança nacional (FERGUSON, 2014).

Capacidade 1: Integrar e balancear, dentro do Governo, objetivos da aquisição relativos ao produto com os objetivos relacionados ao Offset, de modo a criar situações interorganizacionais de ganha-ganha (Balancear diferentes objetivos).

2.2 Engajamento com o Mercado e com a Base Industrial de Defesa

Há uma necessidade maior de interação entre o governo e a Base Industrial de Defesa (BID) local, em um processo de aquisição com requisitos de *Offset*, do que em um processo regular de aquisição de um produto *Off-the-Shelf* ("de prateleira"). Informação sobre o nível de capacitação atual da indústria de modo a avaliar sobre a possibilidade de participação de empresas locais via fornecimento de partes, componentes e serviços, ou capacidade para absorção de tecnologia, deve ser verificada *ex ante* de modo a balizar os requisitos de *Offsets* que serão exigidos dos fornecedores estrangeiros.

O conhecimento sobre a BID e suas respectivas capacidades tecnológicas permitirá à agência pública que realiza a aquisição enfatizar a busca de propostas de *Offset* que apresentem tecnologias que sejam incrementais à capacitação já existente no país. Privilegia-se, desse modo, a absorção de novas tecnologias, evitando assim a utilização de créditos de *Offset* com a promoção de transferência de tecnologias em domínio pela indústria local.

A capacidade técnica para a absorção de tecnologias por empresas da BID, ou para a produção e prestação de serviços, ou seja, sua capacidade absorviva, deve ser avaliada pela agência pública de modo a estabelecer requisitos de *Offset* que sejam exequíveis pelos fornecedores estrangeiros.

Surge, então, a necessidade de mecanismos de comunicação e articulação entre o governo e a BID de forma que as empresas locais tenham condições de se preparar frente à aquisição de itens de defesa no exterior que irão gerar oportunidades de *Offset*, possibilitando a interação dessas com os potenciais fornecedores estrangeiros, de forma alinhada com os requisitos de *Offset* estabelecidos para o processo de seleção. Esses mecanismos devem preservar a isonomia do processo de seleção e da escolha dos beneficiários.

Figura 3 - Capacidades Organizacionais para Gestão de Offset
Grupo 1



Fonte: (O Autor, 2023).

Existem modelos de aquisições com *Offsets* em que o governo de determinado país se envolve na escolha dos beneficiários, como também há modelos nos quais a escolha é de forma preponderante atribuída ao fornecedor estrangeiro (*a hands-off approach*) (BALAKRISHNAN, 2007). Ainda que para o governo esse envolvimento na escolha seja um desafio, devido a aspectos relacionados à isonomia, à responsabilidade técnica do fornecimento, ao comprometimento com sucesso, entre outros, a solução de imputar integralmente ao fornecedor estrangeiro essa escolha talvez não constitua a melhor solução, tendo como base uma visão estratégica para desenvolvimento da BID local.

Capacidade 2: Capacidade para interagir com a Base Industrial de Defesa local visando comunicar as necessidades do Órgão Público, coletar informações de mercado e se envolver com eles, a fim de estimular suas ações junto aos fornecedores estrangeiros na direção dos objetivos de Offset estabelecidos pelo governo (*Interagir com a Base industrial de Defesa*).

O poder de compra do governo nem sempre é centralizado; aliás, de acordo com Caldwell et al. (2005), é frequentemente fragmentado em diferentes departamentos e agências com pouca coordenação entre eles.

A realização de compras coordenadas e conjuntas entre os diferentes órgãos contribuiria para aumentar o poder de compra do Estado, podendo melhorar as condições de negociação de contrapartidas junto aos fornecedores estrangeiros de equipamentos. A cooperação para compras conjuntas poderia ocorrer, inclusive, com agências supranacionais. Desse modo, a coordenação interorganizacional configura-se com uma importante capacidade de gestão.

Capacidade 3: Capacidade de coordenação interorganizacional para agregar a demanda no âmbito do Governo como um todo, envolvendo, inclusive, a colaboração internacional (*Coordenação Interorganizacional*).

Um dos objetivos a ser atingido com a política de *Offsets* seria a capacitação de empresas para explorar, adicionalmente à demanda local, outros mercados via exportação, após a conclusão das atividades atreladas à obrigação de *Offset*. Entender quais as condições que habilitam essas empresas a explorar outros mercados no exterior constitui uma função importante para o processo de aquisição com requisitos de *Offset*.

Há certo risco de que uma empresa beneficiária de *Offset*, após sua participação em um projeto, não consiga efetivamente se estabelecer na área da capacitação tecnológica recebida, tendo como uma das razões

o limitado mercado de defesa nacional, representado pelas compras do governo local. Isso acabaria por limitar os benefícios do *Offset* no tempo. Em algumas situações, a autonomia industrial e tecnológica para a produção de um determinado produto de defesa pode não ser economicamente viável e sustentável no tempo. Por exemplo, em razão de um limitado mercado local para produtos de defesa, a indústria de defesa israelense sempre foi altamente dependente de exportações (REDLICH; MISCAVAGE, 2014).

Desse modo, faz-se necessário um alinhamento entre a capacitação a ser obtida via *Offset* e a necessidade e a demanda das forças militares no longo prazo.

Entender sobre a sustentação econômica da capacidade tecnológica obtida, considerando fatores de escala, a capacidade da empresa em atingir outros mercados e a capacidade de absorção do mercado-alvo da difusão constitui uma capacidade organizacional importante para a aquisição com requisitos de *Offset*.

De acordo com Matthews, Brauer e Dunne (2004), na ausência de um nível de competitividade internacional, o sucesso econômico no longo prazo será ilusório, não obstante a transferência e absorção de tecnologia e consequente criação de novas habilidades e capacidades.

Capacidade 4: Capacidade de compreender as precondições sob as quais as tecnologias absorvidas via Offset podem ser exploradas para outros clientes, usuários privados e mercados de exportação (Avaliar precondições para difusão tecnológica).

Uma das questões importantes envolvidas nos projetos de *Offset* consiste no adequado tratamento da propriedade intelectual sobre a tecnologia absorvida de fornecedores estrangeiros. Envolve a negociação dos direitos de uso sobre a tecnologia, de modo a propiciar condições ao beneficiário de explorar o mercado, com viabilidade econômica. Conforme Martin e Hartley (1995), mesmo quando a tecnologia é transferida, muito provavelmente haverá barreiras à utilização via retenção dos direitos de propriedade intelectual.

Capacidade 5: Capacidade para designar e gerir a propriedade intelectual de forma que permita a exploração da inovação pelos beneficiários, incrementando negócios com outros clientes e mercados (Gerir a Propriedade Intelectual).

2.3 Especificações de Requisitos

Cada vez mais órgãos governamentais que realizam auditorias nos Acordos de Compensação têm exigido a definição de requisitos de *Offset* com uma maior precisão e especificidade, de forma a possibilitar posteriormente a avaliação sobre o cumprimento das metas e objetivos definidos em cada acordo. Frente a tal exigência, haveria então requisitos gerais aplicados a todos os acordos, além de requisitos específicos para Acordos de Compensação individuais (SKONS; BRAUER; DUNNE, 2004).

Em decorrência, as agências públicas necessitam possuir uma capacidade técnica considerável para poder especificar os requisitos de *Offset* e avaliar e selecionar as diferentes propostas de projetos apresentadas pelos fornecedores estrangeiros. Essa capacidade técnica poderá ser obtida tanto pela formação de especialistas *in-house*, ou via contratação externa de *experts*. Poderia ser obtida também por meio de parcerias com instituições e associações de classe, por exemplo.

Como as administrações públicas baseadas no mercado têm estabelecido muito dos serviços públicos por meio da terceirização ou da privatização, o corpo de funcionários do governo tem se reduzido. Governos têm cada vez mais se apoiado em especialistas técnicos externos.

Capacidade 6: Possuir internamente habilidades técnicas e gerenciais necessárias para desenvolver requisitos relacionados às contrapartidas e avaliar as diferentes alternativas propostas por meio de projetos de Offset, apresentadas por fornecedores estrangeiros (Especificar e Avaliar o Cumprimento de Requisitos de Offset).

Processos de aquisições públicas convencionais são baseados em uma abordagem transacional, em que se procura manter certa distância entre fornecedores e compradores públicos. Aquisições

públicas com requisitos de *Offset* exigem uma abordagem mais relacional e interativa visando ao engajamento com os atores do mercado. A complexidade desse tipo de aquisição requer uma abordagem voltada à construção de “quase parcerias” com fornecedores estrangeiros, principalmente no longo prazo.

Ao mesmo tempo que esta interação pode ser benéfica ao processo, há o risco de se promover indevidamente algum tipo de favoritismo. Estimular essa interação é um desafio na medida em que normalmente as normas dos processos de aquisição pública exigem regras estritas de comunicação com fornecedores, principalmente após o início do processo de seleção. Caldwell et al. (2005) enfatizam que nas fases pré-comerciais costuma-se ter maior liberdade para a interação entre compradores públicos e fornecedores.

Capacidade 7: Capacidade de construir relacionamentos com fornecedores estrangeiros, buscando-se estimular as parcerias decorrentes dos Offsets, respeitando as normas de aquisição pública de isonomia e não discriminação (Construir parcerias com Fornecedores).

2.4 Gestão de Riscos

De acordo com Taylor (2004), a colocação de ordens de compra (*workpackage*) por grandes fornecedores estrangeiros contribui com uma empresa recipiente local de duas maneiras críticas. Primeiro, o *Offset* pode ajudar na construção de novas capacidades, sendo que o fornecedor estrangeiro que decide realizar uma subcontratação possui o incentivo para ensinar às empresas locais técnicas eficientes de produção. Isto ocorre em razão de que se o fornecedor não repassar as mais eficientes rotinas e métodos de controle de qualidade, é improvável que haja minimização dos custos. A empresa doméstica pode então ser capaz de avançar na curva de aprendizado, possivelmente evitando erros nos estágios iniciais de produção.

Em segundo lugar, ao completar satisfatoriamente o trabalho subcontratado pela empresa estrangeira, as empresas beneficiárias podem aumentar sua reputação, recebendo um “selo de aprovação” que pode ser crucial para a atuação em outros mercados (TAYLOR, 2004).

Garantir a participação de empresas locais no desenvolvimento e produção do item sendo adquirido não é totalmente possível devido aos riscos envolvidos no processo de subcontratação, ainda que essa operação constitua uma obrigação de *Offset* do fornecedor estrangeiro, e este seja o responsável pela integração e quali-

Figura 4 - Capacidades Organizacionais para Gestão de *Offset* Grupo 2



Fonte: (O Autor, 2023).

dade do produto final a ser entregue à agência pública. Riscos de não conclusão ou baixa performance do beneficiário no processo de transferência de tecnologia podem inviabilizar a conclusão do projeto de *Offset*, conforme o planejado. Em caso de problemas relacionados à limitada capacidade técnica, aos custos muito acima do mercado e à baixa qualidade verificada no beneficiário, é muito provável que esses fatores sejam utilizados como motivo e justificativas por parte do fornecedor estrangeiro para descontinuar um projeto de *Offset* específico, sem o cumprimento de penalidades eventualmente previstas.

Em razão de a subcontratação se tratar de uma obrigação de *Offset*, em alguns casos pode haver o desinteresse do fornecedor estrangeiro em cumprir com a oferta, alegando a falta de desempenho do beneficiário como motivação, em uma situação provável de oportunismo. Cabe à agência pública, nesse caso, monitorar a execução do projeto, avaliando os riscos e as ações tanto do fornecedor estrangeiro, quanto do beneficiário, buscando garantir o sucesso no processo de subcontratação da empresa nacional.

Capacidade 8: Capacidade de gerenciar os riscos envolvidos na participação da Base Industrial de Defesa local no desenvolvimento ou produção dos produtos sendo adquiridos (Gerenciar Riscos de envolvimento da BID).

2.5 Coordenação, Comunicação e Construção de Capacidades

Devido ao potencial abrangente do *Offset* de proporcionar benefícios não só para a área relacionada à aquisição, normalmente no âmbito do setor de defesa, mas para diversos outros setores da economia, a aquisição com requisitos de *Offsets* requer a efetiva coordenação com outras funções e unidades administrativas de modo a harmonizar os diferentes propósitos e estrutura de incentivos. Requer coordenação horizontal e vertical, incluindo outros ministérios e autoridades, como órgãos relacionados à indústria, ciência e tecnologia.

Segundo Skons, Brauer e Dunne (2004), *Offsets* indiretos aplicados na área civil são difíceis de serem especificados, implementados, sendo ainda mais complexos de serem monitorados e avaliados.

Capacidade 9: Capacidade de coordenar e comunicar a aquisição com Offset verticalmente e horizontalmente, em ambos os níveis interadministrativo e interorganizacional (Coordenar a aquisição com outros órgãos governamentais).

Como pôde ser observado, a gestão do processo de *Offset* exige um conjunto de capacidades organizacionais e habilidades individuais que tipicamente não fazem parte das qualificações profissionais convencionais da administração pública. A capacidade organizacional para construção de capacidades deve ser fortalecida de modo a preparar a agência pública para a condução de aquisições com requisitos de *Offset*. Essas capacidades podem ser desenvolvidas por meio de ambos os mecanismos formais e informais de aprendizado, como programa de treinamentos, desenvolvimento de currículos, redes de aprendizados entre pares e *benchmarking* organizacional.

Há a alternativa de construir a capacidade técnica internamente ou optar pela contratação externa de especialistas. Contudo, nem tudo poderá ser terceirizado, de modo que um certo nível de capacidade deverá estar disponível *in-house*.

Capacidade 10: Capacidade de iniciar a construção sistemática de capacidades para aumentar a prontidão do Órgão Público de conduzir aquisições com requisitos de Offset (Construir de forma sistemática as capacidades de gestão de Offset).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que as capacidades organizacionais elencadas para o presente artigo tenham sido adaptadas do estudo desenvolvido por Valovirta e Edler (2015), o qual é voltado para capacidades para condução de aquisições públicas para Inovação (PPI), a similaridade entre os processos, balizada com base na experiência do IFI no assunto e na literatura de *Offset*, permitiu validar as proposições apresentadas. No entanto, uma pesquisa mais aprofundada sobre a condução dos processos de *Offset*, assim como sobre problemas e resultados associados com a prática, permitiria identificar outras capacidades organizacionais não abordadas.

Verificou-se que, a exemplo da gestão de PPI, algumas das capacidades organizacionais elencadas são claramente funções exclusivas da Administração Pública, enquanto outras, por sua natureza, distribuem-se entre o governo e parcerias com outras organizações, privadas ou não governamentais.

A adoção uniforme de todos os instrumentos elencados por um único órgão público não seria razoável, tendo em vista os diferentes modelos organizacionais, tamanho, missão e competência inicial.

Pela similaridade entre algumas capacidades organizacionais voltadas para PPI e capacidades voltadas para *Offsets*, identificou-se forte atratividade para que essas capacidades estejam reunidas em agências públicas que tratem de ambos os temas. Desse modo, independentemente da decisão a ser tomada entre as diversas alternativas possíveis que vão desde o desenvolvimento endógeno e autônomo de um produto de defesa, passando por diversas opções intermediárias, até outro extremo em que ocorre a compra de um produto de defesa *Off-the-Shelf*, desenvolvido e produzido no exterior, mas com alguma participação local possibilitada pela utilização dos *Offsets*, o processo seria adequadamente conduzido pela administração pública, aumentando a possibilidade de resultados efetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALAKRISHNAN, K. Evaluating the effectiveness of offsets as a mechanism for promoting Malaysian defence industrial and technological development. 2007.

BRAUER, J.; DUNNE, P. Arms trade and economic development: theory, policy and cases in arms trade offsets. 2004.

BRASIL, Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 3.662/GM-MD, de 02 de setembro de 2021. Estabelece a Política de Compensação Tecnológica, Comercial e Industrial de Defesa - PComTIC Defesa. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 set. 2021. Seção 2, p.

CALDWELL, N.; WALKER, H.; HARLAND, C.; KNIGHT, L. et al. Promoting competitive markets: The role of public procurement. **Journal of Purchasing and supply management**, 11, n. 5-6, p. 242-251, 2005.

CRABB, D. M. **An investigation into the effects which aerospace industry offset trade agreements have on United States Air Force mission performance.** AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH SCHOOL OF SYSTEMS AND LOGISTICS. 1989.

EDLER, J.; GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. **Research policy**, 36, n. 7, p. 949-963, 2007.

EDLER, J.; GEORGHIOU, L.; UYARRA, E.; YEOW, J. The meaning and limitations of public procurement for innovation: a supplier's experience. In: **Public procurement for innovation:** Edward Elgar Publishing, 2015. p. 35-64.

EDQUIST, Charles et al. (Ed.). Public procurement for innovation. Edward Elgar Publishing, 2015.

FELDMAN, M. S.; PENTLAND, B. T. Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. **Administrative science quarterly**, 48, n. 1, p. 94-118, 2003.

- FERGUSSON, J. In search of a strategy: the evolution of Canadian defence industrial and regional benefits policy. In: **The Economics of Offsets**: Routledge, 2014. p. 107-137.
- MARTIN, S. *The Economics of Offsets: Defence Procurement and Countertrade*. 2014.
- MARTIN, S.; HARTLEY, K. UK firms' experience and perceptions of defence offsets: survey results. **Defence and Peace Economics**, 6, n. 2, p. 123-139, 1995.
- MATTHEWS, R.; BRAUER, P.; DUNNE, J. **Defence offsets: policy versus pragmatism**. London: Routledge, 2004.
- MINAS, Vladimir. **Acordos de Compensação do Comando da Aeronáutica: Uma Avaliação das Barreiras de Transferência de Tecnologia nos Projetos de Offset executados no período de 2000 a 2021**. São José dos Campos, 2022. 250 f.
- NETO, D. L. **A institucionalização do processo de acordos de offset no comando da aeronáutica do Brasil**. 2012.
- PAULO, J. S. O fracasso das contrapartidas. **Nação e Defesa**, 2009.
- RAUEN, A. T. O. *Compras públicas para inovação no Brasil: novas possibilidades legais*. 2022.
- REDLICH, A.; MISCAVAGE, M. **The Business of Offset: A Practitioner's Perspective Case Study: Israel**. In: *The Economics of Offsets*: Routledge, 2014. p. 381-406.
- SCHAPPER, P. R.; VEIGA MALTA, J. N.; GILBERT, D. L. An analytical framework for the management and reform of public procurement. **Journal of public procurement**, 6, n. 1/2, p. 1-26, 2006.
- SKONS, E.; BRAUER, P.; DUNNE, J. **Evaluating defense offsets: the experience in Finland and Sweden**. London: Routledge, 2004.
- STRUYS, W. Offsets and Weapons Procurement: The Belgium Experience 1. In: **The Economics of Offsets**: Routledge, 2014. p. 75-105.
- TAYLOR, T. Using procurement offsets as an economic development strategy. **BRAUER, Jurgen; DUNNE, Paul. Arms trade and economic development: theory, policy, and cases in arms trade offesets**. New York: Routledge, p. 34-47, 2004.
- VALOVIRTA, V. Building capability for public procurement of innovation. In: **Public procurement for innovation**: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 65-86.
- VONORTAS, N. S. Innovation and public procurement in the United States. In: **Public procurement for innovation**: Edward Elgar Publishing, 2015. p. 147-178.
- WATERMEYER, R. Linking developmental deliverables to public sector contracts. **Designing Public Procurement Policy in Developing Countries: How to Foster Technology Transfer and Industrialization in the Global Economy**, p. 35-52, 2012.
- WINTER, S. G. The satisficing principle in capability learning. **Strategic management journal**, 21, n. 10-11, p. 981-996, 2000.
- YÜLEK, M. A. Public expenditures on machinery and equipment in developing countries: A potential driver of technological development and industrialization. In: **Designing public procurement policy in developing countries: how to foster technology transfer and industrialization in the global economy**: Springer, 2011. p. 3-13.

A IMPORTÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO ESPACIAL PARA A CONSOLIDAÇÃO DO CENTRO ESPACIAL DE ALCÂNTARA

THE IMPORTANCE OF SPACE CERTIFICATION FOR THE CONSOLIDATION OF THE ALCÂNTARA SPACE CENTER



Rodrigo de Melo Silveira - Capitão Engenheiro

silveirarms@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Dr. Luiz Henrique Lindquist Whitacker - Capitão Engenheiro

lindquisthlw@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Joliver de Souza Lisboa Kozlowski - Tenente Engenheiro

kozlowskijslk@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Me. Fernando Mello Leme - Tecnologista Sênior

fernandofml@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA

RESUMO

A Operação Astrolábio, sendo a primeira operação de lançamento de uma empresa estrangeira (*Innospace* - Coréia do Sul) no Centro de Lançamento de Alcântara, representa um marco essencial para a implantação e consolidação do Centro Espacial de Alcântara, uma vez que a confiabilidade no sucesso de operações de lançamento é fundamental na relação com o setor privado. A realização desta operação é um indicativo de que os sistemas e tecnologias brasileiros do centro podem ser integrados com sistemas de outras organizações para viabilizar o sucesso de missões. Tendo em vista a atuação do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial como Organização Certificadora Espacial em inúmeros projetos e operações de lançamento nos últimos anos, nota-se que a significativa base de experiência e conhecimento adquiridos pelo corpo técnico do Instituto é fundamental para o sucesso de uma operação, de onde é possível concluir que as atividades de certificação espacial são fundamentais para a implantação e consolidação do Centro Espacial de Alcântara.

Palavras-chave: Certificação Espacial; Operação Astrolábio; Centro Espacial de Alcântara; Foguetes; Operações de Lançamento.

ABSTRACT

Operation Astrolábio, being the first launch operation of a foreign company (Innospace - South Korea) at the Alcântara Launch Center, is an essential milestone for the implementation and consolidation of the Alcântara Space Center, since the reliability in the success of launch operations is fundamental in the relationship with the private sector. Furthermore, realization of this operation is an indication that the Brazilian systems and technologies can be integrated with systems of other organizations to enable successful missions. The Institute of Industrial Fostering and Coordination is responsible for acting as a Space Certification Organization in numerous projects and launch operations in recent years, being noted that the significant base of experience and knowledge acquired by the Institute technician is fundamental for the success of an operation, from which it is possible to conclude that activities of space certification are fundamental for the implementation and consolidation of the Alcântara Space Center.

Keywords: Space Certification; Astrolábio Operation; Alcântara Space Center; Rockets; Launch Operations.

1. INTRODUÇÃO: CENTRO ESPACIAL DE ALCÂNTARA

Em 5 de fevereiro de 2020, por meio do Decreto nº 10.220, foi promulgado o Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) entre o Brasil e os Estados Unidos da América (EUA), o qual havia sido firmado em 18 de março de 2019 [1]. Com isso, viabilizou-se o uso do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), Figura 1, para operações de lançamento comerciais, haja vista a presença de componentes e sistemas norte-americanos em cerca de 80% dos veículos lançadores e de suas cargas úteis [2].

Figura 1- Plataforma de lançamento do Centro de Lançamento de Alcântara.



Fonte: [3]

Dessa forma, em 11 de maio de 2020 foi assinado entre a Força Aérea Brasileira (FAB) e a Agência Espacial Brasileira (AEB) um Acordo de Cooperação definindo as responsabilidades de ambas as partes para a implan-

tação e operação do Centro Espacial de Alcântara (CEA) [2], que engloba o CLA juntamente com o conjunto de bens e serviços (exemplos: suporte logístico, integração e testes finais de carga útil, lançamento de objetos espaciais, previsão meteorológica, coleta de dados via telemetria, rastreamento, sistema de comando e controle, dentre outros) usados para o lançamento de veículos espaciais a partir do território nacional [3]. As primeiras empresas selecionadas, através de Edital Público, para operar no centro são: C6 *Launch* (Canadá) e *Innospace* (Coréia do Sul).

Dada a atuação do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) como Organização Certificadora Espacial (OCE) no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), explicada na Seção 2, bem como o histórico de participações do Instituto nas funções de OCE e de Assessor de Segurança Operacional em projetos e operações de lançamento da FAB (nas quais o IFI obteve uma grande base de conhecimento e experiência), mostrado resumidamente na Seção 3, evidencia-se na Seção 4 a importância da atividade de certificação espacial para a Operação Astrolábio do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

2. CERTIFICAÇÃO DE SISTEMAS ESPACIAIS

Em termos gerais, entende-se por certificação o conjunto de atividades que garantem que sistemas, produtos, organizações ou pessoas cumprem com os requisitos aplicáveis, através de verificação técnica adequada. Geralmente isso ocorre por meio de avaliação de conformidade feita contra normas e regulamentos mundialmente aceitos, bem como por meio de avaliação de conformidade contra requisitos contratuais e especificações de projeto do produto. A formalização do processo de certificação se dá por meio da emissão de certificados ou atestados formais [4].

Historicamente, a certificação tem sido aplicada com sucesso em diversos setores, com especial destaque para o setor aeronáutico, no qual tem garantido o cumprimento de missão e a segurança de sistemas aeronáuticos, sendo essencial para o crescimento, o sucesso e o desenvolvimento da avi-

ação mundial. A autoridade certificadora do setor aeronáutico militar no Brasil é o IFI, com reconhecimento internacional [5].

A grande experiência que este Instituto possui no desenvolvimento de atividades voltadas à certificação aeronáutica proporcionou a ele a possibilidade de passar a atuar também na certificação espacial. Assim como no setor de aviação, o IFI também desempenha o papel de autoridade certificadora do setor espacial brasileiro no âmbito do COMAER, tendo sua atuação pautada pela Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) 800-2 – Garantia da Qualidade e da Segurança de Sistemas e Produtos no COMAER [4] e pela Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 60-2 – Procedimento para Certificação de Produto e de Sistema de Gestão da Qualidade no Setor Espacial [6]. A ICA 55-74 – Planejamento e Execução de Operações no DCTA [7] e a ICA 55-90 – Lançamento de Foguetes no Âmbito do DCTA [8] também são normas balizadoras para a atuação do IFI na certificação espacial.

Resumidamente, as atividades do IFI no setor espacial consistem na certificação de projeto e suas modificações, certificação de componente, Garantia Governamental da Qualidade, bem como revisão de Apronto para Operação de Lançamento, incluindo Revisão de Aceitação do veículo e carga útil e Revisão de Apronto do Centro de Lançamento. Ressalta-se que, geralmente, a participação do IFI em uma operação de lançamento espacial do DCTA não tem se limitado à análise da documentação referente à aceitação do veículo com carga útil e à revisão de apronto dos centros, usualmente sendo enviados presencialmente representantes do Instituto atuando como assessores do Coordenador-Geral de uma Operação (CGO), a fim de garantir o cumprimento de requisitos desejáveis e mandatórios de segurança operacional e de cumprimento de missão.

3. HISTÓRICO DO IFI COMO ORGANIZAÇÃO CERTIFICADORA ESPACIAL: LIÇÕES APRENDIDAS

Durante as investigações do fatídico acidente com o Veículo Lançador de Satélites (VLS) ocorrido no CLA no ano de 2003, foi levantada a questão da necessidade de certificação dos veículos lançadores brasileiros [9].



Ao longo dos anos esta atividade foi estruturada e, atualmente, o Instituto conta com uma subdivisão voltada especificamente para o setor espacial, a CPA-SE, e o Brasil pode se orgulhar de possuir um veículo de sondagem certificado e com reconhecimento internacional: o VSB-30, veículo de sondagem composto pelos motores S30 e S31, mostrado na Figura 2. O foguete foi desenvolvido pelo IAE, em parceria com o Centro Aeroespacial Alemão (DLR). Até então, 32 lançamentos foram realizados com êxito: seis deles no Brasil e 26 no exterior. O primeiro lançamento com o veículo, no Brasil, ocorreu em 23 de outubro de 2004 [10].

Figura 2- Modelo do Foguete VSB-30 certificado pelo IFI.



Fonte: Os Autores.

Desde então, o foguete já foi lançado também da Austrália, da Noruega e da Suécia. Em 2009, o VSB-30 passou a ser detentor de Certificado de Tipo emitido pelo IFI, ratificando a qualidade do equipamento perante a indústria internacional. O processo de certificação do VSB-30 junto ao Instituto foi realizado com base na Resolução n.º 60, de 17 de maio de 2004 [11], do Conselho Superior da AEB, e na ICA 80-2 – Certificação de Produto e Garantia Governamental da Qualidade [12], aprovada pela Portaria n.º 699/GC3, de 6 de julho de 2006,

do COMAER. A certificação do veículo pelo IFI proporcionou ao artefato ser reconhecido como o primeiro foguete brasileiro a ser certificado, estando apto para produção em série [10].

Conforme já discutido, outra função desempenhada pelo corpo técnico do IFI é a de assessoria em operações com veículos do DCTA, tais como as recentes operações Cruzeiro e Santa Branca, ocorridas no biênio 2021-2022, por meio da execução de atividades de aceitação e revisão de apronto discutidas na Seção 2, supervisionando as atividades realizadas, sugerindo melhorias e recomendando correções quando necessárias. A atuação do Instituto nas operações evidenciou, para as demais organizações e entidades envolvidas, as vantagens obtidas quando se trabalha com projetos certificados, tendo a qualificação do projeto avaliada com antecedência.

Além disso, o IFI presta apoio à AEB na elaboração de regulamentação de segurança espacial, tendo atuado nos trabalhos iniciais de avaliação de segurança para implantação do sistema de lançamento com o veículo Cyclone-4. A experiência acumulada nessas atividades de avaliação como OCE possibilitou, através da prática, uma avaliação dos requisitos de segurança da AEB, identificando aspectos positivos e negativos, os quais posteriormente foram utilizados no processo de revisão dos Regulamentos Espaciais Brasileiros (REB) da agência. Mesmo com o cancelamento do projeto, os trabalhos realizados proporcionaram uma experiência com um sistema de lançamento comercial que ajudará na estruturação do sistema de avaliação de segurança que será implementado no âmbito do CEA.

4. OPERAÇÃO ASTROLÁBIO: ESTRUTURAÇÃO DO CENTRO ESPACIAL DE ALCÂNTARA

Dada a atuação atribuída ao IFI como OCE, discutida na Seção 2, verificou-se resumidamente um histórico de participações em atividades de certificação espacial e em operações de lançamento, mostrado na Seção 3. Assim, nota-se que o Instituto possui grande experiência e competência para a certificação espacial, a ser desempenhada ao longo da Operação Astrolábio.

Fruto de uma parceria entre o DCTA e a empresa sul-coreana *Innospace* (selecionada para operar no CEA), a Operação Astrolábio iniciou-se no final de 2022 com o objetivo de lançar o foguete HANBIT-TLV e sua carga útil (mostrados na Figura 3), o Sistema de Navegação Inercial (SISNAV) desenvolvido pelo IAE, a partir do CLA [13].

Tratou-se da primeira operação de lançamento de uma empresa estrangeira a partir do CEA, com foco em operações comerciais, além de contar com a característica também inédita de o veículo possuir um sistema híbrido de propulsão (no qual um dos propelentes está no estado sólido enquanto o outro está no estado líquido), demandando infraestrutura e preparo adequados para a operação e o manuseio de oxigênio líquido.

Dadas essas características, nota-se a importância dessa operação para a estruturação do CEA, uma vez que a confiabilidade no sucesso de missões é fundamental na relação com empresas comerciais.

Considerando as diferenças culturais e tecnológicas entre a *Innospace* e os setores da FAB, bem como a necessidade imperativa de interfaces entre sistemas sul-coreanos do foguete e de equipamentos de solo com sistemas do CLA, observou-se que os desafios para o IFI relacionados à aceitação do veículo/carga útil e à revisão de apronto do CLA foram significativos. Notou-se claramente que todas as lições aprendidas em certificações e operações anteriores são essenciais para o sucesso da operação, evidenciando que a atuação do IFI como OCE na Operação Astrolábio é fundamental para a futura consolidação do CEA.

5. CONCLUSÕES

Dada a atuação do IFI como OCE em projetos do setor espacial brasileiro e em operações de lançamento, prevista legalmente em normas e legislações, observou-se que o Instituto possui um longo histórico de contribuições para o Programa Espacial Brasileiro (PEB). De forma resumida, citam-se algumas das atividades nas quais o IFI possui envolvimento: certificação do VSB-30, participação de inúmeras operações de lançamento, sendo as duas mais recentes as Operações Cruzeiro e Santa Branca, bem como atuação na extinta implantação do foguete Cyclone-4.

A participação do IFI nessas atividades, bem como nas inúmeras outras não citadas neste trabalho, fez com que o corpo técnico do Instituto adquirisse experiência e conhecimento significati-

Figura 3- Foguete HANBIT-TLV em sua plataforma de lançamento.



Fonte: [13]

vos ligados à certificação e à segurança operacional de projetos espaciais. Com a implantação do CEA, o IFI novamente foi convocado para atuar em sua função de OCE na primeira operação de uma empresa estrangeira no centro: a Operação Astrolábio.

Cercada de inúmeros desafios ligados à integração de sistemas brasileiros e sul-coreanos, considerando as diferenças culturais e tecnológicas entre ambas as nações, esta operação demandou a base de experiência e conhecimento do IFI para que seus objetivos fossem alcançados. Desse modo nota-se que a atuação do IFI foi fundamental para a realização da Operação Astrolábio e, por conseguinte, para o processo de consolidação do CEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. **Decreto nº 10.220**, de 05 de fevereiro de 2020. Brasília, 2020.

[2] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Agência Espacial Brasileira. FAB e AEB assinam acordo relacionado ao Centro Espacial de Alcântara**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/fab-e-aeb-assinam-acordo-relacionado-ao-centro-espacial-de-alcantara>. Acesso em: 08 de fev. 2023.

[3] Força Aérea Brasileira. **Comando da Aeronáutica. FAB divulga empresas selecionadas para operação no Centro Espacial de Alcântara**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37237-ESPACIAL%20-%20FAB%20divulga%20empresas%20selecionadas%20para%20opera%C3%A7%C3%A3o%20no%20Centro%20Espacial%20de%20Alc%C3%A2ntara>. Acesso em: 08 de fev. 2023.

[4] Comando da Aeronáutica. **DCA 800-2 - Garantia da Qualidade e da Segurança de Sistemas e Produtos no COMAER**. Brasília, 2019.

[5] Comando da Aeronáutica. **Instituto da FAB recebe Certificado de Reconhecimento dos Estados Unidos**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/31681>. Acesso em: 10 de fev. 2023.

[6] Comando da Aeronáutica. **ICA 60-2 - Procedimento para Certificação de Produto e de Sistema de Gestão da Qualidade no Setor Espacial**. Brasília, 2019.

[7] Comando da Aeronáutica. **ICA 55-74 - Planejamento e Execução de Operações no DCTA**. Brasília, 2021.

[8] Comando da Aeronáutica. **ICA 55-90 - Lançamento de Foguetes no Âmbito do DCTA**. Brasília, 2016.

[9] NASCIMENTO, Marco A. C. **Relatório da Investigação do acidente ocorrido com o VLS-1 V03**, em 22 de agosto de 2003, em Alcântara, Maranhão, CTA, São José dos Campos, fevereiro de 2004.

[10] Ariovaldo Felix, Palmerio. **Introdução À Tecnologia De Foguetes**. Scribd, 2020.

[11] Agência Espacial Brasileira. **RESOLUÇÃO Nº 60, DE 17 DE MAIO DE 2004**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=21/05/2004>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

[12] Comando da Aeronáutica. **ICA 80-2 - Certificação de Produto e Garantia Governamental da Qualidade**. Brasília, 2006.

[13] Comando da Aeronáutica. **Saiba mais sobre a Operação Astrolábio e o foguete a ser lançado a partir de Alcântara**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/40192>. Acesso em: 13 de fev. 2023.

GESTÃO DA INOVAÇÃO NA CERTIFICAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS ROBUSTOS E TOLERANTES À RADIAÇÃO CÔSMICA

INNOVATION MANAGEMENT IN
CERTIFICATION OF ELECTRONIC COMPONENTS
ROBUST AND TOLERANT TO COSMIC RADIATION



Me. Joel Carlos Vieira Reinhardt - Tecnologista Pleno

joeljcvr@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Divisão de Certificação de Produtos Aeroespaciais - CPA

Seção de Certificação Elétrica e Eletrônica



Dr. Odair Lelis Gonzalez - Pesquisador Titular

odairlelisolg@fab.mil.br



INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS - IEAv

Divisão de Energia Nuclear / Assessoria Técnica



Dr. Cláudio Antônio Federico - Tecnologista Sênior

claudiofedericocaf@fab.mil.br



INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS - IEAv

Divisão de Energia Nuclear / Gerência do Projeto ERISA-D

RESUMO

As restrições de mercado e barreiras internacionais dificultam a aquisição de componentes eletrônicos capazes de resistir a fluxos de radiação cósmica. Isto exige a capacidade de qualificação de componentes eletrônicos e a certificação de sistemas críticos para uso no setor aeroespacial. Neste artigo apontamos algumas necessidades de organizações do setor aeroespacial relacionadas ao uso de componentes eletrônicos disponíveis no mercado (*Components of the Shelf* - COTS), as pesquisas e os resultados dos experimentos realizados por pesquisadores dos laboratórios da Divisão de Energia Nuclear do Instituto de Estudos Avançados (IEAv). Resultados do projeto ERISA-D (IEAv) poderão orientar os requisitos técnicos para atualizar os métodos de certificação de sistemas aeroespaciais e a identificação de componentes eletrônicos COTS robustos à radiação ionizante, além de outras contribuições relevantes para o setor operacional da Força Aérea Brasileira (FAB). Esta inovação é uma capacidade essencial que permitirá o uso de componentes disponíveis no mercado para o desenvolvimento sustentável de aviônicos e sistemas eletrônicos críticos.

Palavras-chave: Radiação Ionizante; Perturbações de Evento Único; Certificação; Gestão Aeroespacial.

ABSTRACT

Market restrictions and international barriers make it difficult to acquire electronic components capable of resisting cosmic radiation fluxes. This requires the ability to qualify electronic components and certify critical systems for use in the aerospace industry. In this article we pointed out some needs of organizations in the aerospace sector related to the use of electronic components available on the market (Components of the Shelf - COTS), the research and results of experiments carried out by researchers from the laboratories of the Division of Nuclear Energy of IEAv. Results of the ERISA-D project will be able to guide the technical requirements to update the methods of certification of aerospace systems and the identification of COTS electronic components that are robust to ionizing radiation, in addition to other relevant contributions to the Brazilian Airforce operational sector. This innovation is an essential capability that will enable the use of off-the-shelf components for the sustainable development of avionics and critical electronic systems.

Keywords: *Ionizing Radiatio; Single Event Upsets; Certification; Aerospace Management.*

1. INTRODUÇÃO

Os desafios tecnológicos para satisfazer as necessidades de comunicação em tempo real, uso de internet, uso de geoposicionamento, levantamento de informações meteorológicas, hídricas e desmatamento, entre outras, impedem o abandono das atividades espaciais pela humanidade (POULTON, STEPHENS, 2018). Devido ao caráter estratégico deste setor, a tecnologia não está disponível e é de difícil acesso, protegida por embargos comerciais e políticas de cerceamento tecnológico, pressupondo-se que a mesma tecnologia pode ser utilizada tanto no setor espacial como no setor de mísseis transcontinentais de alta velocidade. O setor espacial brasileiro possui necessidades específicas para conquistar a autossuficiência, como a formação de competências para o desenvolvimento da capacitação do parque industrial, com tecnologias viáveis economicamente para esse setor (AEB, 2012).

A limitação da disponibilidade de componentes de alto desempenho, alta confiabilidade e resistentes à radiação ionizante para uso em sistemas aeroespaciais é uma dificuldade enfrenta-

da pelo Brasil devido à restrição imposta por licenças comerciais de exportação, acordos de segurança de tecnologia e pelo regulamento norte americano para o tráfico internacional de armas (*US International Traffic in Arms Regulations - ITAR*), que impede a comercialização de produtos com potencial utilização em armamentos (LELOGLU, GENÇAY, 2012).

A análise das conexões entre as estratégias e o conhecimento organizacional demonstra que as organizações possuem dificuldades em administrar e exercer a liderança na criação e promoção da utilização de competências formais e dos excedentes cognitivos não diretamente ligados à estratégia organizacional (LOPES, FONTE FILHO, RESENDE, 2016, p.127). Considerando que a satisfação das necessidades é a razão de existência da organização, torna-se importante um sistema de gestão diferenciado, que considere, além dos requisitos normativos, técnicos, logísticos e industriais, as necessidades de cada organização fornecedora; e que seja orientado para identificar as necessidades de inovação e realizar a tomada de decisão com o propósito de resolver conflitos, dominar e viabilizar a tecnologia,

e promover a resolução destas necessidades de forma sustentável.

Devido à descontinuidade de programas governamentais, à baixa demanda de manufatura de produtos aeroespaciais que necessitam de tecnologias críticas consideradas “duais” (de uso civil e militar) e ao elevado custo unitário, torna-se necessário um aporte financeiro de natureza pública ou governamental (DEWES, 2012, p.17). Esta característica produz elevado risco financeiro para os fornecedores do setor aeroespacial e dificuldade na contratação, formação de competências, capacitação e manutenção de recursos humanos com a competência necessária à construção, operação e manutenção da infraestrutura aeroespacial (WASWA, JUMA, 2012). Além disso, existem os desafios em atender os interesses do cliente final, que muitas vezes desconhece as suas reais necessidades, presentes ou futuras, e está polarizado em grupos distintos com diferentes aspectos, com diversas vontades políticas, com apoio público de diferentes setores e empresas, com pressão competitiva de organizações de outros países e da insuficiência de uma sólida base científica ávida por produtos e serviços do setor aeroespacial. Porém, ainda, existem desafios técnicos, pois durante a operação de uma espaçonave fora da atmosfera terrestre, todos os seus sistemas estarão sujeitos aos eventos causados pela radiação ionizante de alta energia produzida principalmente pelo sol e corpos estelares do espaço profundo, chamada de radiação cósmica. Esta radiação é constituída de partículas ionizantes de alta energia, compostas principalmente de núcleos (H, He, C, Fe...), que podem afetar o funcionamento de sistemas eletrônicos. Assim, eventos adversos (SEE, do inglês, *Single Event Effects*) podem ocorrer em circuitos de memória, transistores e microprocessadores. Estes eventos podem ser classificados em:

1. SEU (*Single Event Upset*) que provoca uma mudança de estado lógico de um componente eletrônico, porém, não danifica o componente.

2. SEL (*Single Event Latchup*) que provoca uma condição de corrente elétrica excessiva que pode danificar o componente eletrônico e desligar o sistema.

3. SEB (*Single Event Burnout*) que provoca a destruição do componente eletrônico.

Além destes eventos transientes, ocorrem os efeitos acumulativos que degradam os parâmetros elétricos dos transistores: TID (do inglês, *Total Ionization Dose*) e DD (*Displacement Damage*). Os efeitos cumulativos de TID ocorrem pelo aprisionamento de cargas liberadas pela radiação ionizante nos óxidos ou nas interfaces de semicondutores e, em menor escala, os de DD pela formação de defeitos na rede cristalina de semicondutores, que mudam as propriedades elétricas do material semicondutor, que é a base de construção dos transistores.

A radiação cósmica também produz um efeito de ruído de fundo que afeta os sensores de estrelas, sensores infravermelhos e dispositivos carregados utilizados na operação de satélites (TATNALL, FIEDLER, 2022). Este ambiente também afeta os materiais utilizados na construção da espaçonave, assim como produz consequências nocivas aos sistemas biológicos, incluindo-se o organismo das tripulações e microorganismos.

Neste contexto, o projeto ERISA - D (Efeitos Nocivos da Radiação Ionizante em Tripulações, Sistemas Aeroespaciais e Defesa), do IEAv, visa desenvolver a capacidade de avaliar os efeitos das radiações ionizantes de origem cósmica sobre os sistemas eletrônicos embarcados em aeronaves e veículos espaciais, além das tripulações. Além dos efeitos nos aviônicos, o campo de radiação de origem cósmica existente na altitude de voo de cruzeiro de aeronaves, por exemplo, produz na tripulação doses rotineiras que podem ultrapassar as doses médias recebidas por trabalhadores da área nuclear. O desenvolvimento de métodos e técnicas de men-

suração destas doses são necessidades que devem ser satisfeitas para que os órgãos reguladores (Instituto de Fomento e Coordenação Industrial - IFI, Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC e Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN) possam estabelecer os requisitos das normas de segurança de voo aplicadas na aviação civil e militar, na certificação de sistemas espaciais, na saúde ocupacional da tripulação, bem como na especificação de medidas e meios de proteção para as missões aéreas em cenários de emergências radiológicas, de acidentes nucleares ou que necessitam de ações de DQBRN (Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear) pela FAB. Para o desenvolvimento destas capacidades, a Divisão de Energia Nuclear do IEAv dispõe dos laboratórios LRI (Laboratório de Radiação Ionizante) e LDA (Laboratório de Dosimetria Aeroespacial), onde são realizados ensaios de irradiação, ensaios de dosimetria e prognósticos por simulações computacionais da radiação no ambiente aeroespacial e da evolução da pluma radioativa numa situação de acidente nuclear ou DQBRN.

A avaliação quantitativa e a previsão dos efeitos da radiação no ambiente espacial, aeronáutico e de defesa são os primeiros passos para a realização de futuras missões espaciais de longa duração, ou no ambiente do espaço profundo e para a segurança de voo e saúde ocupacional de tripulações em voos comerciais e militares de alto teto operacional, ou em cenários de DQBRN, respectivamente.

2. EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM SISTEMAS ELETRÔNICOS EMBARCADOS

O ambiente de radiação ionizante aeronáutico é caracterizado pela radiação cósmica, composta por diversos tipos de partículas, átomos, íons e ondas eletromagnéticas de alta energia oriundas do sol e do espaço profundo que atingem o nosso planeta. Parte destas partículas é defletida pelo campo magnético terrestre, enquanto outra parte, dependendo da energia de cada partícula, do ângulo de incidência e da latitude geomagnética, penetra na atmosfera terrestre. Quando isto ocorre, as partículas primárias da radiação cósmica interagem por reações nucleares violentas (chamadas de espalação, do inglês *spallation*) com os núcleos dos átomos da atmosfera, que, fragmentados, emitem também partículas de alta energia. Este fenômeno produz um efeito em cascata, formando chuvinhas de radiação secundária que se desenvolvem na troposfera e na baixa estratosfera (FEDERICO, 2011).

Entre outras partículas, nêutrons rápidos são produzidos pelo efeito da radiação cósmica na atmosfera terrestre e aumentam significativamente com a altitude, atingindo o máximo na faixa de Pfotzer entre 10 km e 20 km. Nas aeronaves com teto operacional acima de 8 km, são dominantes os efeitos transientes, chamados de Efeitos de Evento Único ou SEE (*Single Event Effects*) produzidos por nêutrons, que são associados à ocorrência de pulsos elétricos nos circuitos atingidos por esta radiação secundária (FEDERICO, 2011).

Quando sistemas eletrônicos são operados em grande altitude, podem surgir esses efeitos transientes adversos ao seu desempenho. Estes efeitos são produzidos principalmente por nêutrons rápidos, mas também por nêutrons de baixa energia (denominados térmicos), podendo comprometer a operação de computadores de bordo e subsistemas de armazenamento de dados dos aviônicos durante o voo, bem como na fase de lançamento de veículos espaciais (DYER, 2001; NORMAND, 2004; VUKOVIĆ et al., 2010). Para ilustrar, a Figura 1 mostra indicadores de equipamentos eletrônicos da cabine da aeronave EMB KC-390 *Millenium*, que podem ser susceptíveis a estes efeitos.

Figura 1- Alguns sistemas eletrônicos embarcados na cabine da aeronave EMB KC-390 *Millenium*



Fonte: Os Autores.

Os efeitos da radiação cósmica em materiais e componentes devem ser considerados na determinação de requisitos de projeto no desenvolvimento de sistemas espaciais (GONÇALEZ et al, 2012). O estudo destes efeitos é importante para a certificação dos satélites brasileiros e a qualificação de seus componentes eletrônicos, que são submetidos a um longo tempo de exposição aos efeitos da radiação cósmica.

Como linha de pesquisa com propósitos de mitigar e aumentar a tolerância dos sistemas eletrônicos a efeitos transientes, torna-se importante correlacionar informações coletadas sobre a incidência de radiação cósmica com os efeitos observados em dispositivos digitais como memórias, processadores, FPGAs, ADCs etc., com medidas laboratoriais das taxas de falhas de dispositivos eletrônicos com tecnologias recentes, a fim de se avaliar a eficácia das técnicas de mitigação, sendo necessária a criação de um banco de dados que permita comparar e validar as simulações computacionais destes eventos (SATO, NIITA, 2006).

Já como linha de pesquisa com o objetivo de projeto e produção de componentes e células básicas mais resistentes aos efeitos acumulativos (TID), que são importantes para as missões espaciais de longa duração, tem-se o desenvolvimento de *layouts* especiais de transistores e topologias de circuitos que minimizam as correntes de fuga, as variações de resposta elétrica de transistores e o descasamento (*mismatch*) entre estes componentes básicos dos circuitos.

3. NECESSIDADES CRÍTICAS EM OPERAÇÕES ESPACIAIS

No Programa Espacial Brasileiro, a gestão das necessidades das organizações envolvidas e a priorização dos recursos disponíveis devem tomar como premissa que a iniciativa e a gestão do desenvolvimento de produtos aeroespaciais dar-se-ão pelo setor privado com o suporte e a colaboração do setor público. As empresas do se-

tor aeroespacial cobrem partes distintas do largo espectro tecnológico, operando como um *cluster* em um ambiente de inovação aberta (DEWES, 2012). A gestão governamental da inovação nesta área deve priorizar o fomento para promover o desenvolvimento e a manutenção das capacidades desenvolvidas através da prática das encomendas tecnológicas e contratos de compra direta (RAUEN, BARBOSA, 2019).

A redução de custos de sistemas espaciais pode ser obtida através da estratégia do desenvolvimento de produtos que utilizam processos similares àqueles para a produção em larga escala. O uso de componentes comerciais com qualificação industrial (*Components Of The Shelf - COTS*), que não estão sujeitos a embargos internacionais, possui a vantagem de atender diversos requisitos de mercado em diferentes aplicações, como baixo custo, melhor desempenho e baixo consumo de energia (BARBOSA et al., 2019).

O processo de certificação de sistemas eletroeletrônicos aeroespaciais possui um conjunto próprio de requisitos para evitar efeitos de interferência eletromagnética. Porém, considerar os efeitos da radiação ionizante no processo de certificação de sistemas eletroeletrônicos aeroespaciais é relativamente recente e, devido a diferenças importantes entre estas duas abordagens, está em processo de aperfeiçoamento e discussão pela indústria e órgãos reguladores um diferente processo de certificação (FERREIRA, FEDERICO, 2022). Neste processo são necessários novos equipamentos e infraestruturas que permitam a realização dos ensaios e qualificações necessários, com a *expertise* associada, que difere bastante da *expertise* tradicional já existente no mercado. Um exemplo de uma infraestrutura desse tipo é o campo de radiação gama de ^{60}Co instalado no IEAv, conforme Figura 2 (ao lado, pg. 99), para a irradiação de componentes e mensuração dos efeitos de dose acumulada (TID), sendo este um dos ensaios necessários para a certificação de componentes eletrônicos resistentes à radiação, principalmente no ambiente espacial.



Além disso, os tripulantes de aeronaves também estão ocupacionalmente expostos a radiações ionizantes que podem causar efeitos genéticos e outras enfermidades. A Figura 3 mostra o fantoma radiológico - simulador de tronco utilizado para a medição de doses absorvidas, formado por materiais e órgãos com compatibilidade antropomórfica e antropométrica equivalentes ao ser humano -, que permite realizar medições da distribuição de dose nos órgãos ou tecidos mais radiosensíveis do organismo (DA SILVA, 2018).

Figura 3 - Fantoma utilizado para representar o corpo humana em medições da distribuição de dose no interior do corpo.



Fonte: Os Autores.

Figura 2 - Fonte ^{60}Co de radiação gama irradiando um circuito eletrônico.



Fonte: Os Autores.

4. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DAS PESQUISAS REALIZADAS NO IEAV E COLABORADORES BRASILEIROS

No final de 2022 foi feito o primeiro aporte de recursos ao projeto ERISA - D do IEAv, que aborda os diversos aspectos dos efeitos das radiações ionizantes de interesse para o setor aeroespacial, com base no longo histórico de pesquisas realizadas no IEAv desde 2009. Apresentaremos a seguir alguns exemplos de trabalhos recentes.

Entre os resultados das pesquisas já realizadas temos, por exemplo, a modelagem realizada em parceria com colaboradores do IFI, da variação da resposta à dose de radiação acumulada de um dosímetro RADFET e a verificação experimental em ensaios de irradiação do transistor PMOS IRF4905PBF com radiação gama produzida por um irradiador de ^{60}Co do LRI até a dose acumulada de 310 krad(Si), publicada recentemente (MENDONÇA, GONÇALEZ, 2022). Este componente eletrônico é um

transistor MOSFET de potência disponível comercialmente, mas não existem informações disponíveis no *datasheet* do fabricante sobre as características internas e outros aspectos importantes para os efeitos da radiação gama.

No estudo realizado em cooperação com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sobre métodos de projeto de sistemas de inteligência artificial com o uso de GPU *Softcore*¹, baseados no treinamento de redes neurais com a função de classificar imagens de satélites de quatro canais do conjunto de dados SAT-6², foram realizados experimentos de irradiação de nêutrons rápidos e nêutrons térmicos. Os resultados deste estudo mostraram que sistemas críticos de missão e segurança, com este tipo de tecnologia de circuito eletrônico, devem ser fortalecidos com técnicas de tolerância a falhas que se concentrem nos programas de estruturas de interconexão e controle (BENEVENUTI et al., 2022). Os ensaios de componentes eletrônicos realizados no IEAv com um gerador de nêutrons de 14 MeV, mostrado na Figura 4, produzem os efeitos de SEU, similares aos produzidos pela radiação cósmica. Estes resultados permitiram conhecer as restrições do uso de GPU *Softcore* em sistemas inteligentes expostos à radiação cósmica e melhorar as técnicas de mitigação.

Figura 4 - Circuito eletrônico sendo irradiado pela fonte de nêutrons.



Fonte: Os Autores.

Um estudo dos efeitos da radiação gama e raios X em conversores analógico-digitais (ADC's) com registro de aproximação sucessiva (SAR) descreveu o principal mecanismo de falha na redistribuição de cargas (GONZÁLEZ et al., 2021). Foram ensaiados componentes de 8 bits e 130 nm, operando com taxas de amostragem distintas. Os resultados demonstraram que baixas frequências de amostragem (74 ksps) fazem com que os conversores falhem em doses acumuladas mais baixas, e ao se aumentar a frequência de amostragem (740 ksps), aumenta-se a robustez dos conversores à radiação. Através da comparação dos dados experimentais colhidos em irradiações com a fonte de Co no IEAv e raios-X na FEI, com os dados da simulação do conversor SAR, servindo-se do programa SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), foi possível descrever o principal mecanismo de falha dos efeitos induzidos por radiação, que está relacionado ao vazamento em chaves conectadas ao arranjo de capacitores programáveis do ADC interno do conversor. Esta descoberta permite a determinação de requisitos técnicos para selecionar os transistores e conversores tolerantes à radiação, aplicando técnicas de *layout* (transistor de *layout* fechado, por exemplo).

O estudo do campo de radiação de uma aeronave do tipo Learjet em voo, submetida a um ambiente de radiação ionizante, concluído em 2020, demonstrou que os nêutrons são a causa de aproximadamente 40% da dose efetiva da tripulação e a principal causa de efeitos de evento único (SEE) em sistemas aviônicos. Para a avaliação deste fenômeno foi desenvolvido um modelo computacional da aeronave Learjet, para a execução em simulação de Monte Carlo para detalhar a distribuição do campo de radiação cósmica dentro da aeronave (PRADO et al., 2020). Medições experimentais da radiação cósmica no interior da aeronave, realizadas anteriormente utilizando medidores e dosímetros do Laboratório de Dosimetria Aeroespacial do IEAv calibrados no CERN (Figura 5, pg. 101), foram usadas para demonstrar a verossimilhança das simulações (PEREIRA, FEDERICO, GONÇALEZ, 2018).

Nota 1: Um dispositivo GPU *Softcore* é um circuito digital semicondutor microprocessado que permite a gravação de uma programação lógica para processamento gráfico.

Nota 2: O conjunto de dados SAT-6 é composto por um total de 330.000 imagens de satélites contendo diferentes terrenos como terras áridas, pastagens, árvores, estradas, edificações e corpos d'água, obtidos do Programa Nacional de Imagens Agrícolas dos Estados Unidos (NAIP).

O desenvolvimento de técnicas de simulação da distribuição de dose de radiação cósmica no interior de aeronaves permite estabelecer o melhor posicionamento de sistemas aviônicos críticos durante a fase de projeto da aeronave, possibilitando uma análise prévia de baixo custo com resultados significativos.

A avaliação das doses em tripulações realizadas no IEAv por análise estatística, usando o código de dose de radiação de tripulação CARI-6,³ sobre os registros de voos realizados no espaço aéreo da América do Sul e Caribe em altitude de 29.000 a 41.000 pés, entre os dias 7 e 20 de março de 2009, totalizando 53.163 horas de voos reais, identificou que o grupo típico de tripulantes de voo operando nesta região recebeu taxas médias de dose variando de 2,65 $\mu\text{Sv/h}$ a 2,95 $\mu\text{Sv/h}$ (FEDERICO et al., 2019). Considerando uma exposição anual das tripulações em torno de 600 horas em média, estas taxas de dose resultariam em doses acumuladas anuais de 1,45 a 1,67 mSv, superiores ao limite primário de 1 mSv/ano para indivíduos do público, estabelecido no item 5.4.2.1 da Norma CNEN-NN-3.01(CNEN, 2014).

Figura 5 - Medidores de nêutrons da radiação cósmica que podem ser usados no interior de aeronaves em voo.



Fonte: Os Autores.

5. CONCLUSÕES

Existe a necessidade de divulgação e disponibilização de informações sobre os efeitos das radiações ionizantes sobre as pessoas e equipamentos, devido a uma carência de conhecimento técnico sobre este assunto para os atores do setor aeroespacial brasileiro. Esta carência é um risco para a operação, quer em condições normais, em que se está sujeito à radiação cósmica na atmosférica ou em ambiente espacial, quer em operações espaciais em eventos extremos de clima espacial, quer em situações críticas como num conflito nuclear, um atentado terrorista, um acidente radiológico ou nuclear de grande magnitude ou, ainda, em situações de atendimento a DQBRN no âmbito das missões da FAB.

As pesquisas desenvolvidas no projeto ERISA-D procuram ampliar e consolidar as capacitações para satisfazer as necessidades atuais e futuras do setor, em especial o desenvolvimento de processos de certificação de produtos aeroespaciais, além das necessidades operacionais da FAB nas missões em ambiente de radiação.

Um dos desafios enfrentados por este projeto é a implantação de um sistema de gestão com o foco de gerir as necessidades presentes e futuras da organização rumo ao desenvolvimento das capacidades de certificação de componentes eletrônicos disponíveis no mercado para o uso aeroespacial, com o objetivo de garantir a segurança da operação, a aeronavegabilidade e o cumprimento de missão em ambientes radioativos. O IFI apoia esta atividade por meio da colaboração do primeiro autor deste artigo com a equipe executora do projeto.

A continuidade de investimentos para o desenvolvimento aeroespacial é o fator determinante para a superação das carências na área de projeto e certificação de sistemas de baixo custo e resistentes aos efeitos da radiação cósmica. A inovação nesta tecnologia crítica é fundamental para o desenvolvimento de sistemas embarcados, aviônicos e sistemas inerciais e para sustentar a autonomia do programa espacial brasileiro.

Nota 3: CARI-6 é um programa de computador, desenvolvido pelo Instituto Médio Civil Aeroespacial da Administração de Aviação Federal dos Estados Unidos (FAA), que calcula a dose efetiva de radiação cósmica recebida por um indivíduo, considerando a altitude de voo e posição da aeronave, durante a menor distância de voo entre dois aeroportos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. L et al. **Análise de estruturas e parâmetros das técnicas de mitigação de falhas causadas pela radiação espacial em dispositivos COTS.** In: Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais, 10. (WETE), 2019, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos: INPE, 2019. On-line. ISSN 2177-3114. IBI: <8JMKD3MGPDW34R/3TTAA4P>. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGPDW34R/3TTAA4P> Acesso: 28 fev. 2023.

BENEVENUTI, Fabio et al. **Investigating the reliability impacts of neutron-induced soft errors in aerial image classification CNNs implemented in a softcore SRAM-based FPGA GPU.** Microelectronics Reliability, v. 138, p. 114738, 2022.

BRASIL – AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa nacional de atividades espaciais: PNAE: 2012-2021.** Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2012, p.14.

BRASIL – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Norma CNEN NN 3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica.** Resolução 164/14. Mar. 2014.

DA SILVA, Sabrina Donato. **Desenvolvimento de um fantoma de tórax e mama para comparações de protocolos de radioterapia mamária.** 139 f. Tese (Doutorado em Ciências e Técnicas Nucleares) – Departamento de Energia Nuclear – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AYVKYQ>. Acesso em: 02 fev. 2023.

DEWES, Mariana de Freitas. **Projetos nacionais de inovação: práticas do setor espacial brasileiro.** Tese (Doutorado em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012, p.17.

DYER, C. **Space Weather Effects on Spacecraft and Aircraft.** In: Proceedings of Space Weather Workshop: Looking towards a European space weather program, December 17-19, 2001, Noordwijk, Holand, 2001.

FEDERICO, Claudio A. **Dosimetria da radiação cósmica no interior de aeronaves no espaço aéreo brasileiro.** 2011. 172 f. Tese (doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FEDERICO, Claudio A. et al. **A statistical evaluation on the cosmic radiation doses on aircrews flying over South America and Caribbean regions.** In: International Conference on Dosimetry and Its Applications, 3rd, May 27-31, 2019, Lisboa, Portugal. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/31022>. Acesso em: 02 fev. 2023.

FERREIRA, Marcelo Tadeu Motta; FEDERICO, Claudio A. **Comparative Analysis of the Aeronautical Certification Process Against Nonionizing Radiation and the Management Proposal for Ionizing Radiation.** Journal of Aerospace Technology and Management, v. 14, 2022.

GONÇALEZ, Odair Lelis et al. **Qualification of electronic components with respect to the cosmic radiation tolerance for space applications.** Anais Workshop Anual Sobre os Efeitos das Radiações Ionizantes em Componentes Eletrônicos e Fotônicos de Uso Aeroespacial, v. 1, p. 51 – 56. São José dos Campos, SP: Instituto de Estudos Avançados, 2012.

GONZÁLEZ, Carlos J. et al. **Failure mechanism and sampling frequency dependency on TID response of SAR ADCs.** Journal of Electronic Testing, v. 37, p. 329-343, 2021.

LEOGLU, Ugur Murat; GENÇAY, Barış. **How Newcomers Will Participate in Space Exploration.** Space Science, 2012.

LOPES, Edson Gonçalves; FONTES FILHO, Joaquim Rubens; REZENDE, José Francisco de Carvalho. **Conexão entre estratégia e conhecimento na criação de valor adicional para Stakeholders expressivos: uma nova forma de organizar os contextos capacitantes.** In: Desafios Gerenciais em Defesa. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2016, p.127.

MENDONCA, Eduardo Gomes; GONÇALEZ, Odair Lelis. **A simple model of the accumulation of trapped ionization charges for RADFET dosimeters.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 4, pp. 28753-28759, 2022.

NORMAND, Eugene. **Single Event Effects in Avionics and on the ground.** Int. J. High Speed Elect. Syst., v. 14, n. 2, pp. 285 – 298, 2004.

PEREIRA, MARLON. A.; FEDERICO, CLAUDIO A.; GONÇALEZ, ODAIR L. **Determination of the response to the atmospheric cosmic radiation of a neutron dosimeter assisted by Monte Carlo simulation.** Rad. Prot. Dosimetry, v. 181, n. 2, p. 143-148, 2018. doi:10.1093/rpd/ncx309

POULTON, Geoff.; STEPHENS, Parkinson. **Putzkolonne im Weltraum.** AIRBUZZ: Airbus, n.7, October, Germany, pp.20 – 23, 2018.

PRADO, Adriane Cristina Mendes et al. **Simulation of cosmic radiation transport inside aircraft for safety applications.** IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, v. 56, n. 5, pp. 3462-3475, 2020.

RAUEN, André Tortato; BARBOSA, Caio Márcio Melo. **Encomendas tecnológicas no Brasil: guia geral de boas práticas.** Brasília: Ipea, 2019.

SATO, Tatsuhiko; NIITA, Koji. **Analytical functions to predict cosmic-ray neutron spectra in the atmosphere.** Radiation research, v. 166, n. 3, pp. 544-555, 2006.

TATNALL, Adrian RL; FIEDLER, Hauke. **Space Environment.** In: Spacecraft Operations. Cham: Springer International Publishing, pp. 3-16, 2022.

VUKOVIĆ, B. et al. **Measurements of neutron radiation in aircraft.** Applied Radiation and Isotopes, v. 68, n. 12, pp. 2398-2402, 2010.

WASWA, Peter M.B.; JUMA, Calestous. **Establishing a space sector for sustainable development in Kenya.** International Journal of Technology and Globalisation, v. 6, n. 1-2, p. 152-169, 2012.

A INFLUÊNCIA PROVENIENTE DO PROGRAMA AM-X NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS NOS SERVIÇOS DE GARANTIA GOVERNAMENTAL DA QUALIDADE (GGQ) NO ÂMBITO DO COMAER

*THE INFLUENCE FROM AM-X PROGRAM ON
KNOWLEDGE ACQUISITION IN GOVERNMENTAL
QUALITY ASSURANCE (GGQ) SERVICES
WITHIN COMAER*

José Sérgio dos Santos - Suboficial / Técnico em Aeronaves

josesergiojss@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI

Divisão de Certificação de Sistemas de Gestão - CSG

Me. Willian Limonge - Engenheiro (Co-Autor)

willian.limonge@sbgc.org.br



SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO - SBGC

Direção do Escritório de Projetos

RESUMO

O progresso tecnológico exige o aperfeiçoamento das técnicas industriais utilizadas para a garantia da qualidade de produtos e serviços. Dessa forma, as indústrias devem se apressar para tornar mais eficientes as suas operações. Outrossim, as Técnicas de VGQ (como fazer), praticadas no Comando da Aeronáutica do Brasil, devem ser harmonizadas com as transformações necessárias, que aumentem a eficiência de forma análoga ao setor produtivo. Este artigo tem por finalidade descrever, a partir do Programa de Defesa (AM-X), como a Atividade do RGGQ², no âmbito interno do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), estruturou-se ao longo dos anos, além de mostrar que, através da vivência de profissionais que acompanharam presencialmente este processo, podem ser evidenciados os benefícios conquistados pela Autoridade Nacional da Qualidade do Brasil (IFI), após a adoção e o uso das normas da família AQAP³ nos contratos de aquisição de Produto Aeroespacial.

Palavras-Chave: Representante da Garantia Governamental da Qualidade; Garantia Governamental da Qualidade.

¹VGQ - Técnicas de Verificação Governamental da Qualidade.

²RGGQ - Representante da Garantia Governamental da Qualidade (Atividade de VGQ no âmbito das organizações fornecedoras do COMAER, para assegurar a conformidade dos produtos fornecidos com os requisitos de projeto aprovado e aqueles estabelecidos em contrato. (ICA 57-21, de 2017)

³AQAP - ALLIED QUALITY ASSURANCE PUBLICATIONS (Publicações Aliadas da Garantia da Qualidade).

ABSTRACT

Technological progress has required the improvement of industrial techniques used for the quality assurance products and services. Thus, industries should hurry to make their operations more efficient. Likewise, the VGQ Techniques (how to do it), practiced at the Brazilian Air Force Command (COMAER), must be harmonized with the necessary transformations, to increase efficiency in a similar way to the productive sector. This article aims to describe, from the Defense Program (AM-X), how the activity of the GQAR within the internal scope of the Institute of Industrial Development and Coordination (IFI) was structured over the years, and that through the experience of professionals who accompanied this process in person, can be evidenced the benefits achieved by the National Quality Authority of Brazil (IFI), after the adoption and use of the AQAP family standards in Aerospace Product procurement contracts.

Keywords: Government Quality Assurance Representative; Government Quality Assurance.

1. INTRODUÇÃO

O grau de dependência tecnológica é uma preocupação constante de países que compreendem que a segurança nacional vai além de questões econômicas. Neste contexto, a fabricação de aeronaves militares (Fig. 1) envolve um elevado grau de investimentos para que se obtenham a capacidade e a autonomia necessárias para não se tornar refém de outras nações.

Figura 1 - KC-390 Transporte de Isocontêiner Oxigênio, durante crise da pandemia COVID-19 em Manaus.



Fonte: Internet - Ministério da Defesa, 02/02/2021.

2. IMPLANTAÇÃO DA GARANTIA GOVERNAMENTAL DA QUALIDADE.

Porém, atingir o patamar tecnológico atual não foi tão fácil assim.

No ano de 1980, o então Ministério da Aeronáutica, atendendo ao seu planejamento estratégico e visão de futuro, iniciou um canal de articulação com o sistema produtivo, envolvendo empresas nacionais e internacionais (Embraer, Aermacchi e Alenia). O Ins-

tituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), considerando o avanço nas negociações para a assinatura do Contrato Binacional entre Brasil-Itália, para aquisição de um caça-bombardeiro (AM-X), e alicerçado no espírito aeronáutico como órgão de coordenação e apoio das atividades de desenvolvimento e consolidação das indústrias aeronáuticas no território brasileiro, elaborou, em 24 de junho de 1983, a Instrução do Ministério da Aeronáutica (IMA) 78-2 (Requisitos Brasileiros para a Indústria Aeroespacial - RBIA). A partir deste evento, o RBIA veio a consolidar-se como modelo de sistematização de processos de aquisição de materiais de Defesa, tais com: AL-X (Super Tucano), F-5BR, H-XBR, A-1M, VU-Y, E-99, KC-390 e F-X2 (Gripen NG).

A Garantia Governamental da Qualidade (GGQ) foi implantada no Brasil por decorrência dos compromissos internacionais assumidos no âmbito da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), sendo regida pelas disposições da *Standardization Agreement* (STANAG) 4107 e pelas publicações *Allied Quality Assurance Publications* (AQAP) associadas. Ao ratificar e implantar a STANAG 4107, cada Estado Membro assume que sua Autoridade Nacional de GGQ providenciará o acompanhamento dos contratos celebrados entre países e organismos da OTAN com as empresas das Indústrias Nacionais de Defesa. Cabe ainda esclarecer que, para harmonizar suas publicações com as da OTAN, no Brasil, foi adotada a mesma estruturação daquelas, incluindo sequência, tópicos, numeração, itens e subitens.

A tabela 1 traz uma relação de cada RBIA e sua correspondente AQP.

Tabela 1 - Comparativa entre Normas RBIA e AQP.

NORMA BRASILEIRA	CORRESP. AQP NATO	ASSUNTO
RBIA-01	AQP-1	Requisitos para Sistema de Garantia da Qualidade
RBIA-02	AQP-2	Diretrizes para Avaliação de Sistema de Garantia da Qualidade
RBIA-03	AQP-3	Lista de Planos de Amostragem Utilizados
RBIA-04	AQP-4	Requisitos Gerais para Sistema de Inspeção
RBIA-05	AQP-5	Diretrizes para Avaliação de Sistema de Inspeção
RBIA-06	AQP-6	Requisitos para Sistema de Medição e Calibração
RBIA-07	AQP-7	Orientação para Avaliação de Sistema de Medição e Calibração
RBIA-08	AQP-8	Guia para Preparação de Especificações para Compra de Material Militar
RBIA-09	AQP-9	Requisitos Mínimos para Inspeção
RBIA-10	AQP-10	Programa de Garantia da Qualidade Governamental

Fonte: Ministério da Aeronáutica (IMA) 78-2, de 24/Jun/1983.

No Brasil, a Autoridade de acompanhamento dos contratos celebrados entre países e organismos da OTAN era, e continua sendo, o IFI, subordinado diretamente ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Na Itália, esta responsabilidade foi atribuída à COSTARMAEREO.

Assim, foi assinado o Memorando de Entendimento entre os países em questão, em que estes reconhecem a equivalência e reciprocidade dos Serviços de Garantia Governamental da Qualidade.

O primeiro Memorando de Entendimento entre estes dois países teve por objetivo definir, em linhas gerais, a realização do Programa AM-X. A COSTARMAEREO, pela Itália, e o DEPED, pelo Brasil, firmaram o reconhecimento de reciprocidade para as atividades relativas à Garantia da Qualidade entre esses dois governos.

Na ocasião, foi definido que a EMBRAER seria a principal empresa brasileira e, por parte da Itália, seriam a ALENIA e a AERMACCHI.

Em 4 de julho de 1986, foi assinado o terceiro Termo de Entendimento, com a finalidade de pormenorizar as responsabilidades, normas e procedimentos a serem adotados entre as partes quanto ao programa AM-X. Neste interím, em seu item 2.3.1, ficou estabelecida a criação de Pontos Focais, denominados Representantes da Garantia

da Qualidade (RGQ), de cada país, para atuarem nas atividades de GGQ, o que, no Brasil, ficou a cargo da Divisão de Homologação Militar (FHM) do IFI.

Mais tarde, em 2007, as atividades dos RGQs foram transferidas para a Divisão de Certificação e Sistemas de Gestão (CSG), em função de reestruturação ocorrida neste Instituto.

Os relatos a seguir visam esclarecer como foram desenvolvidas as atividades dos RGQs nos programas contratuais do COMAER.

2.1 Programa Brasil-Itália: Caça-bombardeiro AMX – O início de tudo

No ano de 1987 a empresa inglesa *Rolls Royce* ministrou o primeiro curso de RGQ no então Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA). Os primeiros a se formarem como RGQs foram os seguintes servidores: Engenheiro Paulo César Alves Fonseca, que passou a coordenar uma equipe de militares residentes na linha de produção no Hangar F-107, na Embraer; e o Engenheiro Paulo César Bonanni Hespanha, que foi designado para coordenar as atividades de Gerenciamento da Configuração no Projeto AM-X, por meio de Formulários (Propostas de Modificações Técnicas – PMT), emitidos pela Embraer, solicitando ao Órgão de Homologação (IFI) a aprovação das modificações antes da sua incorporação nas aeronaves em linha de produção, na cidade de São José dos Campos-SP.

Conforme citado anteriormente, as normas utilizadas eram baseadas nos RBIA, nas versões em português das AQAP. Setores específicos, na FHM, foram criados para tratar de assuntos contratuais, sendo sob a coordenação do Engenheiro Sérgio Jacinto Darré os assuntos de normalização, e sob a coordenação do Engenheiro Luiz Carlos Villa Eschholz a tradução de normas.

Além dos RGQs na EMBRAER⁴, em São José dos Campos (SP), outras empresas fornecedoras do Programa AM-X possuíam equipes de RGQs dedicados em período integral, tais como: Celma⁵ - (Motores) - Petrópolis (RJ), Aeroeletrônica⁶ - (Aviônicos) - Porto Alegre (RS); e EDE⁷ - no Bairro Parque Industrial - São José dos Campos (SP).

Na Fig. 2 a relação de civis/militares residentes, com o escopo de verificação da produção (AM-X) e seus respectivos cargos à época.

Finalizada nos anos 1999, a produção seriada das aeronaves AM-X representou um valor inestimável para a formação de massa crítica de conhecimento para os processos de prestação de Serviços Técnicos Especializados do IFI (Fig. 3) na área de Certificação de Produto (FHM - atualmente CPA), particularmente para o Serviço de Garantia Governamental da Qualidade (FHM e FQI - atualmente CSG), proporcionando aprendizado para a estruturação da participação em novos Programas, como por exemplo na Verificação da Qualidade no Programa AL-X (Super Tucano).

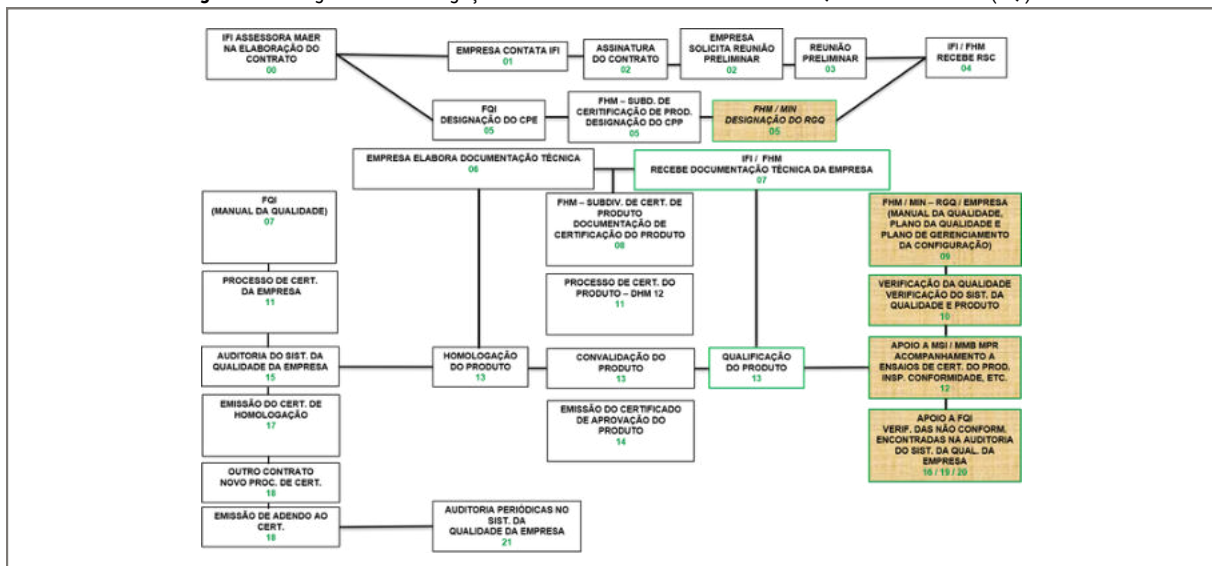
Figura 2 - Evento: Apresentação ao COMAER/GAC e CTA/IFI - Recebimento da 1ª aeronave AM-X FAB 5500.



Embraer hangar F-30 - São José dos Campos/SP, 9 de outubro de 1989. Evento: Apresentação ao COMAER/GAC e CTA/IFI referente ao recebimento da 1ª Aeronave AM-X FAB 5500. Da esquerda para a direita: Nelson (COMAER/IFI), Laércio Perez (Emb), José Carlos Mascarenhas (Emb), José Carlos Carvalho (Emb), Tenente Marinho (COMAER/GAC), Paulo Castro (COMAER/GAC), Bentin (Emb), Fileno (COMAER/GAC), Paolo Rossi (Emb), Dário (COMAER/IFI), Marcelo Domingues (COMAER/GAC), e Sgto Eleazar (COMAER/GAC).

Fonte: José Carlos Carvalho (Comercial Embraer), 09/10/1989.

Figura 3 - Fluxograma - Homologação Militar Envolvendo FHM e Divisão de Qualidade Industrial (FQI).



Fonte: Apostila do Curso de RGQ (Eng. Darré), ano 1997.

⁴ Carlos Roberto de Almeida-SO BMA, Robson Camillo-1S BMA, Paulo Gabriel Pereira da Costa-SO BMA, Gilson Rodrigues de Macêdo-2S BMA, Sérgio Ricardo de Souza Pereira-2S BMA, José Lindemberg Gervásio de Oliveira-1S BMA, Joaquim Amsterdam de Souza-1S BMB, Nélio Antônio de de Souza-SO BMA, José Sérgio dos Santos-2S BMA, Dário Serafino RR BMA e Antonio Tolentino Alvares-SO BMA.
⁵ Ademir Rodrigues Trindade - Eng Mec, Benedito Irineu Bueno - Eng Mec, Marcelo Fonseca-Eng, Lysis Cláudio Leão Serôa da Motta-Cel Esp. Sup, Jaime José Marques Corrêa-T.Cel.
⁶ Vladimir Caravon-SO BEI e Rudi Knopker-SO BEI.
⁷ Robson Camillo -1S BMA e José Sérgio dos Santos-2S BMA.

2.2 A evolução da atividade do RGQ no Programa AL-X Super Tucano, como resultado da implantação da Garantia Governamental da Qualidade no Programa AM-X

A Fabricante, como *Designer Authority* (Autoridade do Projeto) do A-29, tem autonomia em fazer pequenas modificações no projeto, ao longo da produção, sem a necessidade da aprovação do Órgão Certificador. Nesse caso, o componente modificado conserva o número do modelo original conforme os requisitos da AQAP 2070, quanto ao processo de concessão e desvio.

Foi previsto no contrato que a etapa de Recebimento das Aeronaves deveria ser conforme a “NORMA DE RECEBIMENTO DE AERONAVES”, o que resultou na emissão pelo DEPED/COMAER da Norma de Serviço NS 001/SDDP/04 (Atribuições da Comissão de Recebimento do Contrato nº 003/DEPED-SDDP/01) de 10/05/2004. Assim, uma das atribuições do RGQ do IFI era verificar se o avião apresentado para recebimento estava completo, de acordo com o contrato, e se eventuais Concessões e Desvios⁸ haviam sido devidamente registrados pela Contratada e comunicados ao Contratante para aceitação.

Neste cenário, a rotina do RGQ é de verificar se as tratativas de produto não conforme, ao longo da produção, estão de acordo com os requisitos do contrato, de forma a prevenir alguma situação de risco que envolva a entrega de aeronave em desacordo com o contrato.

2.3 Acompanhamento e Análise do RGQ: Tratativas de Produtos Não Conformes

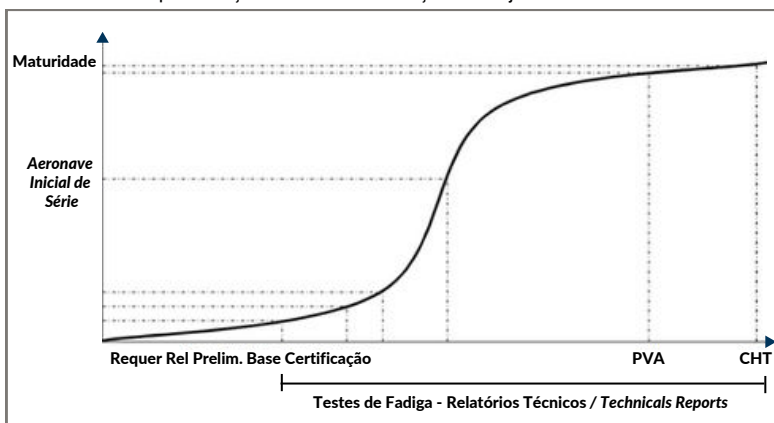
Uma das competências do RGQ, conforme contrato citado anteriormente, é verificar se as tratativas de produto não conforme estão de acordo com os requisitos do contrato. A imposição desta rotina foi um dos mecanismos utilizados pelo IFI no acompanhamento contínuo de todo o processo produtivo nas empresas em que o Representante da Garantia da Qualidade (RGQ) atua.

Contextualização da Atividade 1 - Exemplo:

Acompanhamento da produção de uma Aeronave Inicial de Série – Em Processo de Certificação de Cumprimento de Requisitos Técnicos (Plano de Verificação e Aceitação - PVA).

Devido às necessidades mercadológicas, é normal que empresas e fabricantes de aeronaves iniciem sua produção serializada, ainda com o seu processo de Certificação de Tipo em aberto (Fig. 4); ou seja, testes de ensaios em voo e de fadiga não concluídos em sua totalidade. A estrutura de requisitos necessários para o cumprimento da aeronavegabilidade, quanto aos testes de fadiga para aeronave militar na Categoria Normal, é baseada na *Federal Aviation Regulation - FAR 23*, um processo que leva, em média, de 3 a 5 anos.

Figura 4 - Gráfico Maturidade do Projeto versus tempo. Apresentação de Curso Certificação de Projeto de Aeronave.



Fonte: ANAC 2013.

Cenário encontrado:

Análise de uma Não Conformidade (NC), no *Wing Stub* (Região Crítica do Avião), em uma Aeronave de Inicial de Série, com projeto em fase de validação, ou seja, em fase de desenvolvimento baseado no Requisito FAR 23, conforme destacado na Fig. 4.

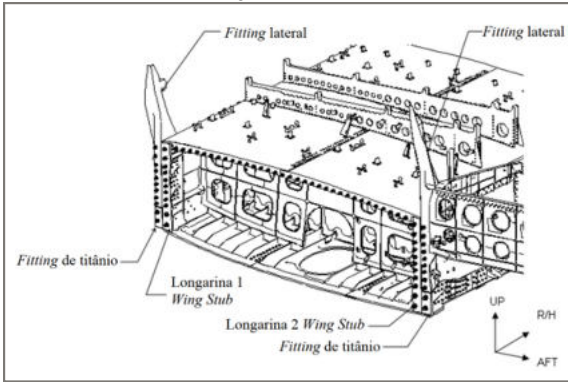
Noções Gerais sobre o Wing Stub:

Um conjunto também conhecido por “Raiz da Asa”, cuja extrema responsabilidade estrutural é caracterizada por sua função de atuar não somente como elemento de ligação entre as semiasas, mas também entre o conjunto da asa e a fuselagem da aeronave, (como pode ser visualizado nas figuras 05 e 06), devendo resistir, com grande margem de segurança, a todas as cargas estáticas e dinâmica incidentes sobre a interface asa/fuselagem resul-

⁸AQAP 2070 - Procedimento para obter autorização de um produto não-conforme, que após tratativas das não-conformidades são classificados como Maior (Major) ou Menor (Minor) para aceitação final do cliente.

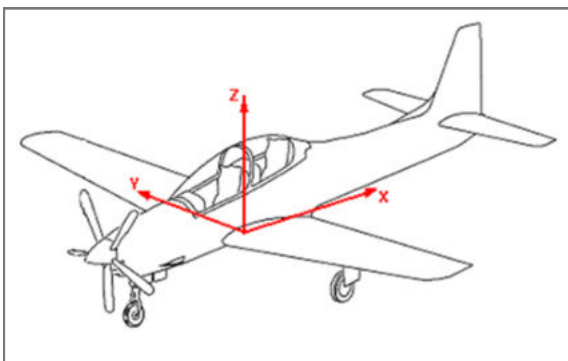
tantes das operações de decolagem, voo (incluindo manobras) e pouso da aeronave. O *Wing Stub* é geralmente unido às semiasas e à fuselagem por meio de vários prendedores (parafusos e porcas-barril) de grande porte.

Figura 5 - STUB.



Fonte: Dissertação ITA, ANO 2007.

Figura 6 - Região da aeronave onde é fixado o STUB.



Fonte: Embraer, 2010

Disposição Técnica de Engenharia (ETD):

Proposta de solução da fabricante: Projeto de Reparo Estrutural na região do *Wing Stub*, podendo afetar requisitos de Manutenibilidade de Projeto, o que ocorre com a comprovação dos ensaios de fadiga, ou seja, Maturidade do Projeto Versus PVA. No gráfico (fig. 4), pode ser vista quando ocorre, na linha do tempo, a Maturidade do Projeto: A interseção do eixo X e Y resulta na validação do projeto, em que o PVA é aceito pela Autoridade de Certificação.

Durante a fase de produção de uma aeronave, é normal que o RGQ se depare com análises estruturais, relatórios e disposições técnicas de engenharia quanto a retrabalhos ou reparo em estrutura de aeronave, conforme o cenário e contexto 1. Porém,

por normalização, estas disposições técnicas estão vinculadas ao Estado da Arte em que se encontra o projeto, de modo a nortear os pontos vulneráveis que podem afetar a manutenção - daí surge a interrogação: O projeto original foi validado e aprovado por meio de ensaios e testes em fadiga? Pois a seção 307 do FAR 23 descreve: "...A análise estrutural pode ser usada apenas se a estrutura estiver em conformidade com aqueles para os quais a experiência tem mostrado confiável. Em outros casos, a comprovação somente pode ser confiada e aceita por meio de Testes de Fadiga que devem ser realizados..."

Neste contexto, a atuação do RGQ é a de identificar e informar ao órgão Certificador da Qualidade do IFI se a incorporação do reparo proposto em uma região crítica da aeronave considerou o status de evolução da aprovação do projeto - as fases de maturidade do projeto (PVA, IOC⁹/ FOC¹⁰)-, pois, se a Disposição Técnica de Engenharia (ETD) não vier subsidiada por elementos requisitados em regulamentação do Órgão Certificador, no caso em tela o FAR 23, isso poderá afetar requisitos de contrato quanto ao processo de gestão de Concessão e Desvio. Neste cenário, se a aeronave continuar evoluindo na sua cadeia produtiva e estágios de produção até sua fase final, sendo entregue nesta condição de reparo, poderá estar condicionada a um Programa de Inspeção diferente do previsto para o restante da frota, ou até mesmo comprometer a aeronavegabilidade. A recomendação ou não do recebimento desta aeronave, nesta condição, é suportada por Pareceres Técnicos do Órgão Certificador do IFI: Engenheiros da Qualidade (CPQ) e Engenheiros de Certificação (CPP).

Conclui-se que o conceito de "CONCESSÃO E DESVIO", implantado e massificado no âmbito interno da Autoridade Nacional da Qualidade da GGQ - IFI, durante o programa AM-X, somado à experiência de profissionais técnicos, foi consolidado no programa AL-X. O que refletiu numa percepção positiva da imagem do IFI perante o COMAER e do modelo de Garantia Governamental da Qualidade estruturada e implantada na Divisão de Homologação Militar do IFI (FHM), mais tarde designada como CPA.

⁹IOC: (Initial Operational Capability) Capacidade Inicial de Operação: assegura as condições necessárias para o início da operação da aeronave.
¹⁰FOC: (Final Operational Capability) Capacidade Final de Operação: assegura objeto da certificação militar final da aeronave.

Destacam-se, neste contexto, a forma sempre transparente do fabricante em sua documentação técnica de Tratativas de Não Conformidades e a busca de soluções de engenharia conforme os mais elevados padrões de qualidade e de segurança de voo.

3. ACOMPANHAMENTO DA CONFIGURAÇÃO

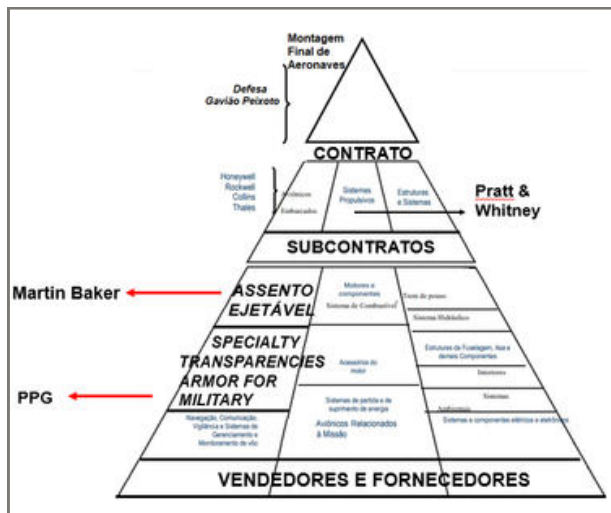
Contextualização da Atividade 2 - Exemplo:

Considerando que a produção de uma aeronave é vinculada à complexidade de manufatura e montagem de vários seguimentos aeronáuticos, o que envolve uma grande variedade de empresas e cadeia de fornecedores dos projetos de defesa, como ocorreu no Programa AL-X (Fig. 7), foi prevista também na NS 001/SDDP/04 do programa AL-X a verificação quanto aos requisitos da norma MIL-STD-973, no que se refere ao processo de Gerenciamento da Configuração, conforme contextualização da atividade 2.

Neste quesito, o RGQ do IFI tem a função de atestar se um sistema ou produto aeronáutico, em processo de produção, está satisfatório e atende aos requisitos do contrato. Em seguida registra este acompanhamento em um Banco de Dados do IFI. Para isto, depara-se com uma variedade de requisitos técnicos associados à complexidade tecnológica do ambiente organizacional externo em que atua, tais como: (1) verificar se o torque aplicado está de acordo com os padrões aeronáuticos aceitáveis, (2) o sistema de pintura atende aos requisitos de proteção e desempenho ao longo da vida útil?, (3) o retrabalho ou reparo executado no segmento asa-fuselagem atende aos requisitos de fadiga e de intercambialidade com a peça original de projeto?, (4) o roteiro de instalação do assento ejetável do piloto atende aos critérios de Qualificação no quesito de "Safety" - Ejeção Segura do Piloto, que compreende a devida configuração da interface entre o canopy breaker¹¹ e a "transparência" da aeronave? (Vide exemplo de montagem apresentado na Fig. 8.)

É interessante observar que as empresas que sofrem este acompanhamento se tornam cada vez mais familiarizadas com requisitos que satisfaçam o cliente FAB, possibilitando melhorias nas normas de produção, tais como adequação e revisão nos roteiros de produção, nos procedimentos operacionais padrão (POP), instruções na tomada de ações corretivas e análise de causa raiz, com foco na melhoria contínua nos processos de fabricação, na elaboração de especificações e dados básicos de referência com o propósito de projetar dispositivos de controle com a inclusão de pontos de inspeção e medição, conforme delineamento apresentado na Fig. 9 (pg. 111).

Figura 7 - Empresas / Fornecedores dos projetos de Defesa.



Fonte: Embraer, 2007.

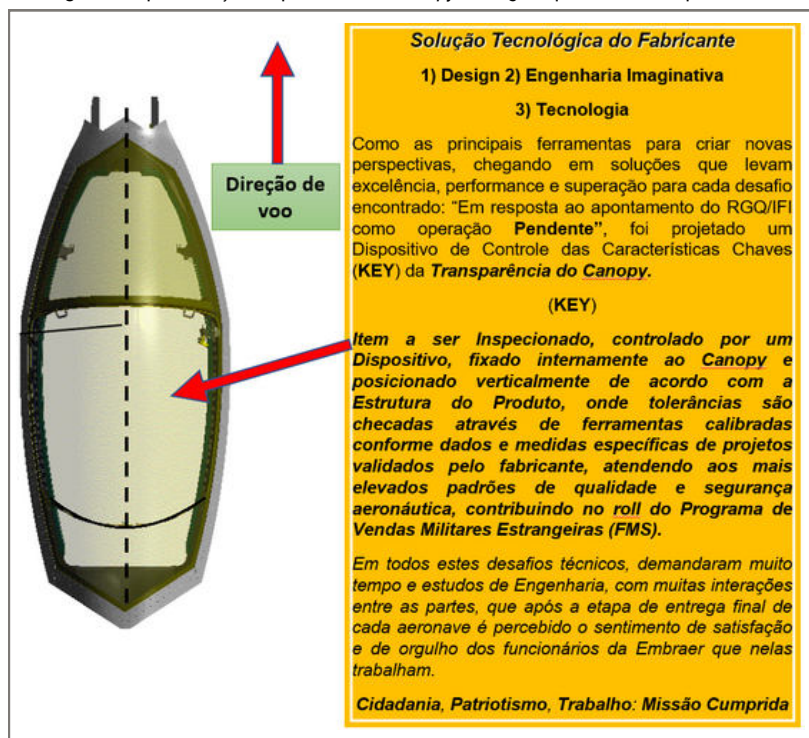
Figura 8 - Arquitetura da Configuração de Instalação do Assento Ejetável do Piloto.



Fonte: Autor (Adaptação da Internet), Super-Tucano-twin-seat-cockpit-detail.jpg (1300x894) (anvilofwar.com), Ano 2023.

¹¹ **Canopy Breaker:** Componente fixado na região superior do assento do piloto, projetado para quebrar (cortar) a transparência do canopy em caso de falha do sistema normal de ejeção. Provenido sistema de Ejeção Segura do Piloto de modo a prevenir acidentes ou falhas catastróficas.

Figura 9 - Apresentação esquemática do Canopy e a região que deve ser inspecionada.



Fonte: Adaptação do autor da internet, ano 2023.

3.1 A transferência das Atividades da qualidade e da equipe de RGGQ nos anos de 2007

As lições e as experiências aprendidas na Divisão da FHM, predecessora da CPA, puderam agora ser aplicadas e somadas junto à equipe de auditores da Divisão de Certificação de Sistemas de Gestão (CSG). À Divisão CSG¹² compete, nos campos aeronáutico, espacial e de defesa, certificar sistemas de gestão da qualidade de acordo com requisitos e diretrizes estabelecidos por órgãos competentes, prestar serviços de garantia governamental da qualidade, de Certificação de Aeronavegabilidade Inicial, capacitar pessoal, prestar serviços na área de Ensaio Não Destrutivos, bem como realizar e coordenar pesquisas no seu campo de atuação.

A junção das atividades de Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade com as de Verificação da Qualidade em uma única Divisão proporcionou uma maior interação entre as pessoas e a socialização do conhecimento com uma linguagem direta na troca de informações entre RGQ e auditores. Tal fato promoveu o processo de formação da Garantia

Governamental da Qualidade (GGQ), com uma nova leitura e interpretação do conceito da sigla do RGQ, que passou a ser definida como RGGQ (Representante da Garantia Governamental da Qualidade).

3.2 Os anos de 2013 – a Redução do Efetivo de RGGQ e o impacto na Retenção do Conhecimento Adquirido dos RGGQs na Garantia da Qualidade

O processo de transformação de uma instituição, em constante inovação, não pode prescindir da experiência profissional adquirida, principalmente, daqueles que atuaram efetivamente por vários anos ou pela competência em áreas específicas. Em consequência a divisão da CSG emitiu a IT 655-2013 para fins de avaliação

e treinamento, em que foi criada a figura do "RGGQ TUTOR", formalizando a cultura organizacional, já reconhecida no passado, na transmissão da vivência e experiência profissional dos militares mais antigos aos militares e civis recém-transferidos para a CSG/IFI, em âmbito nacional, nos vários sítios de atuação do RGGQ. Nos Projetos: Aeronaves F-5BR, A-1M, VU-Y e KC-390, na Embraer em Gavião Peixoto (SP); Helicópteros - H-XBR, na empresa Helibrás em Itajubá (MG); Modernização da Aeronave C-95 Bandeirante, no Parque de Material Aeronáutico dos Afonsos no Rio de Janeiro; e Revitalização das Asas do P-3AM, na empresa AKAER em São José dos Campos (SP) e Rio de Janeiro (RJ). Isto estimulou o aprendizado no ambiente real de trabalho (*On The Job Training* - OJT) e na retenção do Domínio Técnico da Garantia da Qualidade, credenciando-os a empregar o conhecimento da qualidade em território nacional e na contribuição na execução da Verificação da Qualidade, fora do Brasil, na SAAB, na produção do Caça Gripen - NG, em que o IFI possui um Graduado (RGGQ) e um Engenheiro de Certificação, ambos residentes em período integral.

¹² CSG - REGIMENTO INTERNO DO INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL (RICA 21-80-2023).

3.3 Programa Cargueiro Militar KC-390 MILLENNIUM

A fim de substituir o C-130 Hércules, o novo cargueiro Militar KC-390 foi um dos maiores desafios para o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), pois envolvia a certificação de uma plataforma dual (civil e militar) por organismos diferentes para o mesmo projeto, cabendo a responsabilidade pela parte civil à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e para a parte militar ao IFI.

3.4 Acompanhamento da Produção: A Formalização dos Itens Críticos

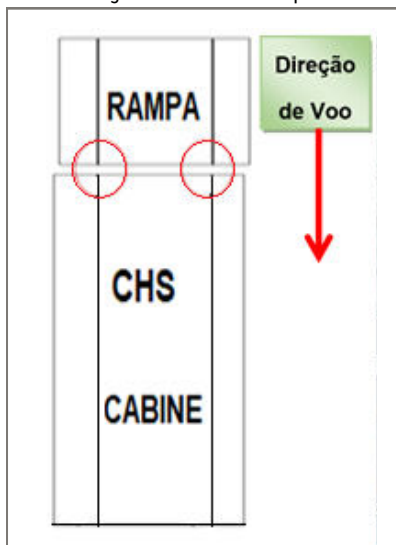
Com o propósito no acompanhamento da produção do KC-390, utilizou-se a prática, já utilizada pelos RGGQs em projetos anteriores, de relacionar e destacar uma relação dos *Part Numbers* (PNs) relevantes para compor um banco de dados para o acompanhamento. Desse modo, foi formalizado o conceito de itens críticos, em formulários próprios entre as partes (ANAC e IFI), conforme Requisitos da AQP 2070, que aborda o processo de acompanhamento obrigatório de itens críticos nas estações de montagens nos hangares de produção na unidade da Embraer em Gavião Peixoto (SP), onde a cada acompanhamento da produção realiza-se o registro em um formulário próprio - Relatório de Acompanhamento de Produção (RAP) -, detalhado mais adiante.

Contextualização da Atividade 3 - Exemplo de Acompanhamento de um Item Crítico.

A montagem da fuselagem do KC-390 é classificada como uma atividade técnica avançada, cujas integrações das partes fuselagem traseira com a central e junção dianteira ocorrem por meio de um processo automatizado (robôs). A montagem e o alinhamento da traseira central e dianteira da fuselagem foram elencados como itens críticos no escopo das atividades entre RGGQ e ANAC. Estes segmentos incorporam margem de tolerância "apertada", cujas pequenas variações geométricas entre as partes, acima dos requisitos permitidos, podem comprometer a transição entre "cabine e rampa" (Fig. 10) e, conseqüentemente, afetar o sistema de lançamento de cargas pelos trilhos do CHS, localizado na cabine central da fuselagem (Fig. 11). Neste gradiente, outro PN elencado como crítico integrado ao sistema "cabine e rampa" é a porta de carga, localizada na região traseira da fuselagem. Portanto, existe um padrão de comunicabilidade elevada, em que qualquer alteração de projeto ou de instalação pode afetar os requisitos da Norma (AQP 2070) quantos aos critérios de intercambiabilidade, desempenho, fadiga, peso e confiabilidade etc.

Deste modo, o RGGQ percorre de perto (presencial) a instalação na linha de produção do componente (documental) ou via Sistema Digital

Figura 10 - Apresentação Esquemática do Segmento Cabine e Rampa.



Fonte: Autor, 30/03/2023.

Figura 11 - Cabine, CHS e Rampa - Sistema de Manuseio de Cargas: tem a função de prover o carregamento de cargas, a retenção e o descarregamento.



Fonte: Internet (infodefensa.com), 14/11/2019.

da Embraer, quanto à aplicação de soluções de melhorias ou correções em projetos que são continuamente estudados de forma sistêmica pela empresa. Quando classificadas em um nível maior (Major), devem ser apresentadas para aprovação ao Órgão Certificador (ANAC ou IFI) conforme o tipo da plataforma, antes de serem incorporadas ao longo do processo produtivo, a fim de que os níveis de confiabilidade, qualidade e gerenciamento da configuração sejam mantidos.

Como fruto relacionado, em parte, à atuação dos RGGQs, também cabe salientar que o Programa KC-390 possui baixíssimo índice de pedido de concessão e desvio ao cliente FAB, caracterizando grande aderência do produto às suas especificações, o que, na vida em serviço das aeronaves, será

refletido em alta disponibilidade da frota, com baixo custo operacional.

Assim, podemos atestar que o conhecimento adquirido no programa AM-X foi reaplicado no programa AL-X, Revitalização e Modernização das Aeronaves A-1M, Modernização do C-95, Modernização do VU-Y (processos já finalizados), o que os habilitou a alcançar novas etapas, até mesmo fora do Brasil, como, por exemplo, no Grupo EUROCOP-TER na França, hoje AIRBUS. Atualmente os RGGQs do IFI atuam nas atividades de Verificação Governamental da Qualidade nos Programas H-XBR, E-99M, KC-390 da Força Aérea Brasileira e da Força Aérea de Portugal, desenvolvimento dos motores-foguete S50 (Projeto VLM-1), revitalização das asas do P-3AM, F-X2 e, recentemente, o IFFM4BR.

CONCLUSÕES

A adoção estruturada das normas da família AQAP permitiram a confiança mútua entre Brasil e Itália no programa de aquisição de Aeronaves AM-X, atestando que as fabricantes de cada País produzissem cada artigo de série em conformidade com a Base de Certificação de Tipo Aprovada, como também na concepção padronizada de normas contratuais nos processos de Aquisição de Sistemas de Defesa Brasileiro. O uso das AQAPs também contribuiu na formação de um conhecimento diferenciado aos integrantes da Autoridade Nacional da Qualidade (IFI), na execução da Verificação da Qualidade, o que refletiu na prevenção de Risco Crítico no Recebimento de Produto Aeronáutico, nos processos que envolvem a devida identificação de um desvio na fabricação de um produto que possa afetar a segurança ou a capacidade de cumprimento da missão ou a manutenção do mesmo, o que se traduz em benefícios diretos nos custos evitados provenientes das atividades dos RGGQs em contratos de aquisição nos quais o COMAER seja a parte interessada (contratante).

“Planejamento de longo prazo não lida com decisões futuras, mas com o futuro de decisões presentes”

Peter Drucker

Reflexão: A confiança na decisão do governo brasileiro de investir no setor produtivo nacional, noticiado no Jornal do Brasil (próxima página) com o 1º Voo do AMX em 18/11/1985, é o resultado da Visão de um Futuro distante, mas exequível, concretizado na entrega das primeiras aeronaves F-39E Gripen NG ao Esquadrão Jaguar na Base Aérea de Anápolis, em 19/12/2022.

O sucesso, ainda que tarde, é certo, em face da fé, da determinação e do talento do povo brasileiro.

Supersônico brasileiro acelera tecnologia



O supersônico brasileiro teria uma aparência semelhante à do SAAB Gripen

A Embraer, que recentemente executou o primeiro voo de seu avião de combate AMX, já se prepara para novos saltos tecnológicos. A etapa seguinte é a construção de um caça supersônico na década de 90.

O desenvolvimento de um avião dessa categoria, com toda a tecnologia desejada, representa um desafio sem precedentes para a indústria aeronáutica brasileira. A simples menção do novo projeto já desencadeou informações incorretas na imprensa, provavelmente movidas por uma imaginação supersônica.

A geração de caças estudados para a próxima década tem parâmetros semelhantes entre si. Um dos aspectos de destaque é que pela primeira vez, desde os primeiros aviões de combate, a velocidade deixou de ser objetivo número um. Até há pouco tempo, os dados de uma aeronave de combate eram derivados da função principal, que era a velocidade. Agora a capacidade de aceleração e a manobrabilidade passaram a ser os principais pontos de destaque dos caças.

Alguns dos aviões supersônicos atuais tem aceleração relativamente fraca acima de Mach 1 (velocidade do som). Sua velocidade máxima só é alcançada com um consumo de combustível extraordinariamente elevado, a não ser em mergulhos.

Para a geração de 90, mesmo que a velocidade absoluta não seja igual, a aceleração será maior. Para alcançar o novo desempenho é necessário o excedente de potência específica. Como tal, entenda-se a relação entre o peso da aeronave e o empuxo da turbina. O quociente encontrado na nova geração é de pelo menos 1.1. Isto significa dizer para cada kg de peso a turbina produz 1 kg de empuxo. Apenas para efeito de comparação, o AMX tem uma relação de aproximadamente 2kg de peso máximo para cada 1 kg de empuxo.

O elemento que define a manobrabilidade é a cadência de viragem contínua. No início da década de 70, aviões de classe **Mirage III**, em faixa de velocidade ideal, conseguiram uma razão da ordem e até 13 graus por segundo ao nível do mar. Essa taxa de viragem era alcançada a apenas 30% da velocidade máxima conseguida pelo

avião. É verdade que podiam ser atingidas taxas melhores, sem manter a continuidade. Para a nova geração é vislumbrada uma cadência contínua de 20 graus por segundo a uma velocidade 50% superior à do som. Com interrupção, a taxa é 50% mais elevada.

Para obter o desempenho desejado são necessárias diversas características. As turbinas devem ser leves, ter alto empuxo em relação ao peso e uma pequena taxa de diluição. A configuração **canard** é quase obrigatória, ao mesmo tempo que as asas delta devem ter duplo enfechamento, para permitir **performance** ideal em alta e baixa velocidade. Os comandos das superfícies móveis são elétricos (já em uso parcial no AMX), atuados através de computadores que impedem que sejam ultrapassadas determinadas atitudes de voo. Podem ser alcançados esforços positivos de até nove gravidades. Os comandos digitais permitem que o centro de gravidade seja deslocado para trás, oferecendo alta manobrabilidade. O bordo de fuga das asas é reto para maior efeito dos controles, enquanto o perfil é delgado para reduzir o arrasto.

Todos esses parâmetros são usados em caças projetados em países industrializados. Nos Estados Unidos, desde o início dos anos 70, os F-15, F-16 e F-14 utilizam técnicas semelhantes. Na Europa, novos projetos são lançados para disputar os mercados da próxima década.

No ano que vem deverão voar aviões experimentais para comprovar na prática a nova tecnologia. A Inglaterra deverá apresentar o EAP (**experimental aircraft programme**), enquanto a França deverá voar o **Rafale**. Em ambos os casos o que se pretende é demonstrar um conceito, sem nem mesmo incluir as turbinas definitivas

A Suécia, com a consciência de autopreservação de um país neutro, também desenvolve um projeto próprio de um avião monoturbina avançado, o **Gripen**. Em Israel, **calcados** na experiência do **F-16** e com a ajuda de 750 milhões de dólares do **Tesouro** americano, constrói-se o protótipo do **Lavi**, também monoturbina. Na Europa, a vontade de liderar um novo programa levou à **desunião** entre membros do **Mercado Comum**.

De um lado, os ingleses, alemães e italianos, já sócios no **Tornado**, fecharam questão em torno de um biturbina de geometria semelhante à descrita anteriormente. A Espanha também se integrou nesse projeto. Na França, com a experiência de Marcel Dassault, a tendência foi criar um avião de linhas parecidas, mas com menores dimensões e bastante mais leve. Além da disponibilidade de turbinas francesas, a limitação de tamanho era devido a uma versão naval, baseada em porta-aviões. Os franceses ganharam o apoio do grupo que constrói o **F-16** na Europa, representado por fabricantes holandeses, noruegueses e dinamarqueses.

Para o Brasil, além do problema tecnológico, existem as restrições de orçamento. O projeto AMX deverá custar, inicialmente, cerca de 600 milhões de dólares. Um supersônico custaria, segundo estimativas recentes, quase 2 bilhões de dólares. Se a Embraer participasse com 30% (como no AMX) de um projeto desse tipo, teria que dispor de fundos que corresponderiam à quase totalidade do valor do AMX. A conclusão a que se chega é que fazer parte do desenvolvimento de um supersônico significaria ter uma menor participação no projeto ou ter maior compreensão de um governo, que já luta com um enorme déficit orçamentário e outras prioridades.

Fonte: Jornal do Brasil /RJ - 18/11/1985 - Edição 00224.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAR 23: Special Federal Aviation Regulations (Padrões de Aeronavegabilidade para a Emissão de Certificados de Tipo, e Mudanças nesses Certificados, para Aviões na Categoria Normal.

Fonseca, Rodolfo de Almeida. **Inspecionabilidade dos Furos da Junção Asa/Stub das Famílias de Aeronaves EMB 145, EMB 170 E EMB 190.** 2007. 155 páginas. Dissertação de Mestrado (Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP. Registro em 2008.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL. **ICA 21-57: Regulamento de Aeronavegabilidade Militar – Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico.** São José dos Campos: DCTA.

NATO / OTAN: **Quality Assurance Requirements for Design, Development and Production, AQAP 2110.** Bruxelas, 2016. Edição D, versão 1. 32 páginas.

NATO / OTAN: **Nato Mutual Government Quality Assurance (GQA), AQAP 2070.** Bruxelas, 2019. Edição B, Versão 4. 79 páginas.

COMANDO DA AERONÁUTICA / Estado-Maior da Aeronáutica: **Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, DCA 400-6/2007.** Brasil/DF, 2007. 66 Páginas.

COMANDO DA AERONÁUTICA / Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial **Regulamento de Aeronavegabilidade Militar – Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico, Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico, ICA 57-21.** São José dos Campos-SP, 2017. 86 páginas.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION / **FAA: Normas de Aeronavegabilidade: Aviões de Categoria Normal e Acrobático, 14 CFR, PART 23, Estados Unidos da América (EUA).** 1964, 336 páginas.

ANAC: **Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Normal, RBAC 23.** Brasil, Distrito Federal – DF. 2019, Emenda n.º 64. 57 páginas.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL. **RICA 21-80/2023: Regimento Interno do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial.** São José dos Campos: DCTA, 2023.

MODELO MATEMÁTICO DE UMA MODIFICAÇÃO DE PRODUTO AEROESPACIAL

MATHEMATICAL MODEL OF AN AEROSPACE PRODUCT MODIFICATION



Dr. Nilson Silva - Tecnologista Sênior

nilsonns@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA

RESUMO

O uso de analogias é largamente empregado no modelamento matemático de sistemas. Neste artigo, esse conceito será apresentado de uma forma geral em um processo de alteração de produto aeroespacial, modelado como um sistema em blocos, e tendo o processo de modificação desse produto como uma aplicação específica dessa analogia. Outra utilização possível de analogia é no modelamento dessa modificação como o custo do produto em função de seu comportamento no tempo, com o envolvimento da segurança de voo e do cumprimento de missão, utilizando a função Perda de Qualidade de Taguchi. Exemplos da aplicabilidade dessa abordagem são a apresentação do comportamento do processo em uma forma gráfica e tabular e a elaboração de mapas gerenciais de processos.

Palavras-Chave: Certificação; Modificação; Modelo Matemático.

ABSTRACT

The use of analogies is widely employed in the mathematical model of systems. In this article, this concept will be presented in general in a process of changing aerospace product, modeled as a block system; and having the process of modification of this product as a specific application of this analogy. Another possible use of analogy is in the modeling of this modification as the cost of the product due to its behavior over time, with the involvement of flight safety and mission fulfillment, using the Taguchi Quality Loss function. Examples of the applicability of this approach are the presentation of process behavior in a graphic and tabular form and the elaboration of process management maps.

Keywords: Certification; Modification; Mathematical Model.

1. INTRODUÇÃO

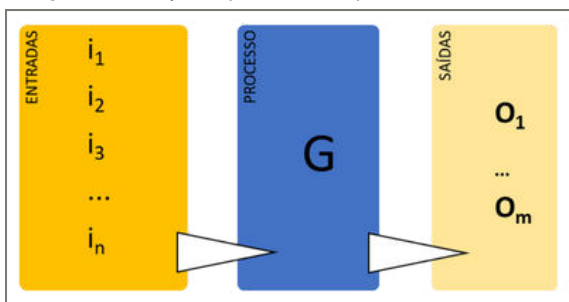
Os sistemas físicos podem ser expressos por equações análogas e, assim, modelados matematicamente. Esta questão foi extensamente explorada na Tese de Doutorado “Método Computacional Preditivo para Classificação de Risco de Falhas em Sistemas Aeronáuticos” [1]. Este artigo estende o conceito de sistemas análogos a modificações de produtos aeroespaciais, mostrando que o processo de modificação pode ser modelado como um sistema em blocos. Outra analogia possível é modelar a modificação como o custo de um produto, utilizando a função Perda de Qualidade de Taguchi. Exemplo da aplicabilidade dessa abordagem é a elaboração de mapas gerenciais de processos.

2. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ANÁLOGOS

2.1 Modificação de produto aeroespacial como um sistema

Uma modificação de produto aeroespacial pode ser entendida dentro do âmbito maior de uma alteração de produto, que envolve tanto os reparos como as modificações propriamente ditas. A modificação, para os propósitos de certificação, pode ser classificada como Pequena Modificação, Grande Modificação, Extensa [2], Significante [3], entre outras definições que podem ser obtidas pelos guias e material de orientações das autoridades certificadoras. De igual maneira, os reparos seguem classificações semelhantes [2]. Apesar de existirem diferentes tipos de alterações, todos podem ser modelados matematicamente como se fossem um sistema expresso em blocos, com entradas, função de transferência e saídas, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Alteração de produto aeroespacial como um sistema



Fonte: O Autor.

Dentre as alterações de produto aeroespacial, existe o caso específico da modificação de produto aeronáutico. Nesse caso, os blocos da figura 1 representam o seguinte:

- Entradas (i_1 a i_n): podem ser documentos técnicos e administrativos e recursos físicos, humanos, administrativos e financeiros (o produto aeronáutico em si a ser modificado e o que for necessário para essa modificação, como os insumos e recursos: partes, peças, componentes, equipamentos, sistemas, corpo técnico de especialistas, verbas, logística, entre outros);
- Função de transformação (G): representa as ações e interações necessárias para modificar o produto. Essa função é dependente, a princípio, do custo, tempo, segurança e, para produto militar, também do cumprimento de missão;
- Saídas (O_1 a O_m): representam, em termos de certificação aeronáutica, o produto modificado e seguro e, se militar, cumprindo sua missão; os documentos de aprovação e operação desse produto (certificados; permissões de voo; ofícios de aprovação; pareceres técnicos; manuais de manutenção, aeronavegabilidade, voo; entre outros); e os elementos de controle do processo para gestão administrativa de pessoal, financeira, logística, entre outros.

Os seguintes fatores principais podem afetar a função de transformação (G):

- Tempo (f): como o papel de uma autoridade certificadora aeronáutica na atividade de certificação da modificação é reativo, ou seja, essencialmente depende do fornecimento de dados técnicos e administrativos por parte do requerente (que é o ente que demanda da autoridade esse serviço de certificação), os principais fatores que podem impactar e gerar atrasos em um processo de certificação são diretamente ligados às ações de responsabilidade do requerente, como a remarca-

ção de inspeções e ensaios, atrasos na entrega de documentos, solicitação de inclusão de etapas contratuais para atender eventualidades, necessidade de apresentar novas substanciações técnicas etc.

- **Custo (c):** abrange os recursos financeiros e a necessidade de alocação de insumos. Por exemplo, podem-se citar as alterações de etapas contratuais por atrasos de fornecedores de insumos da modificação devido ao aumento dos custos anuais. Na análise de Taguchi a ser apresentada a seguir, o custo tem um significado ainda mais amplo, como perdas para a sociedade, como um todo.
- **Segurança de voo (s):** para que o produto aeronáutico execute sua operação de forma segura, existe a necessidade de cumprimento com requisitos de aeronavegabilidade, sendo necessária uma análise de segurança (*Safety Assessment*) abrangendo as análises, ensaios e comprovações técnicas.
- **Cumprimento de missão (m):** em produtos militares, o cumprimento de missão é fundamental para a finalidade desses produtos (um míssil precisa atingir efetivamente seu alvo, um avião de transporte precisa entregar sua carga etc.), e a modificação normalmente é atrelada a requisitos técnico-contratuais. O cumprimento de missão é fortemente relacionado ao custo segundo a definição mais abrangente da análise de Taguchi, conforme será apresentado.
- Em resumo, a função de transformação (G) é diretamente relacionada ao custo (c), o qual é uma função (w) do tempo (t), da segurança de voo (s) e do cumprimento da missão (m), podendo ser equacionada da seguinte forma:

$$G = f(c)$$

$$c = w(t, s, m)$$

Este modelamento matemático é uma simplificação, para que seja possível uma análise preliminar do processo de certificação. Dessa forma, considerou-se neste artigo que o tempo (t), a segurança de voo (s) e o cumprimento da missão (m) são variáveis independentes e o custo (c) como sendo uma variável dependente das demais. Em uma modelagem mais complexa, as variáveis que afetam o custo precisam ser consideradas como interdependentes. Expandindo ainda mais o modelamento, é necessário incluir as malhas de controle, pois existem ações de gerenciamento do processo que visam reduzir o impacto das variáveis no custo do processo.

2.2 Função de Perda Taguchi

Uma modificação de produto aeroespacial é um processo que implica necessariamente em se garantir a qualidade, como nos exemplos: (a) na certificação aeroespacial civil, a perda de qualidade do produto pode afetar a segurança e até mesmo tornar obsoleta a tecnologia do produto em questão, como aconteceu com os dirigíveis, os jatos comerciais supersônicos de primeira geração e os ônibus espaciais; (b) na certificação militar, a perda de qualidade do produto pode comprometer a missão, algo tão crítico como a perda de um produto de alto custo ou até o desencadear de uma guerra nuclear no caso de detecção errônea de um míssil balístico inimigo; (c) a perda de qualidade do processo de certificação pode comprometer inclusive a relação de um país frente aos demais; de igual impacto, a eficiência em se buscar a qualidade pode tornar a autoridade certificadora em padrão de referência, como o caso da certificação da aeronave KC-390, a qual elevou ainda mais o reconhecimento do Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) entre seus pares civis e militares [4] e [5]; ou como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) evitou acidentes com aeronaves 737 Max e como atuou no retorno operacional desse modelo de aeronave [6] e [7].

Genichi Taguchi expressou a Qualidade como sendo "Qualidade é a perda imposta à sociedade a partir do momento em que o produto é expedido", Taguchi et al. (2005, p.171) *apud* LAMY, Lucas et al. (2018)[8] e [9].

Para uma autoridade certificadora governamental como o IFI, esse conceito amplo de Qualidade que envolve a sociedade é fundamental para atender sua Missão, Visão e Valores, pois visa seu cliente último, que é a própria sociedade brasileira, bem como se estende à sociedade mundial na garantia da segurança de voo e da qualidade dos produtos e processos de certificação.

A seguir, será apresentada uma breve explanação sobre a função Perda de Qualidade, conforme proposta por Taguchi, sem se estender aos aspectos estatísticos necessários para sua completa caracterização, visando traduzir a filosofia da função Perda de Qualidade e seus elementos envolvidos em termos análogos a um processo de certificação.

A função Perda de Qualidade pode ser expressa como: $L(y) = k(y-M)^2$

Em que:

$L(y)$ = função perda (loss = L) quadrática devido ao desvio das características

$k = \frac{A}{\Delta^2}$ constante de proporcionalidade

y = características de qualidade do produto

M = valor médio, valor nominal do produto, valor alvo

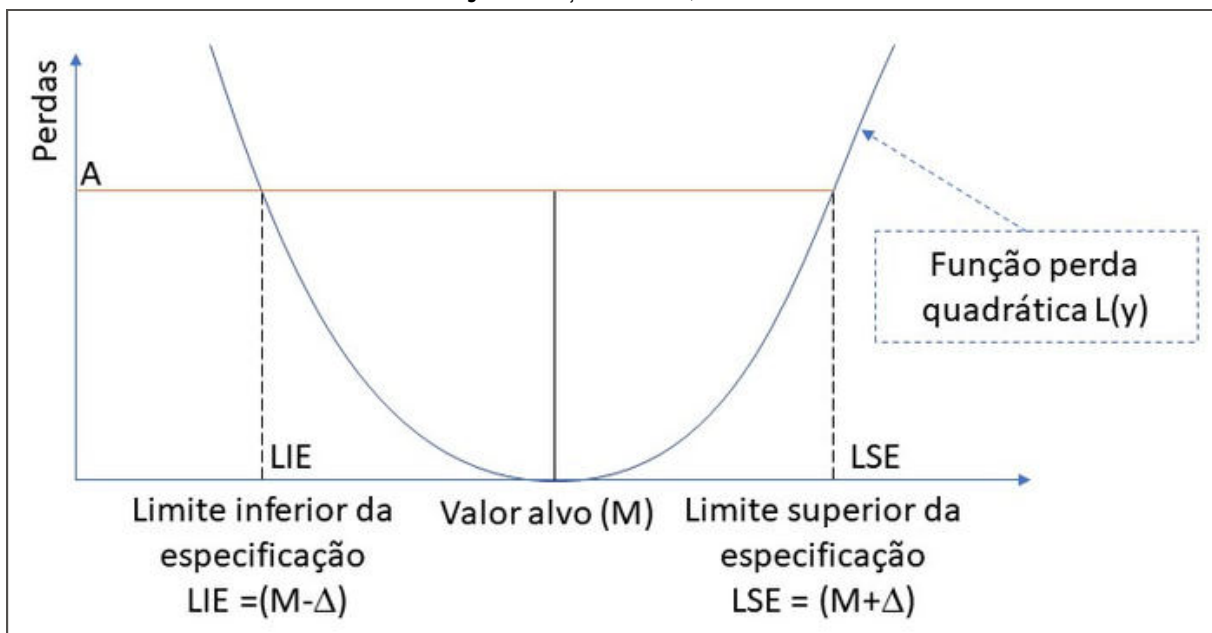
A = perda associada com uma unidade produzida dentro dos limites da especificação, assumindo que a perda no valor alvo é zero

Δ = desvio da especificação de um item não conforme

$(y-M)$ = tolerância

A função perda quadrática de uma variável pode ser expressa em uma curva bidimensional, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Função Perda de Qualidade



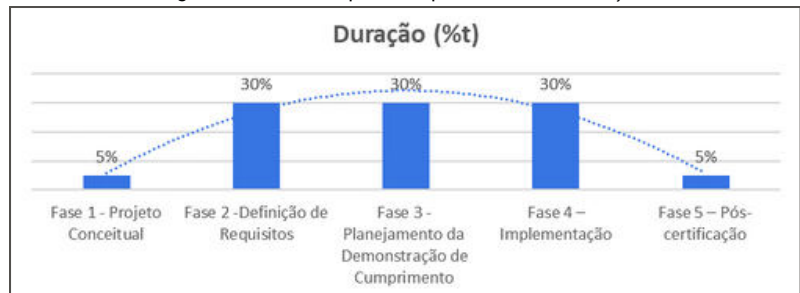
Fonte: O Autor.

O passo seguinte é a modelagem da função custo (c) como sendo a função Perda de Qualidade $L(y)$ em relação a cada uma das variáveis tempo (t), segurança de voo (s) e cumprimento da missão (m). Dessa forma, é necessário um entendimento do comportamento de cada variável em relação ao seu valor ótimo.

• **Variável tempo:**

Um processo de certificação de modificação pode ser dividido em cinco fases no tempo, conforme a Figura 3, cujas fases foram adaptadas do Formulário (Form) 500-05 “Lista de Verificação do Processo – Encerramento” [10], documento interno ao IFI.

Figura 3 - variável tempo de um processo de modificação



Fonte: O Autor (adaptado das informações do Form 500-05).

Em relação à função Perda de Qualidade L(y):

Limite inferior da especificação: LIE = prazo reduzido: afeta o contingenciamento de insumos (realocação emergencial de especialistas do grupo de especialistas, impactando a carga de trabalho; o gerenciamento da logística de missões em datas antecipadas; entre outros fatores); em alguns casos, a certificação poderá ser faseada em etapas com restrições operacionais mais abrangentes etc.

Valor alvo: M = prazo ideal: quando a previsão inicial do coordenador do processo em conjunto com sua chefia define uma data razoável, de forma que o planejamento seja cumprido sem adiantamentos ou atrasos. Cada processo de modificação é único, por isso, a previsão inicial de duração é extremamente dependente do tipo de modificação, contrato, grupo de trabalho, disponibilidade do produto para inspeção e ensaios, entre outros fatores.

Limite superior da especificação: LIE = prazo estendido: também afeta o contingenciamento de insumos (necessidade de acionar novamente o grupo de especialistas do grupo, impactando a carga de trabalho; o gerenciamento da logística de missões em datas postergadas; entre outros fatores); em alguns casos, a certificação que foi faseada necessita de outras etapas adicionais para atender as demandas pendentes etc.

• **Variável Segurança de voo (s):**

Uma análise de segurança pode ser subdividida em faixas de análise em relação à função Perda de Qualidade L(y):

Limite inferior da especificação: LIE = Análise de segurança subestimada. Nessa faixa, deve-se considerar o custo de um produto inseguro, de um projeto imaturo, sujeito a manutenção maior e com possibilidade de ocorrências de incidentes e acidentes aeronáuticos;

Valor alvo: M = análise completa e bem estimada.

Limite superior da especificação: LIE = Análise de segurança superestimada. Quando a análise tender a ser realizada de forma mais rigorosa que o necessário, poderá demandar maior custo, pois poderá exigir maiores análises e ensaios. O principal custo indireto é imposto nas limitações do uso do produto, com um desempenho inferior à sua plena capacidade. Este tipo de análise superestimada é comum quando: o projeto de modificação envolve tecnologias novas ou não usuais; não há requisitos plenamente consolidados e existe a possibilidade de envolver ensaios de médio e alto risco; o credenciamento de empresa requerente está em sua fase inicial ou o requerente não tem domínio completo das tecnologias envolvidas; entre outros fatores.

Para este artigo, a variável (s) tem sete níveis relacionados ao tipo de decisão de análise da autoridade, sendo: 0 = decisão se é modificação não essencial (aprovação por análise de dados); 2 = decisão se são requeridos testes; 3 = decisão se serão aceitos testes de desenvolvimento como dados técnicos; 4 = decisão se há envolvimento direto da autoridade; 5 = decisão se haverá a utilização de credenciais; 6 = decisão de modificação significativa (necessidade de supervisão da autoridade mais próxima ao requerente).

• **Variável cumprimento de missão (m):**

Igualmente pode ser subdividida em faixas de análise em relação à função Perda de Qualidade $L(y)$:

Limite inferior da especificação: LIE = cumprimento de missão subestimado. Um exemplo de missão subestimada ocorre quando o projeto de modificação possui requisitos deficientes. Como ilustração, essa condição pode ocorrer quando se especificou que uma aeronave deve ter instalado determinado sistema, sem levar em conta que o mesmo necessita de outros sistemas pré-existentes, aprovados e operacionais, para seu funcionamento. Nesse tipo de abordagem, a integração poderá demandar o custo de outro processo específico. Exemplo típico é a adequação de artefatos bélicos ou de instrumentação em modelos de aeronaves não previamente preparados para esse tipo de instalação.

Valor alvo: M = cumprimento de missão integral.

Limite superior da especificação: LIE = cumprimento de missão superestimado. Como mencionado, a inserção de novos sistemas durante o andamento do processo pode gerar custos adicionais e postergar a finalização da certificação, além de alterar as próprias análises, tempo envolvido e a necessidade de alocação de especialistas.

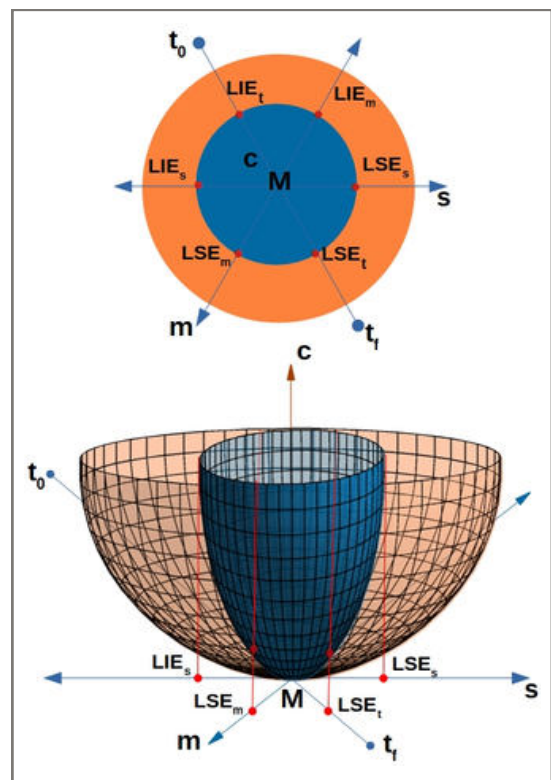
Para os efeitos deste artigo, essa variável foi estabelecida como adimensional, cujos valores são: 0 = não atendeu os critérios da missão e 1 = atendeu os critérios.

Em resumo, ao se plotar em um mesmo gráfico multidimensional a função custo (c) como sendo a função Perda de Qualidade $L(y)$ em relação às variáveis tempo (t), segurança de voo (s) e cumprimento da missão (m), essa representação pode ser expressa em termos bidimensionais e tridimensionais como exemplificado na Figura 4.

Observa-se na plotagem bidimensional (gráfico superior da Figura 4) que existe um círculo azul de custo C, que representa os limites de especificação do produto (os limites aceitáveis de um processo de certificação) e o ponto central desse círculo é o Valor Alvo (M); também existe a região circular laranja, representando a extrapolação dos limites; essa representação circular bidimensional equivale à representação tridimensional de "taças" (gráfico inferior da Figura 4). A partir desses gráficos, já se podem obter, de uma forma visual, critérios para se gerenciar um processo de certificação.

Uma variável importante precisa ser considerada em uma decisão gerencial: a priorização dos próprios processos. Como amostragem, serão selecionados quatro processos: dois processos de Permissão Especial de Voo Inicial (PEVi), um encerrado no prazo e outro em andamento com atraso,

Figura 4 - função Perda de Qualidade $L(y)$ – custo (c) em função de tempo (t), segurança de voo (s) e cumprimento da missão (m)



Fonte: O Autor.

e dois processos de Permissão Especial de Voo (PEV), um encerrado no prazo e outro encerrado com atraso. Sendo que o parâmetro A da equação de $L(y)$ será a prioridade, obtida de uma Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), conforme o Quadro 1 e a Tabela 1.

Quadro 1 - Amostragem de processos de modificação.

PROCESSO	TIPO DE CERTIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	STATUS
A	PEVi	Item não essencial para segurança	Encerrado
B	PEVi	Modernização de painel	Andamento
C	PEV	Instrumentação	Encerrado
D	PEV	Instrumentação	Encerrado

Fonte: O Autor.

Com base no Quadro 1 e Tabela 1, foi elaborada a Tabela 2 considerando a função custo (c) para cada variável (tempo, cumprimento de missão e segurança).

Tabela 1 - Matriz GUT de classificação de processos de modificação.

PROCESSO	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	PRIORIDADE (A)
A	3	3	3	9
B	3	2	3	8
C	1	5	5	11
D	1	5	5	11

NÚMERO	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não mudará
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar em longo prazo
3	Grave	Urgente, atenção em curto prazo	Vai piorar em médio prazo
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar e curto prazo
5	Extremamente grave	Necessidade de ação imediata	Vai piorar rapidamente

Fonte: O Autor (adaptado).

Tabela 2 - Função custo (c) para cada variável (tempo, cumprimento de missão e segurança).

Variável tempo: t (meses)							
PROCESSO	y	M	(y-M)	D	A	k	$c_t = L(y)I_t$
A	13	11	2	1	11	9	36
B	29	24	5	1	11	8	200
C	1	1	0	1	11	11	0
D	4	1	3	1	11	11	99

Variável cumprimento de missão: m (adimensional 0 ou 1)							
PROCESSO	y	M	(y-M)	D	A	k	$c_m = L(y)I_m$
A	0	1	-1	1	11	9	9
B	0	1	-1	1	11	8	8
C	0	1	-1	1	11	11	11
D	0	1	-1	1	11	11	11

Variável segurança: s (escala 0 = não essencial a 6 = modificação significativa)							
PROCESSO	y	M	(y-M)	D	A	k	$c_s = L(y)I_s$
A	0	0	0	1	11	9	0
B	6	0	6	1	11	8	288
C	0	0	0	1	11	11	0
D	0	0	0	1	11	11	0

Fonte: O Autor.

Considera-se a função Perda de Qualidade, $L(y)$, como:

$$L(y) = \sqrt{c_t^2 + c_m^2 + c_s^2}$$

Logo, considerando cada processo, a função Perda de Qualidade é representada conforme a Tabela 3, os dados organizados segundo a Tabela 4 e exibidos conforme o gráfico da Figura 5:

Tabela 3 - Função Perda da Qualidade $L(y)$.

Processo	$L(y)$
A	37
B	350
C	11
D	99

Fonte: O Autor.

Tabela 4 - Prioridade dos processos.

Posição	Processo	Prioridade (P)	$L(y)$
1	B	8	350
2	A	9	37
3	C	11	11
4	D	11	99

Fonte: O Autor.

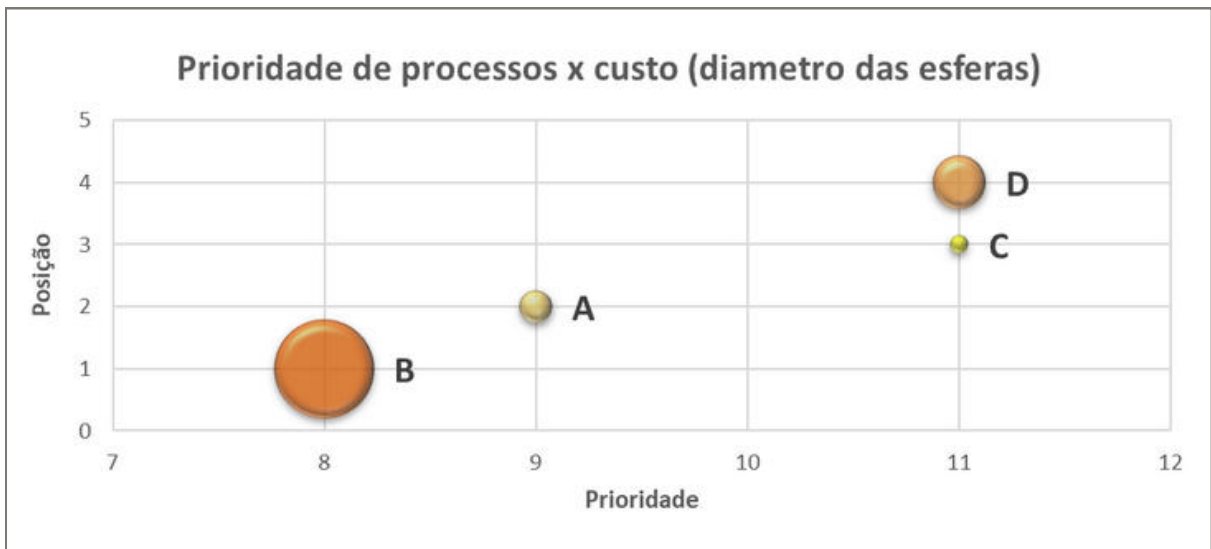
A posição, neste caso, é a ordem cronológica dos processos. Nota-se a posição dos processos C e D de mesma prioridade (P). Esses processos são de um mesmo modelo de aeronave e suas atividades ocorreram em um intervalo de poucos dias entre elas; assim, não é possível estabelecer claramente qual deve ser a atenção dispensada a cada um. A função custo $L(y)$ estabelece essa ordem de atenção, o que é ilustrado pelo diâmetro das esferas na figura 5, que representa a função custo para cada processo; como C tem um custo menor do que D, é um indicativo de que deve ter maior atenção. Essa ferramenta pode ser utilizada para determinar a ordem de análise de processos de igual prioridade.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos dados anteriores, pode-se elaborar uma tabela de prioridade (P) x custo $c = L(y)$. Para isso, calcula-se a mediana de cada parâmetro P e c dos processos A, B, C e D a partir da Tabela 4:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mediana da prioridade (P) de A, B, C e D} \sim 10 \\ \text{Mediana do custo (c) de A, B, C e D} = \sim 68 \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Se } P < 10; P = \text{baixa; senão } P = \text{alta} \\ \text{Se } c < 68; c = \text{baixa; senão } c = \text{alta} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Figura 5 - Gráfico de prioridade dos processos (Prioridade x Posição x Custo).



Fonte: O Autor.

Com base nessa lógica, é possível classificar os processos em função da prioridade x custo, gerando uma tabela de níveis de atenção aos processos, conforme o exemplo da Tabela 5:

Tabela 5 - Atenção aos processos.

Processo	Prioridade (P)	Cursto (c)	Atenção
C	alta	baixo	Atender agora
D	alta	alto	Programar para atender
A	baixa	baixo	Atender quando possível
B	baixa	alto	Não atender no momento

Fonte: O Autor.

Nota: a análise dos processos da Tabela 5 é meramente ilustrativa, considerando que todos os processos estão em andamento, o que não é o caso dos processos A, C e D, utilizados apenas como exemplo de parâmetros. Para a utilização prática desse processo, é preciso fazer uma seleção de processos em andamento e encerrados. Os dados dos processos encerrados funcionam como grupo de controle para se obter os parâmetros da Função Perda de Qualidade e os dados dos processos em andamento como grupo de análise, a serem comparados com os dados do grupo de controle.

Assim, através da análise da função Perda de Qualidade, é possível criar um mapa gerencial dos processos com uma apresentação de fácil entendimento quanto às ações a serem tomadas conforme a coluna "Atenção" da Tabela 5.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelamento de um processo de certificação de modificação de produto aeroespacial é um exemplo prático do poder das analogias na análise de sistemas, o qual pode ser expandido para se incluir as diversas interações entre as variáveis envolvidas, assim como os erros e variações do processo, o que não foi escopo deste artigo, porém, demonstra o grande potencial que pode ter esse método na análise de um processo.

A síntese deste trabalho é que, ao se aplicar o conceito expandido do custo segundo a função Perda de Qualidade de Taguchi, fazendo uma análise multidimensional dos parâmetros obtidos da análise do modelo em blocos do processo - tempo, segurança e cumprimento de missão, foi possível criar apresentações gráficas e tabulares do comportamento do processo e de sua função de transferência, indicar pontos ótimos de análise e um mapeamento de processos com uma tabela simples que permite determinar prioridades e níveis de atenção para os processos em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, Nilson. **Método computacional preditivo para classificação de risco de falhas em sistemas aeronáuticos**. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil.
- [2] BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA – COMANDO DA AERONÁUTICA, “Regulamento de Aeronavegabilidade Militar – ICA 57-21 Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico”, 2017.
- [3] FAA - Federal Aviation Administration. **Establishing the Certification Basis of Changed Aeronautical Products**. Advisory Circular AC 21.101-1B. March 11, 2016.
- [4] IFI - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial. **IFI recebe visita da ANAC**. 2022. Disponível em: [1] Brasil. Decreto nº 10.220, de 05 de fevereiro de 2020. Brasília, 2020.
- [5] IFI. **Brasil e Estados Unidos revalidam certificados de reconhecimento mútuo como Autoridades de Aeronavegabilidade Militar**. 2022. Disponível em: <https://ifi.dcta.mil.br/index.php/ultimas-noticias/727-brasil-e-estados-unidos-revalidam-certificados-de-reconhecimento-mutuo-como-autoridades-de-aeronavegabilidade-militar>. Acesso em 19 out. 2022.
- [6] BARBOSA, M. **737 MAX: como o Brasil se tornou o único país a exigir treinamento**. Brazil Journal. 2019. Disponível em: <https://braziljournal.com/737-max-como-o-brasil-se-tornou-o-unico-pais-a-exigir-treinamento>. Acesso em 19 de out. 2022.
- [7] UNAREG. **Com apoio de servidores da Anac, Boeing 737 Max volta aos céus nos EUA**. Congresso em Foco. UOL. 2020. Disponível em: <https://congressoemfoco.uol.com.br/unareg/com-apoio-de-servidores-da-anac-boeing-737-max-volta-aos-ceus-nos-eua/>. Acesso em 19 de out. 2022.
- [8] TAGUCHI, G.; CHOWDHURY, S.; WU, Y. **Taguchi’s Quality Engineering Handbook**. John Willey & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, USA, v. 134, 2005.
- [9] LAMY, Lucas et al. **Aplicativo computacional para a função perda de qualidade, razão sinal-ruído e análise experimental de Taguchi**. 2018. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p.282. 2018.
- [10] IFI. **Lista de Verificação do Processo – LVP**. Formulário Form 500-05. 0919. São José dos Campos, SP. 2019.

MÉTODO ALTERNATIVO PARA CÁLCULO DE VULNERABILIDADE

ALTERNATIVE METHOD
FOR VULNERABILITY CALCULATION



Lucas Maurente Scheer - Tenente Engenheiro

maurentelms@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Luciano Souza Laurindo - Engenheiro

lucianolaurindolsl@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Dr. Valdisley José Martinelli - Engenheiro

valdisleyj@fab.mil.br



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL - IFI
Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA



Tiago Teixeira Carneiro - Aspirante Engenheiro

tiagoteixeirattc@fab.mil.br



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA - ITA
Estagiando na Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial - CPA do
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial - IFI

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um método alternativo para o cálculo da vulnerabilidade de uma aeronave militar, fazendo uso de ferramentas probabilísticas. A importância do cálculo da vulnerabilidade no cumprimento de requisitos consiste em demonstrar a capacidade da aeronave, se alvejada, de sobreviver neste ambiente hostil, sem que estas partes danificadas/falhadas a levem à degradação. Comumente, o cálculo da vulnerabilidade é feito através de *software*, tal como o *Geometric Information for Targets* (GIFT), que possibilita o processamento de uma grande quantidade de parâmetros da aeronave. Dessa forma, para a aplicação do método alternativo, algumas premissas foram consideradas, como a distância entre os componentes essenciais, as falhas que levam a eventos catastróficos, a energia da munição e sua dispersão, entre outras. Como vantagem deste método, citam-se o cálculo da vulnerabilidade de forma menos complexa e o menor investimento na compra/desenvolvimento de *softwares*. Como desvantagem, devido às hipóteses adotadas, obtém-se um resultado mais conservador do que os métodos convencionais, o que pode acarretar em vulnerabilidade acima da real.

Palavras-chave: Aeronave; Vulnerabilidade; Probabilidade; Sobrevivência; Susceptibilidade.

ABSTRACT

This work aims to present an alternative method for calculating the vulnerability of a military aircraft, using probabilistic tools. The importance of calculating the vulnerability in order to comply with the requirements and demonstrate the ability of the aircraft, if receive any shoots, to survive in this hostile environment, without these damaged/failed parts leading to degradation. Commonly, the vulnerability analysis is performed through software, such as Geometric Information for Targets (GIFT), that allows the processing of a large number of aircraft parameters. Thus, for the application of the alternative method, some assumptions were considered, such as the distance between the essential components, the failures that lead to catastrophic events, the energy of the ammunition and its dispersion, among others. As an advantage of this, mention is made of the calculated method of vulnerability in a quick way and the smaller investment in the purchase/development of software. As, due to the assumptions adopted, a more conservative result is obtained than conventional methods, which can lead to vulnerability above the real one.

Keywords: Aircraft; Vulnerability; Probability; Survival; Susceptibility.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de sobrevivência ou *Survivability* é a habilidade de uma aeronave resistir e sustentar sua aptidão de cumprimento de missão designada em um ambiente hostil. Sendo assim, ela é uma função da susceptibilidade e vulnerabilidade, estando relacionada com a capacidade de sobreviver considerando a possibilidade de um ataque inimigo. Nesse sentido, a susceptibilidade é regida pela probabilidade de a aeronave sofrer um tiro.

Já a vulnerabilidade de um sistema pode ser definida como a característica deste sistema ao se expor a um determinado nível de degradação, quan-

do submetido a uma determinada ameaça em um ambiente hostil.

O modelo mais aceito para apresentar a vulnerabilidade de uma aeronave é por meio da área vulnerável, que é uma medida quantitativa da vulnerabilidade balística expressa em unidade de área. No tocante a isso, para realizar essa análise, é preciso calcular a área projetada do alvo no plano perpendicular à direção do ataque.

O cálculo da área vulnerável (A_v) é uma função da probabilidade de *kill* (P_k) e da área projetada (A_p),

o qual está explicitado pela equação abaixo. Sendo assim, a área vulnerável é uma medida quantitativa da vulnerabilidade balística expressa em unidade de área, e este é o modelo mais aceito para apresentar a vulnerabilidade de uma aeronave. A probabilidade de *kill* é a probabilidade de o alvo sofrer um dano por ameaças, sendo essas definições válidas para qualquer alvo, seja uma aeronave ou um componente.

Definimos como área projetada a região obtida da projeção do alvo no plano perpendicular à direção do ataque.

$$A_v = P_{kx} \cdot A_p$$

A forma mais precisa de se obter a vulnerabilidade é por meio de um software desenvolvido especificamente para a aeronave em questão, que considera a configuração espacial de todos os componentes, cablagem e sistemas da aeronave, em que são informados parâmetros, como quantidade de tiros, distância dos disparos, energia e dispersão dos projéteis. O programa analisa as possíveis trajetórias, traçando linhas (horizontal, vertical, inclinada) que consideram os componentes que possam ter sido atingidos.

Os ganhos proporcionados por esta metodologia alternativa de cálculos de vulnerabilidade são, de certa forma, menos complexos e com menor investimento na compra ou desenvolvimento de softwares.

2. DEFINIÇÕES BÁSICAS PARA CÁLCULO DE VULNERABILIDADE

2.1 Definição de *kill*

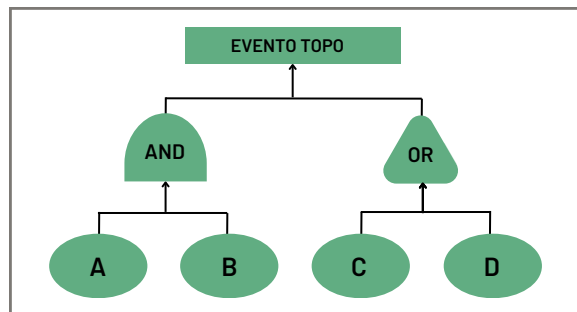
A definição de *kill* é o dano a partir do qual, para efeito de cálculos, consideramos que a aeronave entrou numa condição degradada. Alguns exemplos de condições podem ser falha catastrófica, aeronave incapaz de permanecer em combate ou incapaz de cumprir a missão. Para o método desenvolvido foi adotado como *kill* o evento catastrófico, baseado nos dados provenientes de *Safety Assessment*.

2.2 Identificando componentes críticos através do *Safety Assessment*

Através da Análise Árvore de Falha (*Fault Tree Analysis - FTA*), é possível identificar os componentes críticos que, em caso de falha, podem levar a um evento topo indesejado; que no caso desta análise, resultaria num evento catastrófico.

Observando a Figura 1, identifica-se que uma falha simples de um dos componentes (C ou D) leva ao evento topo, já que estão conectados à porta lógica "OR". Para o caso da porta lógica "AND", o evento topo só ocorreria no caso de falha simultânea dos componentes (A e B), não havendo falha única levando a evento topo.

Figura 1- Análise por Árvore de Falha (FTA).



Fonte: Os Autores.

2.3 Definições das vistas

Os softwares utilizados para o cálculo da vulnerabilidade analisam inúmeros ângulos e vistas. No caso do método simplificado, foram definidos os ângulos tanto em elevação e em azimute para os planos discretizados, conforme exemplo da Figura 2 (próxima página), de forma a obter a vista projetada para cada plano e realizar a verificação da presença de componentes essenciais.

2.4 Definição das ameaças

O projétil disparado tem suas características como a massa, o tamanho e a velocidade de impacto. Nesse sentido, a sua energia está relacionada diretamente com a velocidade e com a distância do tiro. Na hipótese de haver mais de um disparo realizado, pode existir a dispersão dos projéteis, que é uma variável associada à precisão dos impactos e tem relação com a distância em que foram realizados os tiros. Nesta análise simplificada, foram adotadas ameaças de baixa e de alta energia.

2.5 Cálculo para cada vista adotada

Para cada vista escolhida, foram analisados alguns aspectos, tais como:

- Falha simples ou dupla;
- Quantidade de disparos;
- Energia dos tiros;
- A área dos componentes;
- A distância entre os componentes;
- A dispersão das ameaças.

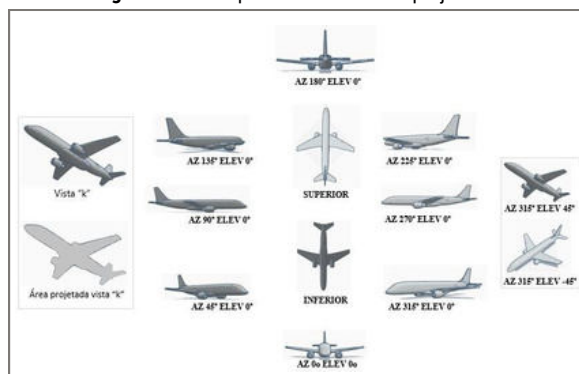
2.6 Falha simples ou dupla

Para algumas aeronaves de pequeno porte, é permitido que tenha uma falha simples catastrófica segundo normas, como por exemplo, a aeronave monomotor, em que a falha deste único motor pode levar à perda da aeronave. No caso de aeronaves de grande porte, as falhas simples não são permitidas, e os componentes essenciais precisam ter redundâncias, em que é necessária a falha de no mínimo dois componentes essenciais do mesmo sistema para um evento catastrófico. Sendo assim, são analisadas a partir de falhas duplas.

2.7 Quantidade de disparo

A quantidade de disparo influencia na probabilidade de os componentes serem atingidos. Para dois ou mais disparos foi feita a análise de dispersão de áreas, sendo esta a variável relacionada à precisão do disparo na área projetada. Para o caso de disparo único, o conceito de dispersão não se aplica.

Figura 2 - Vistas para análise de área projetada.



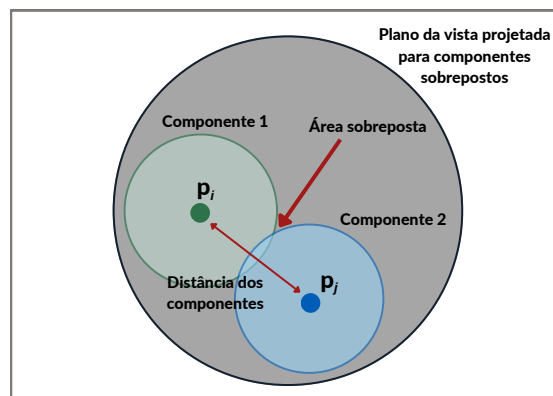
Fonte: Os Autores.

2.8 Disparos de baixa energia ou de alta energia

A resistência cinética dos componentes da aeronave deve ser avaliada quanto à capacidade de diminuir a energia cinética da ameaça. Para o caso de aeronaves de pequeno porte, independente da energia da ameaça, caso seja atingido um componente essencial da aeronave, este pode levar a um evento catastrófico.

Para aeronaves de grande porte, em que não existe falha simples, os tiros de baixa energia foram considerados para que a munição atingisse apenas o primeiro componente, o que é uma hipótese conservadora. Portanto, se forem danificados simultaneamente dois componentes do mesmo sistema, isso pode causar evento catastrófico, em que a probabilidade de *kill* (Pkill) é a probabilidade de acerto de pelo menos 2 tiros, 1 em cada componente. Todavia, se a falha simultânea dos componentes não causar evento catastrófico, Pkill = 0. Além disso, é importante afirmar que, caso a distância entre os componentes seja maior que o diâmetro do círculo projetado, Pkill também é nulo, haja vista que, mantendo a direção dos disparos não é possível atingir os dois componentes neste plano analisado, conforme Figura 3.

Figura 3 - Vistas para análise de área projetada.



Fonte: Os Autores.

Sendo a probabilidade definida como a chance de ocorrência de um evento, ela pode ser calculada simplesmente dividindo o número favorável de resultados pelo número total de resultados possíveis. Desse modo, em um componente que possui redundância, em cada vista, para cada dispa-

ro dentro do cone há 3 possibilidades, sendo a primeira a de acertar um componente, a segunda a de acertar dois componentes ou a terceira possibilidade a de não acertar nenhum componente. Em ambos os casos em que o componente é atingido, a probabilidade é a razão entre as áreas do componente pela área total do plano perpendicular à direção do disparo.

Para o caso de apenas um tiro de alta energia, foi considerado que a munição danificaria todos os componentes em sua trajetória. Portanto, se a falha simultânea de dois ou mais componentes causar evento catastrófico, Pkill será a probabilidade de acerto de um tiro em um componente, caso suas projeções estejam sobrepostas, conforme Figura 3 (página anterior). Todavia, caso suas projeções não estejam sobrepostas, Pkill = 0. Além disso, a área da sobreposição foi tomada como sendo a área do menor componente.

Para os casos de dois ou mais tiros de alta energia, em que o primeiro tiro não atinja a sobreposição, existe a possibilidade de o segundo projétil atingir outro componente crítico do mesmo sistema; nestes casos, "Pkill" passa a ser calculada pelo produto da probabilidade de acertar cada componente, não sendo considerado apenas a menor área sobreposta. Por fim a probabilidade resultante para o caso de mais de um tiro de alta energia é a soma das probabilidades dos dois casos acima.

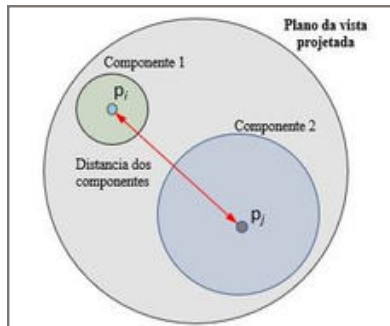
2.9 A distância dos componentes

A localização espacial dos componentes na aeronave foi analisada como pontual, sendo o centro do componente o ponto, conforme Figura 4. Já cablagem foi considerada uma linha.

2.10 Área dos componentes

A área adotada foi a maior área a ser considerada como uma esfera e projetado o círculo no plano analisado, conforme Figura 5.

Figura 5 - Plano da vista projetada para dois componentes sem sobreposição.

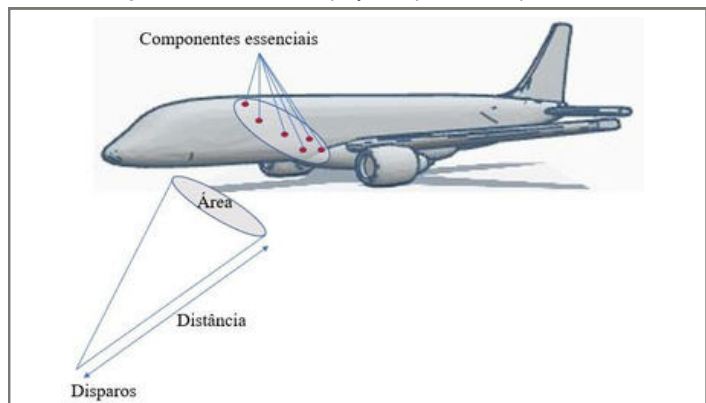


Fonte: Os Autores.

2.11 Dispersão da ameaça

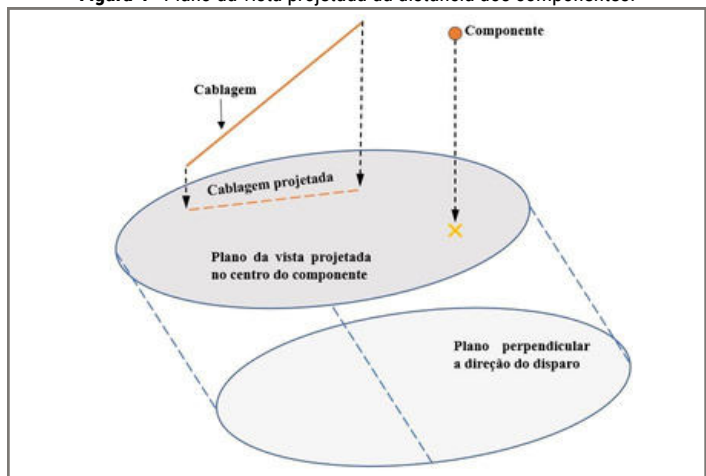
Após fixar a distância e o ângulo de dispersão dos disparos, foi possível obter a área vulnerável da aeronave por meio da projeção do cone. Dessa forma, foram definidas as áreas dos possíveis locais de impacto dos projéteis, conforme Figura 6.

Figura 6 - Análise da área projetada para os componentes.



Fonte: Os Autores.

Figura 4 - Plano da vista projetada da distância dos componentes.



Fonte: Os Autores.

2.12 Cablagem não identificáveis

Nos casos para a inviabilidade de identificação das cablagens, foi considerada uma cablagem padrão como sendo a maior cablagem possível da aeronave. Essas medidas são conservadoras e assumi-las resulta num valor maior para a probabilidade Pkill.

2.13 Análise do componente e cablagem

No contexto de análise dos componentes e cablagem, é conveniente citar que não foi possível conhecer a disposição espacial de toda a cablagem da aeronave. No entanto, para calcular a probabilidade de que um componente e um fio sejam atingidos, ocasionando falha dupla, é preciso calcular a probabilidade de a cablagem estar próxima ao componente em questão. Para isso, foi considerada uma região sensível retangular, denominada de faixa vulnerável da cablagem, com um dado comprimento. Desse modo, a probabilidade de existir uma cablagem próxima ao componente consiste na probabilidade de o componente estar localizado nessa região sensível. Dado que ele está nessa região, calculam-se a probabilidade de atingir

o componente e a probabilidade de atingir a cablagem. Por fim, a probabilidade resultante é obtida por meio da multiplicação das duas probabilidades acima.

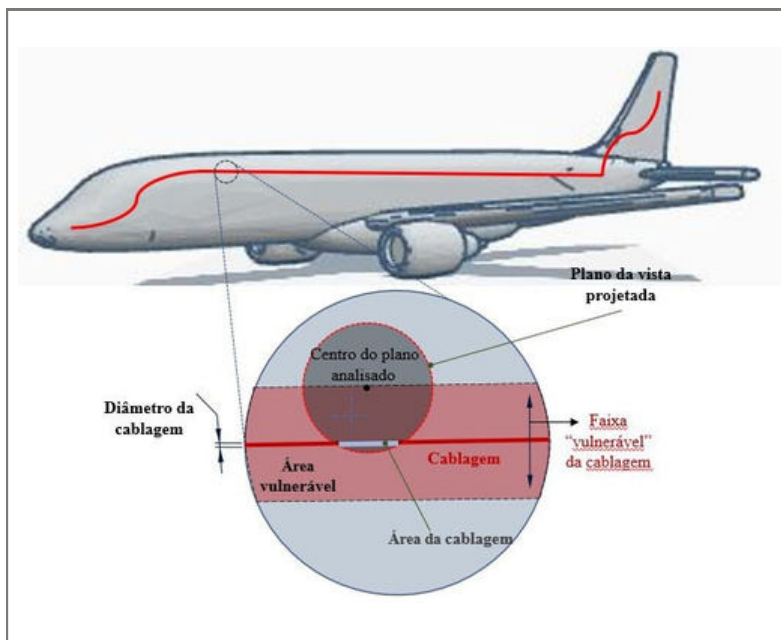
2.14 Análise de cablagens para componentes redundantes

Existe o caso de os tiros atingirem duas cablagens cujas falhas levam a um evento catastrófico. Nesse caso, para que uma cablagem esteja próxima da outra, deve existir interseção das áreas vulneráveis. Outra possibilidade seria existir uma sobreposição dos fios, possibilitando a falha dupla, caso houvesse o impacto de projéteis nessa região.

2.15 Área vulnerável da cablagem

A área vulnerável da cablagem compreende a região da área de projeção, conforme Figura 7, na qual a probabilidade apreciável de que a cablagem seja atingida corresponde a uma dada porcentagem da área projetada. Foi considerado também que as regiões atingidas tinham uma porcentagem de cablagem nos componentes essenciais na área em análise.

Figura 7 - Área projetada da cablagem.



Fonte: Os Autores.

2.16 Método Simplificado

A probabilidade pode ser calculada pela razão das áreas, sendo Pkill igual à somatória das áreas dos componentes dividida pela área projetada da aeronave.

$$P_{kill_{anv}} = \frac{\sum_{k=1}^{Nk} A_{anv,k} P_{kill_k}}{\sum_{k=1}^{Nk} A_{anv,k}}$$

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise desenvolvida, é possível afirmar que, em uma aeronave de pequeno porte, existe a probabilidade de evento catastrófico a partir do primeiro disparo, tendo em vista que existe a falha simples. Já nas aeronaves de grande porte, há uma probabilidade que se inicia a partir de dois disparos de baixa energia e um disparo de alta energia para componentes sobrepostos. Existe ainda o caso de os tiros atingirem cablagens sobrepostas do mesmo sistema, mas esta possibilidade é bem remota.

As definições adotadas para o cálculo de vulnerabilidade de uma aeronave militar foram conservadoras e representativas, possibilitando seu uso como uma ferramenta probabilística de análise. Seu desenvolvimento proporcionou um resultado quantitativo da vulnerabilidade sem o uso de *softwares* complexos.

Por fim, a análise dos resultados permitiu a identificação de áreas vulneráveis, demonstrando para a certificação de aeronaves com fins militares o cumprimento dos requisitos de vulnerabilidade. A análise matemática, considerando diferentes calibres e quantidade de disparos, identificou as áreas vulneráveis da aeronave, tornando estatísticos esses pontos.



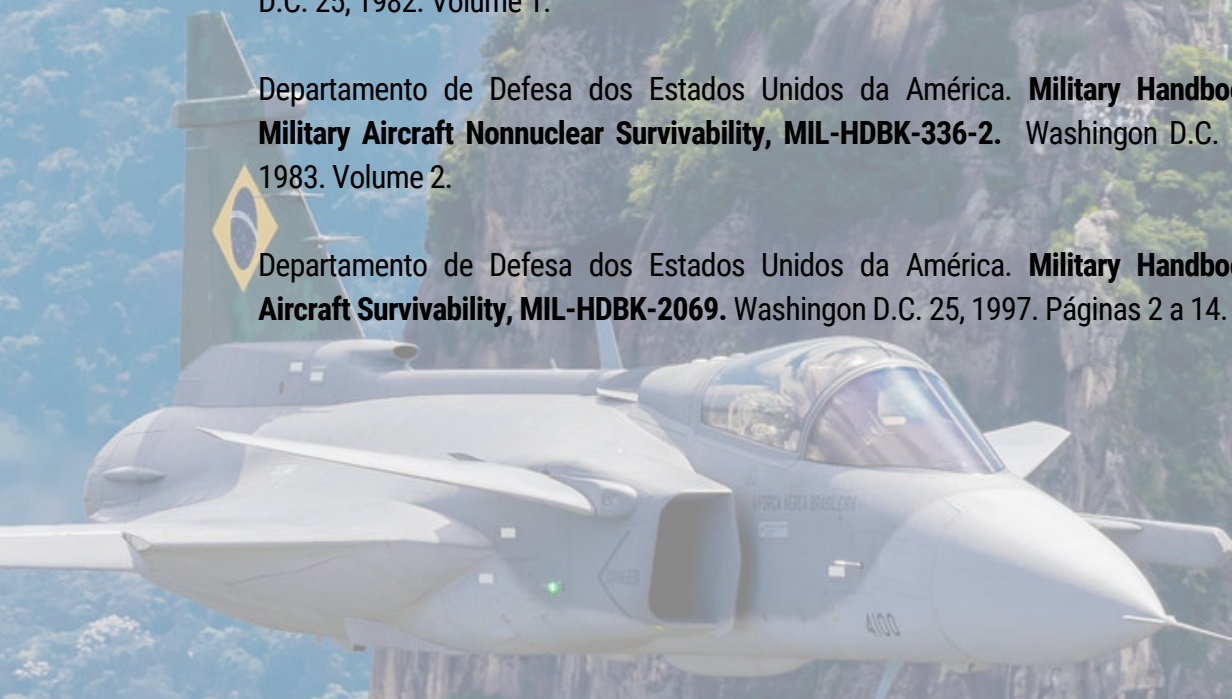
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Departamento da Marinha, Comando da Aeronáutica. **Military Handbook, Survivability Enhancement, Aircraft, Conventional Weapon Threats, Design and Evaluation Guidelines, MIL-HDBK-268(AS)**. Washington, D.C. 20361, 1985. Páginas 26 a 29, 42 a 48, 51 a 52, 63 a 66, 72, 87 a 93, 96 e 102.

Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. **Military Handbook, Aircraft Nonnuclear Survivability General Criteria, MIL-HDBK-336-1**. Washington D.C. 25, 1982. Volume 1.

Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. **Military Handbook, Military Aircraft Nonnuclear Survivability, MIL-HDBK-336-2**. Washington D.C. 25, 1983. Volume 2.

Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. **Military Handbook, Aircraft Survivability, MIL-HDBK-2069**. Washington D.C. 25, 1997. Páginas 2 a 14.



Descubra os **Benefícios Exclusivos da ADCCTA**

A Associação Desportiva Classista dos Servidores Cíveis e Militares do Centro Técnico Aeroespacial (ADCCTA) foi fundada com o propósito de unir e beneficiar seus sócios. Tornou-se um verdadeiro ponto de encontro para aqueles que buscam qualidade de vida e oportunidades exclusivas.

Clube de Benefícios

Um dos grandes diferenciais oferecidos pela ADCCTA é o seu clube de benefícios, que proporciona descontos em uma ampla gama de estabelecimentos. Desde escolas e cursos até academias, laboratórios e convênios, os sócios têm descontos exclusivos.

Atividades e Eventos

Além de eventos sociais emocionantes e viagens incríveis para os destinos mais deslumbrantes, a ADCCTA se destaca pela diversidade de atividades disponíveis, como natação, tênis, cursos, coral, atletismo e aulas de inglês.

Convênios Médicos

A ADCCTA se preocupa com o bem-estar integral de seus sócios, por isso oferece uma ampla gama de convênios médicos. Destacam-se parcerias com instituições de saúde de alta qualidade, como Unimed, Santa Casa Saúde, Hapvida, Uniodonto, além de outras empresas do setor.

Clubes

Para momentos de lazer e descontração, a ADCCTA disponibiliza dois clubes excepcionais. O Clube de Campo em Jambuí, com uma infraestrutura completa. Com uma casa sede, piscinas, quiosques, campo society, quadra de areia, lanchonete e playground. Além disso, é possível desfrutar de uma estadia confortável pois os chalés e a casa sede estão disponíveis para locação. Essa é uma ótima oportunidade para vivenciar momentos inesquecíveis de convívio e diversão em meio à natureza.

Já o Clube ADCCTA conta com salão de festas, piscina, quadra e campo de futebol, garantindo a diversão de todos os sócios.

A ADCCTA promove o bem-estar de seus membros. Não perca a oportunidade de se tornar um sócio e aproveitar todos esses benefícios.



Clube ADCCTA



Artes Marciais



Clube de Campo



Descontos em cursos/escolas

Saiba como se associar



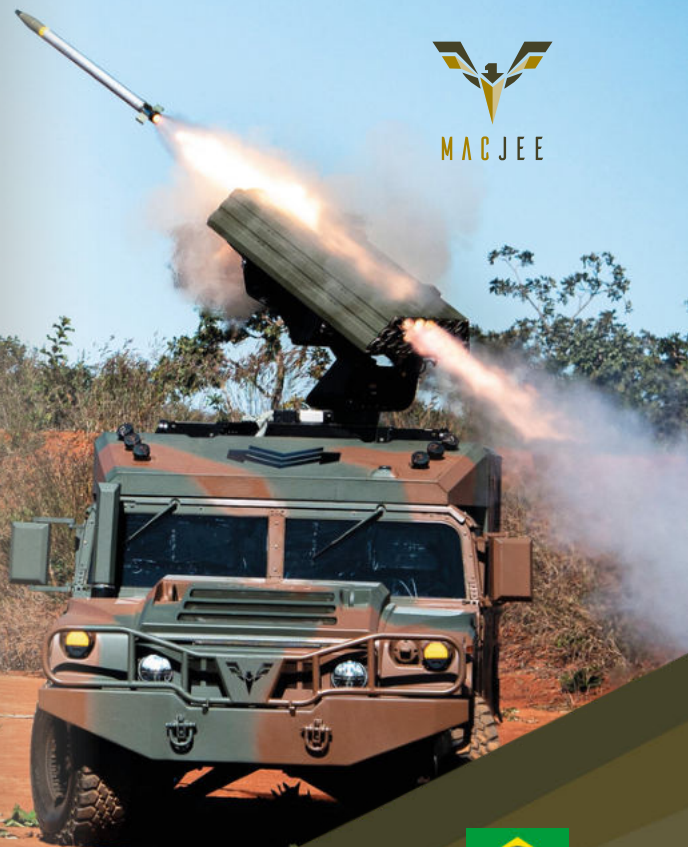
(12) 98286-1234



adccta

INDÚSTRIA DE DEFESA

Há mais de uma década no mercado, o Grupo Mac Jee faz parte da Base Industrial de Defesa (BID) e é constituído por Mac Jee Defesa, Mac Jee Tecnologia e Equipaer, empresas inovadoras, tecnológicas e 100% brasileiras. Com atuação global, a empresa possui equipes de engenharia qualificadas, com expertise em sistemas e soluções para a Indústria de Defesa. A infraestrutura conta com fábricas localizadas em São José dos Campos e Paraibuna, além de escritórios comerciais em São Paulo e França."



APOIO:



MACJEE



SCAN ME



INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50
São José dos Campos - SP

<http://ifi.dcta.mil.br>



FORÇA AÉREA BRASILEIRA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL