

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO  
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Cel Av **NEWTON DE ABREU FONSECA FILHO**

**O emprego de simulador de baixo custo para  
Pilotos de Caça no treinamento de Combate BVR**



Rio de Janeiro

2021

Cel Av **NEWTON DE ABREU FONSECA FILHO**

## **O emprego de simulador de baixo custo para Pilotos de Caça no treinamento de Combate BVR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como pré-requisito para matrícula em programa de pós-graduação *lato sensu* em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Orientador: Cel Inf Pedro Winkelmann Santana de Araújo

Rio de Janeiro  
2021

F676e Fonseca Filho, Newton de Abreu

O emprego de simulador de baixo custo para Pilotos de Caça no treinamento de Combate BVR. / Newton de Abreu Fonseca Filho. – 2021.

32 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Pedro Winkelmann Santana de Araújo.

Policy Paper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar)– Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2021.

Bibliografia: f. 30-32.

1. SIMULAÇÃO. 2. PREPARO. 3. COMBATE. I. Título.

CDD 355.4

Cel Av **NEWTON DE ABREU FONSECA FILHO**

## **O emprego de simulador de baixo custo para Pilotos de Caça no treinamento de Combate BVR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como pré-requisito para matrícula em programa de pós-graduação *lato sensu* em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020

### COMISSÃO AVALIADORA

---

Pedro Winkelmann Santana de Araújo - Cel Inf - Presidente  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

---

Juarez Guina Fachina Junior - Cel Cav - Membro  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

---

Luciano Correia Simões - Cel Inf - Membro  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

## RESUMO EXECUTIVO

A Força Aérea Brasileira (FAB) realizou, dentro do seu plano estratégico, a aquisição de aeronaves F-39, o Gripen NG, que trará um ganho tecnológico com consequente ação dissuasória para o país, com previsão de chegada das primeiras unidades ainda em 2021. O panorama econômico-financeiro colocou restrições que impactam e poderão ser agravadas no futuro próximo, no que diz respeito à cadência de entrega das aeronaves, por motivos contratuais. Tal panorama colocará um entrave em uma capacitação dos pilotos para o combate além do alcance visual, impedindo o preparo adequado e, conseqüentemente, prejudicando o emprego da Força, em especial aos que realizam e realizarão o curso da aeronave na Suécia. Buscando dados na literatura, o trabalho dedicou-se a identificar o contexto, situando o treinamento atual, o panorama financeiro que causará o problema, o uso atual de simuladores na FAB e a validação teórica do uso de simuladores. Nesta encontrou as principais conceituações em uso para identificar o comportamento do uso de treinadores e simuladores no ambiente do combate, que permeiam o uso no mundo, principalmente na Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), como Operações de Missões Distribuídas e Treinamento Baseado em Competências. Diante do histórico pesquisado, analisou as possibilidades de treinamento compensatório no país e no exterior, que pudessem ser solução para a falta de aeronaves no treinamento dos pilotos, envolvendo treinamento no exterior, simulador no exterior, treinamento no país e simulador no país. Diante das possibilidades, identificou o cenário prospectivo e em uso da USAF, onde a aplicação de simuladores de Custo Ultrabaixo é uma opção que tem validade no treinamento, com embasamento teórico e que poderá minimizar os impactos causados pela falta de aeronaves F-39 para a capacitação no combate além do alcance visual, com baixo custo de aquisição e rápida aplicação.

Palavras-chave: Simulação. Preparo. Combate.

## ABSTRACT

The Brazilian Air Force (FAB) carried out, within its strategic plan, the acquisition of the aircraft F-39, the Gripen NG, which will bring a technological gain with consequent dissuasive action for the country, with the arrival of the first planes still expected in 2021. The economic-financial scenario has placed restrictions that impact and may be aggravated in the near future, with regard to the cadence of delivery of the aircraft, for contractual reasons. Such a panorama will put an obstacle in the pilots training for the combat Beyond the Visual Range, preventing the adequate preparation and, consequently, harming the use of the Force, especially to those who carry out and will carry out the course of the aircraft in Sweden. Searching data in the literature, the assignment was dedicated to identifying the context, situating the current training, the financial panorama that will cause the problem, the current use of simulators in the FAB and the theoretical validation of the use of simulators. In this was found the main concepts in use to identify the behavior of the usage of trainers and simulators in the combat environment, which permeate the application in the world, mainly in the United States Air Force (USAF), as Distributed Missions Operations and Competency-Based Training. Based on the researched history, it analyzed the possibilities of compensatory training in the country and abroad, which could be a solution to the lack of aircraft in the pilots training, involving training abroad, simulator abroad, training in the country and simulator in the country. Given the possibilities, it identified the prospective and under the USAF's scenario, where the application of simulators of Ultra-Low Cost is an option that has validity in the training, with theoretical basis and that will be able to minimize the impacts caused by the lack of F-39 aircraft for training in combat Beyond Visual Range, with low acquisition cost and rapid application.

Keywords: Simulation. Preparation. Combat

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Cronograma Físico F-X2.....                        | 13 |
| Figura 2 – Condição de Treinamento.....                       | 19 |
| Figura 3 – Curva de Isoutilidade.....                         | 20 |
| Figura 4 - Curva de aprendizagem aplicada ao treinamento..... | 22 |
| Figura 5 – Simulador de Ultrabaixo Custo com RV .....         | 26 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|             |  |
|-------------|--|
| BVR         | <i>Beyond Visual Range</i> (Além do Alcance Visual)                                    |
| COMPREP     | Comando de Preparo   |
| COPAC       | Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate                                  |
| DCA         | Diretriz do Comando da Aeronáutica   |
| EMAER       | Estado-Maior da Aeronáutica  |
| EXOP        | Exercício Operacional  |
| EXTEC       | Exercício Técnico  |
| FAB         | Força Aérea Brasileira   |
| <i>GTLT</i> | <i>Gripen Tactical Leadership Training</i> (Treinamento de Liderança Tática do Gripen) |
| GuG         | <i>Gripen users Group</i> (Grupo de Usuários do Gripen)                                |
| ICA         | Instrução do Comando da Aeronáutica  |
| PAOP        | Projeto de Atividades Operacionais   |
| RV          | Realidade Virtual  |
| TI          | Tecnologia da Informação   |
| TTP         | Táticas, Técnicas e Procedimentos  |
| UAE         | Unidade Aérea  |
| USAF        | <i>United States Air Force</i> (Força Aérea dos Estados Unidos)                        |
| VTTC        | <i>Virtual Test and Training Center</i> (Centro de Teste e Treinamento Virtual)        |



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>2 CONTEXTO .....</b>                                 | <b>10</b> |
| 2.1 O TREINAMENTO ATUAL .....                           | 10        |
| 2.2 CONTEXTO FINANCEIRO .....                           | 12        |
| 2.3 USO ATUAL DE SIMULADORES PELA FAB .....             | 14        |
| 2.4 VALIDAÇÃO DO USO DE SIMULADORES E TREINADORES ..... | 17        |
| <b>3 ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES.....</b>                | <b>22</b> |
| 3.1 TREINAMENTO NO EXTERIOR.....                        | 23        |
| 3.2 TREINAMENTO NO PAÍS .....                           | 24        |
| <b>4 OPÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                    | <b>27</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>                                | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                 | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A Força Aérea Brasileira (FAB) celebrou, em 2014, o contrato de aquisição de trinta e seis aeronaves multiemprego Gripen NG, denominada como F-39, de forma a compor a primeira linha da aviação de caça, substituindo as aeronaves que atuam atualmente nessa função, os F-5M, o que atenderá plenamente às necessidades operacionais da FAB para os próximos trinta anos e que faz parte do Programa de Articulação e Equipamento da Defesa, da Estratégia Nacional de Defesa, com vistas à defesa da Pátria. As capacidades adquiridas por um vetor deste porte seguem o estabelecido na Política Nacional de Defesa, que estabelece: “manter as Forças Armadas adequadamente motivadas, preparadas e equipadas, a fim de serem capazes de cumprir suas missões constitucionais, e de prover a adequada capacidade de dissuasão” (BRASIL, 2020a, p.21).

A aquisição faz parte do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018 - 2027 (PEMAER), que define o Objetivo Estratégico M180100, primário, “Implantar a aeronave de caça de multiemprego e sistemas associados, cuja finalidade é garantir que a aeronave F-39 (Gripen NG) seja implantada na FAB” (BRASIL, 2018b, p.20). A previsão de chegada das primeiras aeronaves segue um cronograma contratual, mas é diretamente afetado pelo não cumprimento das cláusulas financeiras, atrelado ao pagamento das obrigações por parte da FAB.

A introdução de uma aeronave nova no acervo da Força necessita de capacitações específicas, principalmente no que diz respeito aos pilotos. Os selecionados prosseguem para cursos da aeronave na Suécia, e devem dar continuidade, como instrutores, para repassarem os conhecimentos adquiridos a outros e prosseguir nas capacitações já no Brasil. Para implantar as aeronaves no país, eles necessitam possuir habilidades anteriores específicas, conforme definido na Plano de Capacitação de Recursos Humanos para implantação da aeronave F-39, o PCA 37-14:

“Os pré-requisitos para os pilotos, nível de experiência operacional e qualificação para instrutor são: ser operacional na aviação de caça e possuir, no mínimo, 300 horas de voo em aeronaves de caça a reação (A-1, F-5 e F-2000), sendo 30 horas nos últimos 6 (seis) meses antes do início do curso; possuir experiência em manobras de combate aéreo;(...)” (BRASIL, 2018a, p. 15)

Essas capacitações são adquiridas em anos de adestramento e têm como base o emprego de outras aeronaves nas missões da Aviação de Caça. A Defesa Aérea,

em especial, possui características de missão que necessitam de treinamentos específicos e habilidades cognitivas diferenciadas, que demandam manutenção do adestramento de forma rotineira a fim de manter o adequado preparo.

A situação econômica do país, agravada drasticamente pela situação pandêmica do COVID-19, colocou severas restrições às Forças Armadas e levou a impactos ao orçamento do Comando da Aeronáutica (COMAER). Conseqüentemente, a redução de recursos para investimento interfere diretamente no contrato do F-39. Devido às cláusulas contratuais, os atrasos nos pagamentos reduzem a cadência de entrega de aeronaves e podem impactar, consideravelmente, na formação e manutenção do treinamento dos pilotos, especificamente os designados a realizar o curso na aeronave e realizar a implantação operacional da mesma.

Desde a modernização das aeronaves F-5 e da aquisição dos F-2000 (designação da FAB para a aeronave Mirage 2000C, de fabricação francesa), duas aeronaves com vocação para a Defesa Aérea, novos armamentos foram concebidos e, com isso, treinamentos específicos que mudaram o modo de combater na FAB. O conceito de combate além do alcance visual, do inglês *Beyond Visual Range* (BVR), foi incorporado às Unidades de Defesa Aérea, trazendo desafios no desenvolvimento da doutrina e das Táticas, Técnicas e Procedimentos (TTP) para um efetivo emprego do armamento. Diante de um cenário desafiador, onde outros países vendem o armamento, mas não vendem o modo de empregá-lo taticamente, as unidades foram forçadas a criar seus procedimentos através de aprendizados colhidos de diferentes fontes, mas não diretamente de uma outra Força Aérea. Consolidado esse treinamento, há a necessidade de se manter um regular adestramento, que se torna complexo pela quantidade de aeronaves empregadas e pela sua dinâmica, além de necessitar de um apoio importante e essencial do Controlador de Voo.

A FAB não possui um simulador para este tipo de treinamento sendo necessário o voo real, com vários meios envolvidos, onde o principal é o avião, para um efetivo preparo das equipagens. O Gripen será introduzido na FAB como substituto dos antigos caças, usando as operacionalidades dos mesmos, porém com mais tecnologia e capacidades, porém o treinamento é basicamente o mesmo.

Redução de aeronaves tem influência direta no adestramento e no preparo, uma vez que a variada gama de missões, fruto das capacidades do novo vetor, necessita de treinamentos específicos e é dependente de disponibilidade de aeronaves para se manter a operacionalidade mínima dos pilotos, além de impedir a

transmissão de conhecimento aos pilotos que não prosseguirão para a Suécia realizar seus cursos. O não treinamento na aeronave pode ser visto como uma consequência crítica, e deve ser evitado ou mitigado, a fim de evitar que os investimentos realizados no envio de pilotos ao exterior para a formação não sejam desperdiçados. Com a desativação do F-5 e a dependência da cadência de entrega dos F-39, atenção especial deve ser dada ao treinamento e à manutenção dos pilotos devidamente treinados. Esse assunto pode ser assim elucidado:

“Dessa forma, ocorre uma perda de competência quando novos armamentos ou tecnologias são implementados numa aeronave, até que suas equipagens passem a conhecê-los e dominá-los totalmente. Isso pode demorar meses ou anos, dependendo da complexidade dos sistemas instalados. A consequência é uma espécie de efeito colateral negativo que precede a melhoria da capacidade operacional dos pilotos no uso de aeronaves novas” (OLIVEIRA, 2018, p. 30)

Atualmente o emprego de treinadores e simuladores é fator crucial no adestramento de pilotos e serve como valiosa ferramenta. Segundo Caro (1973), o simulador é um recurso extremamente importante na maioria dos programas de treinamento de voo. Isso mostra uma oportunidade, já em uso, que, se bem empregada, dentro de um cenário de restrição orçamentária, tem potencial em minimizar os impactos que a falta de aeronaves pode acarretar. Diversos modos de treinamento em ambiente simulado têm sido estudados e propostos, que podem ser aplicáveis no cenário que se apresenta. Como conclui Matsuura (2015, p.24), “os simuladores de voo desempenham um papel fundamental no treinamento, aperfeiçoamento e manutenção das habilidades de pilotos e tripulações”, sendo uma oportunidade de economia de tempo e investimento.

Diante disso surgiu o problema deste trabalho. Devido à estimativa de redução de recursos financeiros, a cadência de entrega de aeronaves F-39 poderá ser reduzida drasticamente nos próximos anos. Dentro de todos os fatores, os pilotos possuem capacitações que podem ser comprometidas a curto prazo, com redução ou perda delas, o que trará consequências traumáticas com necessidade de gastos ainda maiores na recomposição do preparo anteriormente adquirido. Em uma visão prospectiva, considerando as dificuldades financeiras encontradas pelo país, fruto de um cenário turbulento e pouco promissor, a diminuição de recursos e a consequente diminuição de entrega de aeronaves poderá comprometer o preparo da Força Aérea Brasileira nas diversas capacidades do novo vetor. De que maneira, neste cenário desvantajoso, o uso de simuladores e treinadores de baixo custo pode compensar

efetivamente a lacuna de preparo provável na baixa disponibilidade de aeronaves? Esta pergunta visa a assessorar, para a tomada de decisão, propondo uma solução a uma situação possível, que impactará drasticamente um dos principais projetos estratégicos da FAB.

## 2 CONTEXTO

Dentro do atual contexto, há a necessidade de se identificar como é feito o treinamento nas Unidades de Defesa Aérea, de primeira linha, qual a situação financeira em relação ao andamento do programa de aquisição da aeronave Gripen e o uso dos simuladores para a aviação de caça no Brasil.

### 2.1 O TREINAMENTO ATUAL

As missões que são realizadas pelos pilotos, de forma a se manterem adestrados nos vetores afetos às suas Unidade Aéreas (UAE), são definidas pelo Projeto de Atividades Operacionais (PAOP). Esse documento estabelece o treinamento anual mínimo para cada piloto, por tipo de missão, de acordo com o número de horas alocadas à UAE. Leva-se em consideração as capacitações das equipagens, necessárias ao emprego da aeronave nas suas diversas possibilidades, operando no nível tático para consecução das ações atribuídas.

Para as UAE que operam F-5, cujo principal mote é a Defesa Aérea, o treinamento de emergências é realizado no simulador, de forma a manter o adestramento necessário para lidar com situações críticas que possam ocorrer em um voo real. Da mesma forma, são simuladas situações de voo por instrumento, que propiciam o adequado treinamento para recolhimento das aeronaves caso o aeródromo sede esteja operando em condições meteorológicas adversas. Este recurso é ainda mais utilizado pelos novos pilotos que estão se adaptando à aeronave. Os simuladores, segundo Ruiz, Aguado e Moreno (2014, apud COSTA, 2020), incluem a possibilidade de oferecerem um modo seguro e econômico de treinamento, contribuir para a tomada de decisões e explorar situações em que a experiência pode ser perigosa, problemática, cara ou até mesmo diretamente impossível.

No entanto, com o advento de mísseis ar-ar de médio alcance, inseridos no acervo da FAB, o combate BVR tornou-se uma realidade. A formação neste tipo de missão é complexa, sendo que esta complexidade aumenta proporcionalmente com

o número de aeronaves envolvidas. O cenário inicia-se com um combate 2x1, incrementando gradativamente, até o por 8xn, onde “n” está atrelado a qualquer valor que faça frente aos 8. Diante disso, devido à disponibilidade de aeronaves em cada UAE, este tipo de treinamento só pode ser feito em Exercícios Operacionais (EXOP) ou Exercícios Técnicos (EXETEC), ocasião em que se pode incrementar o número de aeronaves pela reunião de vários Esquadrões em uma mesma localidade. O incremento de novos armamentos e seu uso fazem parte de uma questão conhecida como “Problema da Tecnologia”, que pode ser aplicada à aeronave de combate. Diante desta problemática McGrath ressalta que “a comunidade de caçadores de hoje deve aproveitar a tecnologia emergente em treinamento de voo combinado para contrapor a complexidade do emprego na missão criada pela própria tecnologia.” (MCGRATH, 2005, p. 7, tradução nossa). Isso significa que o complexo cenário tecnológico gerado pelas novas capacidades deve se utilizar da simulação como ferramenta de treinamento aplicado aos fins do preparo.

O F-39 fará parte, inicialmente, do 1º Grupo de Defesa Aérea, sediado em Anápolis. Atualmente, a UAE opera com aeronaves F-5M, que serão substituídas pela aeronave Gripen. O programa de treinamento de Combate BVR na nova aeronave deverá seguir o padrão do F-5M, com pequenos ajustes, aproveitando-se as capacitações já adquiridas dos pilotos. O salto tecnológico necessita de atenção, porém deve ser aplicado o mesmo processo do PAOP de conhecimento atual, para dar continuidade à implantação e ao preparo dos pilotos. De acordo com Guedes (2021), o processo é semelhante ao atual e deverá seguir somente adaptando-se às maiores capacidades e sistemas da aeronave.

Por outro lado, a compensação dos problemas advindos da desativação do F-5M entra no mesmo cerne e pode ser inserido na questão levantada por este trabalho. Do que se depreende é a orientação pela Diretriz de desativação:

“Face às incertezas da implantação de uma aeronave que ainda se encontra em desenvolvimento (F-39), deverá ser feita uma reavaliação da implantação desse Projeto, analisando os resultados esperados com a real operacionalidade obtida com a introdução desse novo vetor.” (BRASIL, 2019a, p.10)

Em continuidade, complementa com a seguinte orientação de que, caso seja necessário, o processo de desativação do Projeto F-5 poderá ser dilatado. Isso está ligado ao Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER), que tem como atribuição:

“c) avaliar, até o ano de 2021, a necessidade de expandir o prazo de desativação do Projeto F-5 em função dos resultados da implantação do F-

39 na FAB; e  
d) determinar, em coordenação com o COMAE, COMPREP e com o COMGAP, a gradativa redução do esforço aéreo das aeronaves F-5.”  
(BRASIL, 2019a, p. 11)

Assim, como as problemáticas giram em torno de um mesmo tema, o treinamento atual mostra a necessidade de adaptação à crítica situação da falta de aeronave em um cenário que se mostra pouco promissor, considerando a necessidade de se manter o preparo mínimo dos pilotos das aeronaves de alta performance nas ações de Defesa Aérea. Em uma análise mais crítica, considerando os riscos, identifica-se que é possível ter pilotos com pouco treinamento na aeronave F-39, pela redução da cadência de entrega, agravado pela falta de aeronaves F-5, que impedirá o treinamento daqueles que estarão na transição entre uma e outra. Com isso, a solução do problema deve contemplar, também, essa possibilidade.

## 2.2 CONTEXTO FINANCEIRO

O programa FX-2 tem aporte financeiro com base em um financiamento externo, aprovado pelo Senado Federal, em um valor aproximado de US\$ 5,4 bilhões. O contrato firmado prevê uma cadência de entrega anual de aeronaves, que segue padrões internacionais e tem como premissa uma redução do ritmo caso o pagamento previsto não aconteça. Em consulta ao Relatório de Gestão do COMAER, do exercício de 2019, os valores gastos com juros e comissões giraram em torno de 5% do valor desembolsado, o que impacta diretamente na capacidade de pagamento (BRASIL, 2020b) e conseqüentemente a chegada dos aviões.

O contrato firmado em 2015 estava baseado em um horizonte econômico-financeiro diferente do que ocorreu nos anos de 2019 e 2020, que vem impondo restrições sérias ao orçamento federal e, conseqüentemente, ao Ministério da Defesa. Os recursos discricionários da FAB, voltados ao investimento estratégico acabam sendo impactados de forma significativa, o que prejudica o projeto de maneira direta. Diante do cenário, o contrato foi aplicado, modificando a cadência de entrega das aeronaves em um primeiro momento. A situação tramitou na imprensa, implicando em “incerteza quanto ao futuro do programa, que prevê a produção e compra de 36 aviões, por causa do contingenciamento do orçamento federal e do corte na previsão de recursos para o projeto” (PEREIRA, 2019).

A mídia especializada foi mais a fundo e divulgou dados fornecidos pela

Comissão de Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC) e EMAER:

“O primeiro programa apresentado, do caça F-39 Gripen E/F, descrito como peça fundamental para a Defesa Aérea do Espaço Aéreo brasileiro, encontra-se bastante pressionado pelos cortes orçamentários e, segundo Malta, pode ter seu cronograma industrial e de entrada em serviço afetado já a partir de 2020.

O programa de 36 aeronaves já foi readequado (atrasado) uma vez, com as entregas começando em 2021 e terminando em 2026.” (CAIAFA, 2019)

Tal fato foi explicitado pela tabela abaixo, tanto na reportagem, quanto pelo EMAER, por ocasião do Estágio de Política e Estratégia da Aeronáutica, em janeiro de 2021, que apresenta de forma pictorial a redução do ritmo de entrega das aeronaves:













| PROJETO F-X2<br>CRONOGRAMA FÍSICO ORIGINAL X VIGENTE |      |   |      |  |  |  |   |  |  |              |
|--|------|---|------|--|--|--|---|--|--|--------------|
|  | 2018 | 2019  | 2020 | 2021   | 2022   | 2023   | 2024  | 2025   | 2026   | TOTAL        |
| FÍSICO ORIGINAL                                      |      |    |      | <br>11 Aeronaves | <br>8 Aeronaves  | <br>7 Aeronaves  | <br>8 Aeronaves + 2 FTI |  |  | 36 AERONAVES |
| FÍSICO ATUAL   |      |  |      | <br>4 Aeronaves | <br>7 Aeronaves | <br>6 Aeronaves | <br>8 Aeronaves        | <br>7 Aeronaves + 2 FTI | <br>2 Aeronaves | 36 AERONAVES |
| ENTREGUES  |      |   |      |  |  |  |   |  |  | 0 AERONAVES  |

Figura 1 - Cronograma Físico F-X2.

Fonte: CAIAFA, 2021

A nova cadência se dá em função do atraso e/ou do não pagamento das obrigações contratuais, fruto da falta de recursos disponíveis. Foi realizada uma entrevista com o Presidente do Grupo Fox, responsável pelo desenvolvimento e implantação do F-39, no âmbito do Comando de Preparo (COMPREP), o efetivo operador da aeronave no COMAER. Segundo Guedes (2021), a alteração de cronograma é um fato, com o qual estão se baseando para o replanejamento. No entanto, ele salienta que já há o conhecimento de que o cronograma será novamente alterado, no sentido de reduzir, ainda mais, o fluxo de chegada das células, fruto dos problemas financeiros enfrentados.

Um contrato feito em moeda estrangeira está atrelado ao valor do dólar



americano que, conseqüentemente, interfere ainda mais no pagamento das parcelas contratuais. Segundo a Agência Senado (2020), “a previsão para a taxa de câmbio com o dólar subiu cerca de 20%, mantendo a moeda americana acima dos R\$ 5”, o que demonstra o prejuízo já vislumbrado para o Projeto de Leis Orçamentárias:

“O déficit das contas públicas deverá crescer quase R\$ 100 bilhões a mais do que a primeira previsão. Apesar disso, o governo não prevê impacto significativo no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Vale ressaltar que essa variação positiva é calculada sobre o PIB de 2020, que sofrerá uma retração severa.” (AGÊNCIA SENADO, 2020)

A situação pandêmica, em função do COVID-19 Novo Coronavírus, que teve influência direta no país em março de 2020, trouxe graves problemas na economia mundial, o que afetou o Brasil de forma significativa. Um cenário de restrições que se apresenta no futuro poderá ser ainda mais agravante na consecução do projeto, principalmente na cadência de entrega das aeronaves.

### 2.3 USO ATUAL DE SIMULADORES PELA FAB

O uso de simuladores na FAB, especificamente na Aviação de Caça, possui um histórico que permeia várias aeronaves e tipos. No entanto, nunca houve, no Brasil, para aviões de caça, realismo efetivo, que pudesse concretamente chamar de “simulador”, conforme padronizações no mundo. Isto se dá porque os níveis de simulação variam de acordo com o realismo de cabine, movimento em vários eixos, resposta aerodinâmica, etc. Para efeito deste estudo, o termo simulador abrange todos os dispositivos que simulam o voo, com a finalidade de adestramento, não se prendendo às padronizações da aviação civil. O Brasil jamais possuiu, para a Aviação de Caça, simuladores com movimento, reduzindo o realismo, mas atendendo aos objetivos de treinamento de procedimentos normais, emergências, voo por instrumento e uso de aviônicos.

A aeronave F-5M possui simuladores, que permitem os treinamentos de um piloto por vez, com possibilidade de emprego de vários armamentos e modalidades, mas não permitem treinamento de táticas em duplas ou mais aeronaves. Isso produz um déficit de preparo que só pode ser solucionado por meio do voo real. O maior ganho do voo simulado acontece no treinamento de emergências, voo por instrumento e treino do uso do radar com outros aviônicos.

Segundo a Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) que trata sobre a implantação do F-39:

2.4.1 Os simuladores de voo são ferramentas essenciais ao processo de familiarização com a aeronave, ao treinamento tático e de procedimentos normais, bem como ao treinamento de situações de emergência. (...)

2.4.2 A empresa deverá fornecer, sem restrições, os simuladores até JUL 2021(...). (BRASIL, 2019b)

Assim, haverá possibilidade de treinamento em simulador para o F-39, nos mesmos moldes do F-5. Conforme Guedes (2021), o simulador é bem fiel à aeronave, ainda que não tenha movimento, e capacidade de entrar em rede com outro simulador. No entanto, não abre possibilidades de entrada de novos entes controlados em cenário BVR.

O uso desses simuladores é baseado em teorias de aprendizado cognitivo e de consenso mundial. Uma interessante abordagem foi apresentada por Accioly (2006), comparando o uso de simuladores como jogos:

“A interatividade da simulação tem a forma de um jogo, uma vez que pressupõe regras, ou seja, um código; que constitui espaço e tempo como variáveis e que mescla determinação com uma certa abertura para o acaso. Essa dinâmica dá à simulação o poder de embaralhar fronteiras que balizam a nossa percepção ordinária do real, instaurando a indecidibilidade entre o verdadeiro e o falso.” (ACCIOLY, 2006)

O que é colocado é que, sendo o simulador um sistema, aplica informações ao usuário que remetem a uma aproximação do real, provocando reforço em cima de comportamentos desejados. As regras podem ser entendidas como os parâmetros do sistema que interferem na proximidade do real, causando no piloto comportamentos semelhantes ao que teria em voo, interferido aleatoriamente pelos seus erros, pelas condições atmosféricas, por emergências e outros dados de entrada, resultando em dados de saída limítrofes à interpretação da realidade. Esse tipo de comportamento leva a condicionamentos que serão aplicados em voo.

Isso é ainda mais aplicável quando se coloca atores no mesmo processo sistêmico, e que colocam dados de entrada com as mesmas características de dados de saída do outro participante, no que diz respeito à interpretação do meio.

Diante de tal prática evidenciada, em várias Forças Aéreas foram criados centros de simulação. Pode-se destacar, neste trabalho, a participação da FAB em dois, que, conforme relatórios de missão, agregaram grande conhecimento aos pilotos e ao desenvolvimento de doutrina no Combate BVR: o Centro de Simulação da Força Aérea Sueca (FLSC), situado em Estocolmo - Suécia e o Centro de Simulação Tática (TSC), localizado na cidade de Pardubice – República Tcheca.

O FLSC recebeu a primeira experiência de pilotos brasileiros em 2013. Trata-

se de um complexo de simulação, possui oito consoles (*cockpits*), sendo quatro deles no formato dome e quatro com telas de projeção planas, similares aos simuladores das aeronaves F-5M e A-29. Com isso, é possível que oito pilotos treinem entre si, simultaneamente, em rede, além de quatro controladores de voo também poderem interagir no combate simulado. O sistema é baseado na aeronave Gripen C/D, como modelo básico e disposição da cabine, mas as performances podem se adequar a outros tipos de aeronaves de caça, adaptando-se o desempenho de voo e armamento. Além disso, entidades virtuais podem ser geradas para aumentar o realismo e interação, aumentando a capacidade de treinamento. Segundo o FOI (2020), “os principais clientes são as Forças Armadas Suecas, mas a instalação também possui clientes de outros países” (tradução nossa).

O TSC possui capacidades semelhantes ao centro sueco, possibilitando agregar aeronaves inimigas com as performances de vários outros vetores, com destaque para Su-27 e Mig-29. Os armamentos possuem performance que são interessantes no aprendizado, pois agregam inventário tanto russo quanto americano. Diferentemente do simulador sueco, que está vinculado ao Ministério da Defesa, o TSC pertence a uma empresa privada. Segundo o site do Lom Praha:

Em comparação com o treinamento real na aeronave, treinamento baseado em simulação permite o treinamento de manobras ou situações que podem ser impraticáveis, ou até mesmo perigosas de desempenhar na aeronave, enquanto mantém o piloto em um ambiente de relativo baixo risco no solo. Simulação de voo também provê uma econômica vantagem sobre treinamento na aeronave real. Quando combustível, armamento, manutenção, horas de voo, tiro em estandes, e custos de seguro são substancialmente mais baixos de uma aeronave simulada. Para o treinamento específico como BVR (...), os custos operacionais são drasticamente mais baixos para o simulador do que para a aeronave e seus armamentos. (LOM PRAHA, 2020, tradução nossa)

O Brasil teve oportunidades de participar de vários treinamentos nos dois simuladores, que acrescentaram grande parte de conhecimento e treinamento aos pilotos e controladores. Mas é importante ressaltar que a FAB participou em várias oportunidades do chamado *GTLT-Gripen Tactical Leadership Training*, um treinamento operacional simulado onde participam pilotos dos países que integram o GuG – *Gripen users Group*. Atualmente fazem parte do GuG os seguintes países: Suécia, Hungria, República Tcheca e Tailândia. Deve-se entender que tais iniciativas agregam valor ao treinamento, além da oportunidade de troca de experiências.

As participações registradas nestes simuladores datam dos anos de 2013, 2015, 2016, 2017 e 2018. Ressalta-se que o treinamento era específico para pilotos

de outra aeronave, o F-5M, que utilizavam um simulador dissimilar para treinamento de táticas, desenvolvimento do raciocínio e geração de reflexo cognitivo no ambiente simulado.

Os custos de uso dos Centros não estão disponíveis. Mas os custos de se realizar o treinamento, por militar, pode ser estimado, considerando que cada evento ocorreu durante uma média de seis dias. Os valores de diárias, para a Suécia, são de US\$ 370,00 e para a República Tcheca tem o valor de US\$ 310,00. O valor mínimo de diárias por piloto seria em torno de US\$ 1750,00. Deve-se acrescentar ainda o valor aproximado de passagens aéreas, que atualmente estão custando por volta de US\$ 2.000,00. Assim, não considerando o custo do uso do simulador, cada período de treinamento custaria em torno de US\$ 3.750,00, por piloto. Esses tipos de treinamento são uma opção, e devem ser considerados neste estudo.

## 2.4 VALIDAÇÃO DO USO DE SIMULADORES E TREINADORES

O uso da simulação de forma a permitir a compensação da impossibilidade de treinamento na aeronave, em voo real, necessita de ser validado, não obstante o senso comum. Empregá-lo no cenário e nas condições em que o problema se apresenta tem uma carência de pesquisa científica que certifique, qualquer que seja a opção empregada, o uso de forma a cobrir as lacunas apresentadas neste trabalho.

A utilização de simuladores encontra base teórica diversa, sendo consagrada sua aplicação. O funcionamento do simulador, como ferramenta de aprendizagem, reforço cognitivo e de resposta psicomotora pode ser resumido da seguinte forma:

Todo processo cognitivo comporta a dualidade analógico-digital. O modo analógico refere-se mais diretamente à ação, ao corpo, ao aparelho sensorio-motor e às funções de integração. Matizes são percebidos analogicamente. O modo digital, por outro lado, é enfatizado na memória, no reconhecimento de padrões, nos automatismos, reações reflexas e funções de fragmentação. Contrastes extremos são percebidos digitalmente. A dúvida é analógica, a certeza é digital. Incessantemente essas funções se entrelaçam e hibridam – a repetição de padrões abrindo caminho para a variação e a criação, a criação sedimentando-se por sua vez em novos padrões numa sucessão infinita. (ACCIOLY, 2006)

O comportamento no aprendizado, com base no simulador, fundamenta-se em geração de dados de forma dual pelos processos de entrada e saída. Ao se estimular uma entrada, pela informação simulada do real, o corpo, de forma analógica, responde como uma resposta de saída. O cérebro absorve de forma digital, pela identificação de reconhecimento do simulacro. O processo é híbrido, por incorporar informações

digitais e analógicas, que levam ao processo progressivo do aprendizado e do reforço de comportamentos desejados.

A tecnologia, hoje, traz possibilidades que permitem uma imersão em ambiente virtual que pode ser utilizada com grande ênfase no treinamento de pilotos, e uma ferramenta é a Realidade Virtual (RV). No dia 17 de agosto de 2020, a Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) inaugurou o *Virtual Test and Training Center* (VTTC), ou Centro de Testes e Treinamento Virtual, um prédio de 38 milhões de dólares onde pilotos podem treinar em um ambiente virtual. Segundo Insinna (2020), “enquanto exercícios reais continuarão sendo um importante componente no treinamento dos pilotos, o VTTC irá dar à Força Aérea um modo de simular um vasto espaço de batalha, com ameaças de primeira linha”. Isso mostra que o futuro do treinamento está ligado a meios virtuais, sem descartar o treinamento real.

O treinamento em RV desperta um maior número de sentidos do usuário. A experiência permite uma imersão em um ambiente que leva o mesmo a uma maior capacidade a aprendizagem. Para Burdea e Coiffet (1994, apud LUZ, 1997), além de proporcionar imersão e interação, uma aplicação em realidade virtual só estará completa, quando também estimular a imaginação. Isso demonstra que o estímulo ultrapassa os limites e se encaixa na resposta de saída analógica, no nível criatividade. Uma ferramenta que extrapola o uso comum dos simuladores.

Segundo Luz (1997, p. 13), “a realidade virtual vem sendo uma nova maneira de realizar a interface entre o homem e o computador, que até há pouco tempo era inviabilizada pelo alto custo do hardware necessário para a utilização de interface gráfica”. O desafio do passado é atualmente suplantado pelo avanço tecnológico e empregado em diversos setores da sociedade, desde videogames até na simulação de cirurgias. O custo já é uma barreira suplantada, com propostas nacionais, como o total domínio de plataformas de baixo custo, “a realidade virtual vem se aproximando cada vez mais do usuário comum, que exige gradativamente interface mais simplificada e natural possível” (LUZ, 1997, p. 4).

O estudo de McGrath (2005) estabelece que, devido a diversos fatores, a busca por simuladores deve-se por restrições do cenário vivido. Pelos altos custos da hora de voo, buscam-se condições de preparo do piloto de forma otimizada, mas que nem sempre é alcançada. A condição de estar “pronto para a guerra” demanda treinamentos que nem sempre estão dentro do orçamento da Força. Ou, como fator deste trabalho, pela falta de aeronaves.



Figura 2 - Condição de Treinamento.

Fonte: Mc Grath (2005, apud OLIVEIRA, 2008, p. 29).

O treinador ou o simulador, dentro de todos os aspectos e na busca de solucionar a problemática envolvida, deve permitir um adestramento de vários pilotos simultaneamente, que permita praticar conhecimentos consolidados ou desenvolver novas táticas. O custo é fator relevante. Em um estudo realizado (ANDREWS; MOOR, 1993) para identificar os benefícios do simulador, observou-se que o número de horas voadas na aeronave é definido pelo processo orçamentário, o qual estabelece o número de horas de voo disponíveis no exercício financeiro. Então, dentro daquele orçamento, o número de horas de voo pode ser substituído por horas de simulador, mas não pode ser aumentado. A troca de horas de voo por horas de simulador demandaria um grande incremento no número de horas de treinamento, para manter o adestramento equivalente exigido por piloto e não iria render nenhum piloto melhor treinado além do que já existiria. Abaixo pode-se observar a curva de isoutilidade que demonstra a relação de horas de voo e treinamento em simulador.

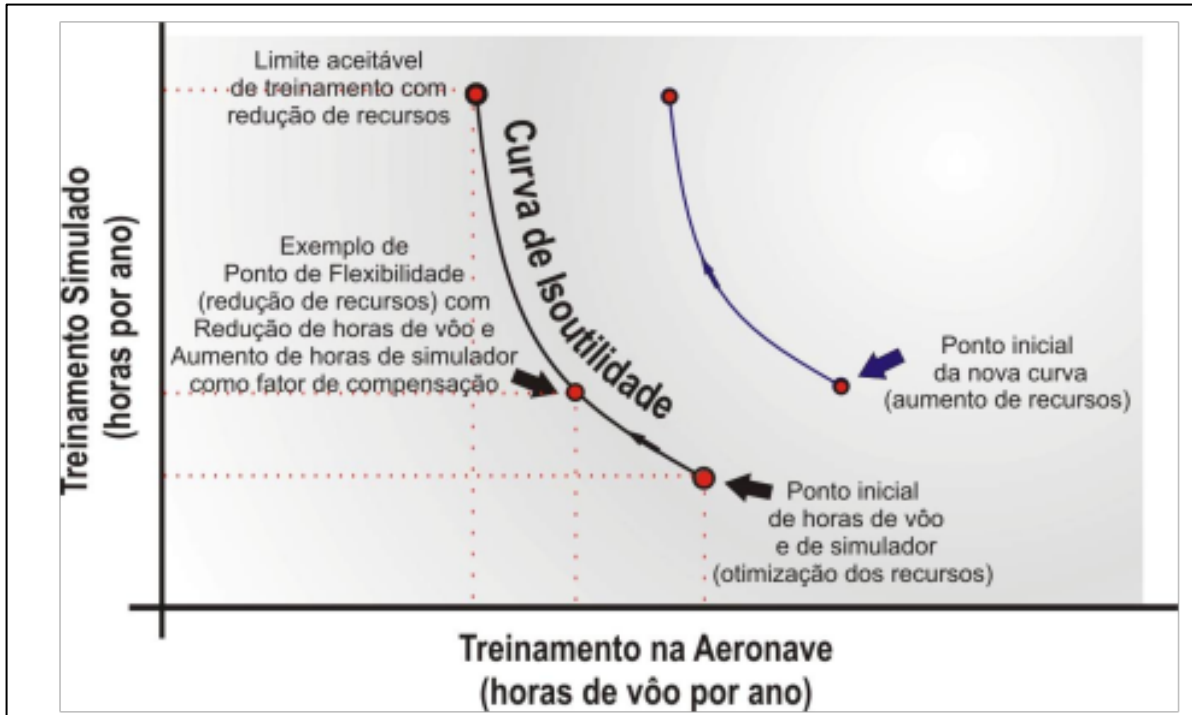


Figura 3 - Curva de Isutilidade.

Fonte: Andrews e Moor (1993, apud OLIVEIRA, 2008, p. 33).

Desta forma, deve-se entender que, por mais que se aumente o número de horas, os simuladores serão uma compensação não proporcional, mas uma solução que busca minimizar o impacto no treinamento. Segundo, ainda, Andrews e Moor:

“Além disso, se os "novos" simuladores permitissem que o piloto fosse mais treinado em habilidades que atualmente não estão no programa ou que podem ser treinadas apenas raramente (por exemplo, habilidades de combate aéreo atualmente praticadas nos principais exercícios disponíveis para o piloto uma vez a cada um ou dois anos), então, ainda mais mudanças na curva de utilidade poderiam ser discutidas. O modelo de benefício-custo, baseado no preço referência da hora da operação da aeronave, fornece uma maneira de escolher entre os simuladores propostos concorrentes para a provisão dessas habilidades aprimoradas.” (ANDREWS; MOORE, 1993, p. 9, tradução nossa)

O que se pode entender, então, é que se deve buscar soluções de simulação que reflitam em aprendizado com um custo-benefício que se enquadre ao orçamento e permita novas capacidades, dentro de uma curva de isutilidade. Em função do grau de sigilo dos custos, estes não serão discutidos ou apresentados neste trabalho.

Assim, considerando que os treinamentos devem recorrer a emprego de simuladores ou treinadores que permitam adequar o adestramento necessário a se manter o preparo em combate BVR. Um conceito estabelecido na USAF é o *Distributed Mission Operations* (DMO), traduzido aqui como Operações de Missão Distribuídas. Segundo artigo da Air Force Magazine, é um conceito que traz o

combatente a treinar em um ambiente virtual, mesmo que do outro lado do mundo, que extrapola a cabine de simuladores em rede:

Operações de Missão Distribuída (DMO), como este tipo de treinamento em rede é conhecido, agrega participantes de todos os serviços dos EUA e, de forma adicional, aliados e permite a eles “jogar” e ensaiar campanhas altamente complexas, usando um misto de participantes locais, distantes e virtuais. (TIRPAK, 2005, tradução nossa)

Este tipo de treinamento demonstra uma capacidade que pode facilitar treinamentos e crescimentos ainda maiores para a FAB. Dentro deste conceito, vislumbra-se uma oportunidade de emprego que pode ser adaptada ao problema. O conceito já foi introduzido na USAF e observou-se que a modernização dos F-16 trazia uma lacuna de aprendizado atrelada à maior tecnologia das aeronaves modernizadas e o armamento embutido. Havia uma clara necessidade de adaptar os cenários ao crescimento tecnológico. A conclusão obtida foi: “DMO realmente pode fornecer a alavanca necessária para a USAF preencher a lacuna de treinamento criada a partir de uma década de avanço tecnológico, mas dificultado por reduções maciças nas surtidas” (MCGRATH, 2005). O ganho tecnológico com a modernização dos F-5 e com a aquisição do F-39 deve utilizar, assim, conceitos similares ao DMO, principalmente pela redução de aeronaves devido à crise financeira.

Um outro conceito a ser desenvolvido é o Treinamento Baseado em Competências. Utilizado pela USAF, o conceito pode ser definido como “a habilidade de comparar performance individual da tripulação a um nível de proficiência definido, manter níveis aceitáveis de performance e áreas que requerem melhoria.” (COLEGROVE, 2004, apud , BENNET JR.; COLEGROVE 2006, p. 2, tradução nossa). De forma resumida, o conceito baseia-se na premissa de que, mais do que o tipo de missão, o desejável é a performance na missão.

Com o incremento tecnológico, o desempenho pode ser medido com maior precisão, identificando os erros no treinamento de emprego e de táticas, aprimorando a aprendizagem. Para isso, definem-se padrões, que se podem chamar de Competências Essenciais da Missão, para responder “o que” se quer medir. Em seguida deve-se identificar como se medir o que se quer medir. Tais métodos devem ser desenvolvidos pela Força Aérea de forma a perseguir o desempenho que se deseja.

Pode-se observar a curva básica de aprendizado genérico adaptado ao ambiente de combate:





Figura 4 - Curva de aprendizagem aplicada ao treinamento.

Fonte: Bennett Jr. e Colegrove, (2006, apud OLIVEIRA, 2008, p.37)

A análise da curva nos mostra que o gasto para a especialização intensiva é alto, a partir do nível de manutenção ou recuperação do treinamento, até o ponto de maximização. Acima disto, a proficiência é insustentável e necessita de investimento de recursos que podem não compensar. A competência perdida deve compensar o gasto em recuperação. É justamente neste ponto que se encontra o foco do problema deste trabalho, uma vez que a falta de recursos é o que gera a falta de treinamento, por não permitir ter as aeronaves necessárias.

O próprio estudo do Treinamento Baseado em Competências busca manter a capacidade adquirida. A alternativa está justamente baseada no estudo de Bennett Jr. e Colegrove (2006), que define que uma forma muito promissora para mitigar os problemas advindos da falta de treinamento real é a utilização de cenários virtuais, que reduzem custos e podem manter a capacitação, que é cara. A aplicação do conceito oferece a habilidade de otimizar a alocação de recursos em treinamento, enquanto mantem a prontidão e a capacidade operacional (BENNETT JR.; COLEGROVE, 2006).

### 3 ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES

### 3.1 TREINAMENTO NO EXTERIOR

Diante do cenário apresentado, cabe analisar a pertinência e validade do treinamento no exterior como solução para o problema em questão. Para a manutenção do conhecimento adquirido, uma das possibilidades que se poderia vislumbrar seria o uso do próprio voo dos pilotos no exterior, para manutenção do conhecimento. A solução que é, aparentemente, simples possui problemas de várias ordens.

Na primeira abordagem, podemos listar que o cerne do problema reside no lapso temporal entre o treinamento básico a ser realizado pelos pilotos no exterior e o tempo a receber aeronaves em quantidade suficiente para se manter o treinamento de combate BVR com múltiplas aeronaves. Segundo Guedes (2021), a previsão de chegada da primeira turma deverá ocorrer em junho de 2021. Sem aeronaves em quantidade para se manter o treinamento BVR, o problema continuaria no mesmo patamar que se encontrava. Além disso, o treinamento que foi planejado hoje buscou o máximo de treinamento de pilotos, com o valor de contrato, não havendo folga para mais horas no pacote adquirido.

Outra possibilidade poderia ser a realização do treinamento com múltiplas aeronaves na própria Suécia. Os fatores que implicam nessa solução é o custo da hora de voo. Além disso, por se ter poucos pilotos por turma, tal abordagem possui uma relação “custo x benefício” que agrava o problema básico, que é a falta de recursos. Uma solução desse padrão necessitaria de um vultoso aditivo ao contrato, ou um novo, além de que seria dispendido recurso para pilotagem de pilotos suecos, para fazerem a figuração inimiga, tornado ainda mais desvantajoso. Some-se a estes fatores, o custo da manutenção de um piloto no exterior, como já visto, tem um valor considerável que não deve ser deixado de lado.

Assim, realizar voos na Suécia com aeronaves suecas (Gripen C/D) mostra-se não aplicável face ao problema de necessidade de economia de recursos.

Outra possibilidade é o envio dos pilotos já formados para realização de treinamento tanto no FLSC, na Suécia, ou no TSC, na República Tcheca. O custo do uso do simulador nesses centros de simulação mostra-se bem mais econômico para o problema apresentado, em comparação ao voo real.

Não há dúvidas de que esse cenário poderia utilizar pilotos brasileiros de F-5M, de outras UAE, que poderiam aproveitar o treinamento da mesma forma, como já

realizado na década passada. O ganho também pode ser replicado a controladores de voo, envolvidos na missão e com comprovados aprendizados.

No entanto, o custo esbarra em diárias, passagens aéreas, quantidade de pessoal envolvido e no custo do próprio uso do centro de simulação. Caso seja verificado que o custo tem compensações, conforme disponibilidade de crédito, a possibilidade não deve ser descartada. Entretanto, a solução é pontual no tempo, sem perenidade para caso o problema dure por mais tempo.

Este enfoque, realizando mais treinamentos no exterior, entra em conflito direto com o problema de custo, fonte primária da impossibilidade de entrega de aeronaves.

### 3.2 TREINAMENTO NO PAÍS

Como uma outra oportunidade, dentro das soluções buscadas, podemos elencar algumas possibilidades domésticas, como oportunidades de mitigar a falta de aeronaves Gripen entregues e a desativação do F-5M.

O número de aeronaves que podem existir no país no futuro próximo é previsível, mas não se pode afirmar precisamente. Um cenário pouco promissor reduz a cadência de entrega de aeronaves Gripen, que podem ficar nos próximos dois anos em torno de três a quatro células. Esse mesmo cenário impacta a disponibilidade de aeronaves F-5, que tem influência direta do fator financeiro, uma aeronave já com 45 anos em operação na FAB, o que acarreta dificuldades logísticas cada vez mais desafiadoras. “A razão de falha (a probabilidade de falha em um ponto no tempo) para um sistema em degeneração aumenta com o uso e a idade.” (tradução nossa) (MACLEAN e colab., 2005). Essa situação geral, pode impactar na solução de realização de EXETEC e EXOP, como uma alternativa para o preparo de missões BVR, como têm sido nos últimos anos. Há que se considerar, no entanto, que a janela dos Exercícios deverá ser adequada a um fator não previsível, que é a entrega dos F-39.

Além disso, um problema que não está elencado, de difícil previsão, é o índice de falhas em novos sistemas, considerando que o avião é um projeto novo, sujeito a panes de desenvolvimento. Segundo Barbosa (2012, p.86), “a maior parte das falhas que ocorre durante a produção está relacionada à falha do projeto, sistema e métodos de montagem e não ao operador”, o que quer dizer que uma aeronave em desenvolvimento está passiva de falhas recentes, até que resolvam os problemas que

não eram possíveis de identificar anteriormente. Assim, a solução está ligada diretamente ao problema raiz uma vez que se continuará dependendo da cadência de entrega de aeronaves Gripen e F-5M disponíveis.

Uma solução que poderia ser implementada seria o uso dos próprios simuladores de voo do F-39, os quais estavam previstos chegar em junho de 2021. No entanto, já existe uma previsão de atraso, conforme informação de Guedes (2021). O simulador também possui limitações para emprego em rede, uma vez que devem funcionar neste modal, mas apenas dois pilotos voariam, sem interação humana adicional contra outras aeronaves. O treinamento maior estaria, apenas, em procedimentos normais, uso dos aviônicos, emergências e voos por instrumento.

Como paliativo à limitação de aeronaves, surge uma possibilidade de integrar, em rede, os simuladores de F-5, situados em Canoas e Santa Cruz, com o simulador do F-39 em Anápolis. Tal possibilidade esbarra em obstáculos críticos. O primeiro deles é a integração entre os mesmos. As máquinas de virtualização não possuem o mesmo sistema operacional, que se vislumbra ser um enorme desafio aos técnicos de TI (Tecnologia da Informação). Desvendar os caminhos necessários no código fonte e integrá-los demanda tempo e custos não mensuráveis. Outro obstáculo é a capacidade de estabelecer a conectividade necessária entre os sistemas, os quais seriam necessários serem dedicados e sem interferência da rede. Além disso, acrescenta-se a incerteza da instalação do simulador em Anápolis e os critérios contratuais que, em função da garantia, podem impedir interferências no software de simulação. Assim, tem-se uma saída, ainda que aparentemente de baixo custo, limitada pelo número de consoles e por ser viável apenas a médio prazo.

No processo de pesquisa, buscou-se uma solução que atendesse a dois requisitos básicos: baixo custo e tempo de resposta para implantação. O Departamento de Defesa Americano (DOD) divulgou o programa de instrução em simulador que chamou de Ultrabaixo Custo:

“Um programa de simulação que pode ser instalado em computadores comuns e laptops - espectro de dispositivos de treinamento imersivos conectados a um *backbone* digital – está atualmente sendo usado para dar suporte ao treinamento do piloto.” (VERGUN, 2020, tradução nossa)



Figura 5 – Simulador de Ultraabaixo Custo com RV.

Fonte: VERGUN, 2020.

O sistema, apesar de não substituir o uso dos simuladores ou treinamento real, tem como premissa permitir ampliar o treinamento existente e acelerar o ritmo de treinamento. Considerando os requisitos, estes podem ser cumpridos com relativa tranquilidade. Mas a validade deve ter um embasamento científico que sustente sua aplicação de forma a sustentar a sua validade:

“plataformas de simulação (...) possuem potencial para serem exploradas como plataforma de estudo prático com uma boa fidelidade de reprodução do mundo real em seus principais aspectos a um custo baixo se comparado aos verdadeiros recursos necessários para reproduzir tais condições.” (COSTA, 2020, p.24)

A solução, durante o processo de pesquisa, pode ser encontrada em um documento realizado pelo 1º/14º Grupo de Aviação. Uma proposta, não oficial, encaminhada ao COMPREP, consiste em uma assessoria a utilizar a plataforma Falcon BMS que permite simular, em rede, combates BVR em cenários complexos, realizando a manutenção do preparo.

Assim, como solução a ser desenvolvida, e considerando a disponibilidade comercial na internet, em sítios como <https://store.steampowered.com/>,

<https://www.amazon.com/>, <https://retroism.com/falcon-4-0/> e <http://www.game-over.net/review/december/falcon4/index.html>, ela é efetivamente aplicável e de custo que se adequa aos estudos realizados. Acoplando os softwares que são disponíveis e com a aquisição de computadores e periféricos relativamente de baixo valor, o ganho a ser adquirido é plenamente adequado ao objetivo. Atende de forma plena os requisitos e pode montar centros de simulação remotos sem limites de aeronaves e participantes, incluindo controladores. A possibilidade de utilizar diversos tipos de aeronaves e debrifim vão ao encontro de todo o estudo aqui realizado, a um custo aproximado de R\$ 100.000,00 (cem mil reais), sem necessidade de desenvolvimento de software e aplicação imediata após aquisição, podendo inserir, inclusive, realidade virtual.

#### **4 OPÇÕES E RECOMENDAÇÕES**

Dentro do que foi pesquisado, podemos elencar as linhas de ação que podem permitir mitigar os problemas advindos da baixa cadência de entrega de aeronaves. As opções dependem de estudo mais detalhado, em função de pesquisa de mercado, mas encontram, aqui, fundamento teórico que permite aplicá-las de forma confiável.

Como primeira linha de ação, deve-se buscar implementar pequenos “centros de simulação”, com base no software padrão Falcon BMS. Considerando que o mesmo ficaria disponível em curto espaço de tempo, dependendo apenas da compra do material no mercado comum, possui potencial de ser empregado com várias vantagens: duração no tempo, permitindo treinar enquanto durar o problema chave; permite uso de várias UAE, sem prejuízo de gastos com deslocamento e disponibilidade de aeronaves; permite aplicação de DMO e Treinamento Baseado em Competências, dando um salto no treinamento atual em vários níveis; permite treinamento de controladores de voo; e custo aproximado mais baixo e de rápida aplicação. Sua aplicação atende ao que os teóricos explanam, sem prejuízos maiores, a não ser o menor realismo, que pode ser reforçado nos simuladores locais. Com baixo investimento, pode-se, inclusive, implantar a realidade virtual nos consoles.

Uma segunda opção é o treinamento em Centros de Simulação no exterior. Tem como vantagens: o treinamento de vários pilotos de diversas UAE e controladores de voo; custo relativo mais baixo que o voo real, ainda que dependa de

disponibilidade da Força Aérea Sueca e da FAB, para F-5; e tem eficácia comprovada e alto nível de realismo para os pilotos do F-39. No entanto, seu custo tem previsão de ser mais alto, considerando o custo do uso do Centro de Simulação. Depende de disponibilidade do centro em questão e o treinamento é limitado no tempo, impedindo um treinamento continuado, pelo custo.

Diante disso, a política sugerida vai ao encontro do estudo de treinamento em simulação elucidado no presente estudo. A aplicação cognitiva de treinadores e simuladores é amplamente válida, devendo nortear a solução do problema-chave. A tomada de decisão necessita de rapidez para que as providências necessárias sejam tomadas em tempo hábil e que a capacitação adquirida a tanto custo não seja perdida, permitindo que, com a chegada de um vetor altamente estratégico e dissuasório, possa ser rapidamente empregada, caso necessário.

## **5 CONCLUSÃO**

Com a crise enfrentada pelo país, diante de uma situação pandêmica que impacta o orçamento da União, o projeto estratégico da FAB, conhecido como FX-2, sofre grande possibilidade de ser impactado. A falta de recursos poderá reduzir substancialmente a cadência de entrega de aeronaves o que acarretará um treinamento dos pilotos de Defesa Aérea, nas missões de combate BVR, defasado ou perdido, impactando diretamente o preparo e capacidades da FAB na sua missão constitucional.

Observou-se, assim, que o emprego de treinadores e simuladores, largamente aplicados no mundo, tem validade comprovada que permite a manutenção do treinamento nos níveis desejados, de forma a mitigar a redução da Capacidade de Treinamento em aeronaves reais. Os conceitos empregados atualmente, como DMO e Treinamento Baseado em Competências podem ser empregados de forma a serem utilizados na aplicação de simulação, trazendo o preparo para os níveis próximos ao desejado, com custo reduzido. O uso de simuladores de custo ultrabaixo é uma solução já aplicada na USAF, vendo-se como uma solução plenamente aplicável ao cenário que se apresenta.

As opções têm como maior critério crítico a disponibilidade orçamentária. Desta forma, pode-se buscar opções que permeiam o uso de EXETEC e EXOP, mas que não possuem, hoje, garantias de exequibilidade pela imprevisibilidade de aeronaves

disponíveis, além de alto custo. O envio de pilotos a manter treinamentos na Suécia mostra-se dispendioso e não compensatório, pelas limitações de recursos em uma solução que não se sustenta no tempo.

Assim, o desenvolvimento de simuladores de baixo custo, com base em *software* e *hardware* encontrados no mercado comum, empregando os conceitos elencados, mostra-se como uma solução viável e de rápida implantação, que pode compensar a lacuna de treinamento em combate BVR aos pilotos de Defesa Aérea nos próximos anos, no cenário futuro que se apresenta. A solução se sustenta de forma híbrida com os centros de simulação, com os simuladores de custo ultrabaixo, com as teorias de simulação ao redor do mundo, ainda conjugando a aplicação dos conceitos de DMO e Treinamento Baseados em Competência.

Assim, poder-se-á cumprir a missão da Força Aérea, mesmo que o cenário econômico impacte nos próximos anos em um projeto estratégico e a cadência de aeronaves diminua, pois as habilidades, os conhecimentos e as atitudes dos pilotos serão mantidos, e os valiosos vetores poderão ser bem empregados na defesa do país.



## REFERÊNCIAS

ACCYOLY, M. I., A Simulação na Era da Convergência Digital. **Razón i Palabra**. Atizapán de Zaragoza, n. 53, out. a nov. 2006. Disponível em : <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n53/maccioly.html>. Acesso em 04 fev. 2021.

AGÊNCIA SENADO, Redação. **Governo entrega proposta orçamentária impactada pela pandemia e sem Renda Brasil**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/08/31/governo-entrega-proposta-orcamentaria-impactada-pela-pandemia-e-sem-renda-brasil>. Acesso em: 17 mar. 2021.

ANDREWS, D. e MOOR, W. **Benefits Estimation for Simulation Systems Used for Aircrew Training in a Multiship**, Tempe, 1993. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/235186089>>. Acesso em: 02 Fev. 2021.

BARBOSA, G. F **Desenvolvimento de um modelo de análise para implantação de automação na manufatura aeronáutica, orientado pelos requisitos das metodologias de Projeto para Excelência**. Tese (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) Universidade de São Paulo. São Carlos. 2012 Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-17052013-142409/publico/GustavoFrancoBarbosa.pdf> Acesso em: 29 mar. 2021.

BENNETT JR. W. e COLEGROVE, C. M. **Competency-based training: Adapting to warfighter needs**. Air Combat Command Flight Operations Division (Alion Science and Technology) Langley Air Force Base. Dez. 2006. Disponível em: [https://pdfs.semanticscholar.org/f151/3d1e4d0019270e92d3cefd1e4bfba28fad5c.pdf?\\_ga=2.139618612.628953360.1612304462-995938480.1612304462](https://pdfs.semanticscholar.org/f151/3d1e4d0019270e92d3cefd1e4bfba28fad5c.pdf?_ga=2.139618612.628953360.1612304462-995938480.1612304462) Acesso em: 0.3 fev. 2021

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa – Versão Preliminar**. Brasília, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-e-defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf) . Acesso em 12 mar. 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Ensino. **Plano de Capacitação de Recursos Humanos para implantação da aeronave F-39 na Força Aérea Brasileira – PCA 37-14**. Brasília, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **Desativação das Aeronaves F- 5E/EM/FM da Força Aérea Brasileira – DCA 400-88**. Brasília, 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **Implantação da Aeronave F-39 na Força Aérea Brasileira – DCA 400-82**. Brasília, 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018-2027 (PEMAER) – PCA 11-47**. Brasília, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Relatório de Gestão do Exercício de 2019**, Brasília, 2020. Disponível em:  
<https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/sic/RelatoriodoGestaoCOMAER-2019.pdf>.  
 Acesso em: 17 mar. 2021.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**. John Wiley & Sons, New York City, June, 1994.

CAIAFA, R. Sinal de alerta na Força Aérea Brasileira: Gripen e KC-390 ameaçados? **Tecnologia e Defesa**. São Paulo, 18 set. 2019. Disponível em:  
<https://tecnodefesa.com.br/sinal-de-alerta-na-forca-aerea-brasileira-gripen-e-kc-390-ameacados-credn/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

CARO, P.W. **Aircraft Simulators and Pilot Training**. *Human Factors*. Human Resources Research Organization, Fort Rucker, Alabama, 1973.

COSTA, A. S. **Abordagem sobre o emprego de simuladores de voo em computadores pessoais como auxílio na formação aeronáutica**. Monografia (Curso de Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça. Jun. 2020. Disponível em:  
<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/10460/TCC-FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 23 fev. 2021

GUEDES, F. B. Entrevista Presidente Grupo Fox. [Entrevista cedida a] Newton de Abreu Fonseca Filho. **Cisco Webex**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:  
 <[https://drive.google.com/drive/folders/1DYvEAIX\\_FF-IGqBnkFLd3F3Kp\\_dnVKaC?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1DYvEAIX_FF-IGqBnkFLd3F3Kp_dnVKaC?usp=sharing)>

INSINNA, V. For US Air Force pilots, the toughest training flights are going virtual. **Defense News**. 25 ago. 2020. Disponível em:  
<https://www.defensenews.com/air/2020/08/25/for-air-force-pilots-the-toughest-training-flights-are-going-virtual/>. Acesso em: 04 fev. 2021.

LUZ, R. P. **Proposta de Especificação de uma Plataforma de Desenvolvimento de Ambientes Virtuais de Baixo Custo**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Nov.1997.

MACLEAN, L. e colab. **The dynamics of aircraft degradation and mechanical failure**. *Journal of Transportation and Statistics*. Dez. 2011. Disponível em:  
[https://www.bts.gov/archive/publications/journal\\_of\\_transportation\\_and\\_statistics/volume\\_08\\_number\\_01/paper\\_01/index](https://www.bts.gov/archive/publications/journal_of_transportation_and_statistics/volume_08_number_01/paper_01/index) Acesso em: 29 mar. 2021.

MATSUURA, J. P. **Aplicação dos simuladores de vôo no aeronaves e periféricos**. Trabalho de Graduação. Divisão de Ciência da Computação. São José dos Campos. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 1995. Disponível em: <http://www.ele.ita.br/~jackson/files/tg>. Acesso em: 03 fev. 2021.

MCGRATH, S.R. **Leveraging Simulation Against the F-16 Flying Training Gap.** Relatório Científico – Air University. Abr. 2005. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA476205> Acesso em: 13 fev. 2021.

OLIVEIRA, S. B. **A influência do simulador de voo nos programas de treinamento dos pilotos da aeronave F-5M da FAB.** Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior) – Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica. Rio de Janeiro, 2008

PEREIRA, R. Orçamento enxuto ameaça compra de novos caças Gripen para Força Aérea Brasileira. **Gazeta do Povo.** Curitiba, 19 set. 2019. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/cacas-gripen-avioes-orcamento-enxuto-projeto-forca-aerea/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

Simulated Tactical Training. LOM PRAHA, Praga, 2020. Disponível em: <https://www.lompraha.cz/en/tactical-simulation-centre>. Acesso em: 26 mar. 2021.

Swedish Air Force Combat Simulation Centre. **FOI**, Estocolmo, 11 ago. 2020. Disponível em: <https://www.foi.se/en/foi/research/aeronautics-and-space-issues/flsc.html>. Acesso em: 26 mar. 2021.

TIRPAK, J. A. Distributed Mission Operations. **Air Force Magazine.** Arlington, 1º abr. 2005. Disponível em: <https://www.airforcemag.com/article/0405mission/>. Acesso em: 23 fev. 2021.

VERGUN, D. Ultra-Low Cost Simulation Program Augments Pilot Training. **DOD News.** Washington, 08 dez. 2020. Disponível em: <https://www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2438835/ultra-low-cost-simulation-program-augments-pilot-training/>. Acesso em: 11 fev. 2021.