



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

ANDRÉ FREITAS **FREIRE**, Cap Av

**Implementação de treinamento de combate aéreo baseado nas capacidades de  
possíveis aeronaves oponentes da América do Sul**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

ANDRÉ FREITAS **FREIRE**, Cap Av

**Implementação de treinamento de combate aéreo baseado nas capacidades de possíveis aeronaves oponentes da América do Sul**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação em MBA em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Doutrina de Emprego  
Orientador: Pedro Nolasco Duarte, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

ANDRÉ FREITAS **FREIRE**, Cap Av

**Implementação de treinamento de combate aéreo baseado nas capacidades de possíveis aeronaves oponentes da América do Sul**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

---

**Wellington** Azevedo dos Santos, Maj Inf  
EAOAR

---

Pedro **Nolasco** Duarte, Maj Av  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

Os métodos de treinamento de combate das aeronaves de caça da Força Aérea Brasileira devem abordar todos os cenários possíveis de emprego e estão sujeitos a mudanças constantes, dada a evolução tecnológica dos equipamentos embarcados. Com a análise do histórico recente desses métodos, foram identificadas oportunidades de melhorias por meio do incremento de variáveis passíveis de tornarem os exercícios mais realistas. Assim, este ensaio defende que a implementação de um treinamento que considere as capacidades específicas de possíveis aeronaves oponentes na região da América do Sul eleva a capacidade de pronta resposta da defesa aérea brasileira. Essa proposta é fundamentada em dois argumentos. Primeiro, argumenta-se que esse treinamento permite um dimensionamento mais adequado de meios aéreos necessários na contraposição a cada tipo de aeronave adversária, complementando lacunas no desenvolvimento das táticas e técnicas aplicadas nas missões de defesa aérea. Em segundo, aprimora a capacidade de tomada de decisão dos pilotos diante dessas ameaças, pois estarão mais familiarizados com as variáveis relevantes comuns a esse tipo de situação. Dessa forma, a capacidade de pronta resposta da defesa aérea brasileira é potencializada. Por fim, a implementação do treinamento complementar, buscando a inserção de variáveis cada vez mais realistas, pode ser replicada para o processo de desenvolvimento de doutrina de combate da aeronave F-39 *Gripen*, pois permite que pilotos desses novos vetores apliquem esses conceitos, por exemplo, contra o próprio F-5M brasileiro, desenvolvendo conhecimento para contraposição a essa plataforma, que é também utilizada por países vizinhos, garantindo maior eficácia no macroprocesso finalístico de preparo da Força Aérea Brasileira para neutralizar possíveis ameaças.

**Palavras-Chave:** Combate. Tomada de Decisão. Pronta Resposta. Treinamento.

## 1 INTRODUÇÃO

A defesa aérea brasileira é constituída, dentre outros elementos, de aeronaves de caça em estado permanente de prontidão operacional. Para que a manutenção dessa prontidão seja eficiente, com uma pronta resposta adequada frente a possíveis ameaças, treinamentos de combate aéreo são realizados rotineiramente. Tais adestramentos exigem, ainda, um aprimoramento constante das táticas e técnicas aplicadas, para que a capacidade de pronta resposta brasileira continue evoluindo proporcionalmente às atualizações das novas capacidades dos aviões passíveis de engajamento.

Os métodos tradicionais de treinamento na plataforma F-5M, da Força Aérea Brasileira, têm se concentrado principalmente na contraposição aos diferentes tipos de armamentos utilizados pelos potenciais adversários, como mísseis ativos ou passivos, de curto e médio alcance. Embora esses métodos tenham demonstrado grande evolução tática, muitas vezes não se aprofundam em uma variável que consiste nos atributos específicos de cada possível aeronave oponente, deixando de explorar performances, capacidades e desempenho de aeronaves distintas.

Essa situação remete à fase inicial da Guerra das Malvinas, em 1982, na qual as agressões entre os países adversários ocorreram de modo repentino. Essa maneira súbita de início da guerra forçou pilotos ingleses das aeronaves *Harrier* a reagir rapidamente, sem conhecimento das capacidades dos vetores inimigos, sofrendo maiores perdas de seus vetores até que informações detalhadas sobre os aviões e armamentos adversários fossem obtidas.

Em um contexto no qual hostilidades podem ocorrer de modo inopinado e, ao analisar os perfis de adestramento atuais da defesa aérea brasileira, este trabalho defende que a implementação de um treinamento que considere as capacidades específicas de possíveis aeronaves oponentes na região da América do Sul eleva a capacidade de pronta resposta da defesa aérea brasileira.

Sendo assim, para validar a tese, argumenta-se que esse treinamento permite um dimensionamento mais adequado de meios aéreos necessários na contraposição de cada tipo de aeronave adversária, complementando lacunas no desenvolvimento das táticas e técnicas aplicadas nas missões de defesa aérea.

Ademais, argumenta-se que o exercício aprimora a capacidade de tomada de decisão dos pilotos diante dessas ameaças, pois estarão mais familiarizados com as variáveis relevantes comuns a esse tipo de situação.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

O Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER) define, em suas diretrizes para o macroprocesso finalístico de preparo da Força Aérea, que o desenvolvimento de doutrina deve considerar todos os cenários possíveis de emprego, mantendo os meios aéreos disponíveis em condições de atuar em qualquer ambiente operacional (Brasil, 2018). Nesse sentido, entende-se que é necessário desenvolver uma capacidade para enfrentamento específico a cada tipo de ameaça, de modo a evoluir progressivamente.

De acordo com Peck (2012), um exemplo de evolução doutrinária de sucesso para enfrentamento a possíveis ameaças foi a criação de um esquadrão de aeronaves MIG no território dos Estados Unidos. Após sofrerem grandes perdas em combates aéreos no Vietnã, os americanos decidiram montar aeronaves inimigas remanescentes de guerras passadas e estudar seu comportamento, para desenvolver táticas contra ofensivas. Posteriormente, na guerra do Golfo, de posse dos aprendizados obtidos, em que houve o enfrentamento a esses mesmos tipos de aviões, não houve derrotas significativas em combates aéreos.

Essa rica experiência, obtida a partir do conhecimento mais aprofundado das demais aeronaves, pode ser adaptada para os esquadrões de caça brasileiros, por meio de um treinamento complementar, simulando as possíveis ameaças da América do Sul. Desse modo, o planejamento de emprego para cada oponente específico torna-se constantemente aprimorado, com um dimensionamento dos meios cada vez mais ajustado e com incremento na capacidade de tomada de decisão das equipagens.

### **2.1 Dimensionamento de meios para contraposição às ameaças**

O emprego de táticas e técnicas para a obtenção de resultados favoráveis no combate aéreo, seja ele visual ou além do alcance visual, está sujeito a mudanças constantes, pois aprendizados gerados por meio de treinamentos e a evolução

inexorável da tecnologia da aviação forçam uma análise contínua das táticas vigentes (Rao *et al.*, 2011). Atualmente, os esquadrões encarregados da defesa aérea brasileira já evoluem dinamicamente seus métodos de combate, diversificando os tipos de mísseis utilizados pelos oponentes nas simulações de possíveis ameaças ao país.

Durante esses exercícios, a variedade dos armamentos empregados fornece uma série de aprendizados para ajustes nas táticas. A título de exemplo, Dantas *et al.* (2021) ressaltam que, por meio de treinamentos específicos e repetitivos, é possível explorar de forma mais eficaz as áreas hipotéticas onde um oponente pode ser suscetível a um ataque. Dessa forma, o acúmulo de dados sobre esse armamento específico, permite a criação de táticas que minimizem a exposição ao envelope de vulnerabilidade dos mísseis inimigos.

Entretanto, apesar de a defesa aérea brasileira explorar com profundidade as capacidades dos armamentos adversários em voo, há outras variáveis também importantes a serem consideradas no contexto de combate. Scukins, Klein e Ogren (2023) se concentram na análise de características próprias e exclusivas dos aviões de caça, evidenciando que a performance da aeronave também pode influenciar a área hipotética de vulnerabilidade a um ataque.

Portanto, é possível inferir que a exploração em treinamento das variáveis dos armamentos pode ser complementada com as variáveis das capacidades das aeronaves. Esses diferentes elementos podem, quando associados, impactar sinergicamente no aprimoramento das táticas já realizadas, com um melhor dimensionamento dos meios para uma contraposição mais realista à ameaça.

Para contribuir com essa observação, Papis e Krawczyk (2022) compararam o desempenho das plataformas F-16 e MIG-29 da Força Aérea Polonesa no que tange às características críticas de cada avião, tendo considerado, na análise, o empuxo do motor, autonomia e sistema de radar, bem como os armamentos que cada caça poderia utilizar. Ou seja, em um único estudo comparativo, foram abordadas variáveis que envolvem capacidades tanto da aeronave quanto do armamento. Assim, foi apresentada uma visão mais completa dos principais fatores que interferem no combate, que pode ser replicada na realidade brasileira, permitindo uma comparação adequada com os demais vetores de defesa aérea da América do Sul e, conseqüentemente, gerando subsídios para se realizar um cálculo proporcional de quantos caças são necessários para neutralizar uma ameaça específica.

Diante disso, ao aproximar essa análise para a realidade brasileira, infere-se que com a implementação de um treinamento complementar exaustivo, que considere em conjunto as capacidades dos mísseis oponentes e as características próprias das principais aeronaves de caça da América do Sul, obtém-se a proporção adequada da quantidade de caças brasileiros para enfrentar cada avião oponente.

Desse modo, esse treinamento permite um dimensionamento mais adequado de meios aéreos necessários na contraposição de cada tipo de aeronave adversária, complementando lacunas no desenvolvimento das táticas e técnicas aplicadas nas missões de defesa aérea. Como resultado, a capacidade de resposta da defesa aérea, diretamente relacionada à contraposição proporcional à ameaça, poderá ser realizada com maior eficiência e agilidade.

## **2.2 Otimização da capacidade de decisão**

Para contextualizar os fatores envolvidos na tomada de decisão, a *Federal Aviation Administration* (2023) relata que algumas fases específicas de voo possuem, intrinsecamente, pouco tempo disponível para a análise de soluções, demandando do piloto elevada carga de trabalho em um curto lapso temporal. Argumenta ainda que existe um limite cognitivo para processamento de informações e, quando esse limite é ultrapassado, conseqüentemente erros de julgamento graves e evitáveis podem ocorrer. Ela sugere, então, que julgamentos acertados resultam de um passeio completo pelas etapas de um processo decisório, resumidas na reunião e interpretação das informações disponíveis no momento, avaliação das soluções disponíveis e seleção de um curso de ação.

No entanto, devido à baixa disponibilidade de tempo para decidir em momentos críticos e para otimizar esse tipo de situação, a *Federal Aviation Administration* (2023) argumenta que treinamentos, quando reproduzem repetidamente dados relevantes, habitam os pilotos à interpretação das variáveis mais prováveis de ocorrerem em cada momento específico do voo. Essa familiarização reduz o tempo de processamento cognitivo de dados nas situações reais críticas e oferece, assim, mais tempo para percorrer as etapas consecutivas do processo decisório, que são a análise de soluções e a seleção da ação.

O combate aéreo é uma fase que contém todas as características de uma situação crítica do voo, pois segundo Rao *et al.* (2011), é uma tarefa complexa, que

exige decisões rápidas, considerando múltiplos fatores simultâneos. Nesse contexto, a capacidade de processar informações e decidir corretamente, em tempo hábil, é vital para obter vantagem sobre o oponente e garantir a sobrevivência.

Para que as deliberações em combate sejam acertadas, o treinamento deve ser constante, com o uso de variáveis realistas para aprimorar a capacidade de resposta do piloto frente às diferentes circunstâncias. Nesse sentido, é pertinente que o piloto siga corretamente todas as etapas do processo decisório, aprimorando, a cada treinamento, o processamento e interpretação de dados.

Para auxílio na fase inicial desse processo, há uma tecnologia chamada *datalink*, utilizada atualmente na aeronave F-5M e futuramente no seu substituto, o F-39 *Gripen*. O *datalink* tem a finalidade de fornecer maior consciência situacional ao piloto por meio de apresentação de dados reunidos em uma tela. Entretanto, apesar de fornecer boa base de informações para o piloto interpretar o cenário de combate, o sistema possui a limitação de não fornecer as características específicas referentes à aeronave adversária que um piloto necessita para neutralizá-la (Gonzales, 2005).

Em outras palavras, a despeito do auxílio fornecido pela tecnologia atual, algumas características dos adversários ainda requerem estudo e ambientação prévios, para que o piloto chegue ao combate com nível de consciência situacional elevado e obtenha vantagem. Essa adequada ambientação ainda é obtida por meio de treinamentos realizados com características do oponente mais próximas possíveis da realidade.

Tais características do adversário, como restrições de manobrabilidade, autonomia, eficiência de equipamentos embarcados e suas vulnerabilidades, quando bem assimiladas e exploradas, tornam-se um suporte valioso à tomada de decisão (Peck, 2012), reduzindo o tempo de interpretação do cenário e facilitando a criação de estratégias pré-planejadas, de modo a otimizar a pronta resposta para contraposição à ameaça. Nesse contexto, Endsley (1995) ressalta que a falta desse tipo específico de conhecimento pode resultar em decisões fatais devido à falta de compreensão abrangente do cenário. Esse entendimento reforça a necessidade de forte familiarização dos pilotos com as características contextualizadas.

Diante disso, a implementação desse treinamento complementar, com base nas capacidades das aeronaves inimigas, amplia a consciência situacional do piloto em relação à interpretação ágil das informações sobre o oponente e otimiza o processo de análise das soluções, representando uma busca contínua pela redução

do tempo na tomada de cada decisão, o que reflete em uma maior capacidade de pronta resposta frente às ameaças.

### 3 CONCLUSÃO

Este ensaio abordou uma lacuna existente nos métodos tradicionais de treinamento dos pilotos de caça da Força Aérea Brasileira, que, em grande parte, concentram-se na contraposição a diferentes tipos de armamentos usados por potenciais oponentes, sem se aprofundar nas características específicas de cada aeronave oponente. Para tanto, a proposta de solução neste trabalho é a implementação de um treinamento complementar que considere as capacidades específicas das possíveis aeronaves oponentes na região da América do Sul.

Foi argumentado ao longo do ensaio que esse tipo de capacitação permite um dimensionamento mais adequado de meios aéreos necessários na contraposição de cada tipo de aeronave adversária, complementando lacunas no desenvolvimento das táticas e técnicas aplicadas nas missões de defesa aérea.

Além disso, foi justificado também que esse treinamento imersivo aprimora a capacidade de tomada de decisão dos pilotos diante dessas ameaças, pois estarão familiarizados com variáveis mais realistas e relevantes comuns ao combate aéreo.

Em última análise, com base nos argumentos apresentados, torna-se evidente o incremento na capacidade de pronta resposta da defesa aérea brasileira a partir desse adestramento complementar.

Além desses benefícios, é importante considerar os impactos mais amplos que essa abordagem poderia ter para a Força Aérea Brasileira. A implementação de um treinamento com as características comentadas não é apenas uma resposta eficaz a um problema identificado. Essa abordagem pode ser replicada no futuro desenvolvimento de doutrina de combate da aeronave F-39 *Gripen*, pois permite que pilotos desses novos vetores apliquem tais conceitos, por exemplo, contra o próprio F-5M brasileiro, desenvolvendo conhecimento para contraposição a esta plataforma também utilizada por países vizinhos, garantindo maior eficácia no macroprocesso finalístico de preparo da Força Aérea Brasileira para neutralizar possíveis ameaças.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER n° 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, p. 189-232, 20 dez. 2018. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/pemaer.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.
- DANTAS, João *et al.* Estimativa do alcance máximo de lançamento da zona de engajamento de armas usando uma rede neural profunda. In: **Conferência Brasileira de Sistemas Inteligentes**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 193-207. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91699-2\\_14](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-91699-2_14). Acesso em: 20 set. 2023.
- ENDSLEY, Mica R. Measurement of situation awareness in dynamic systems. **Human factors**, Texas, v. 37, n. 1, 1995.
- FAA, Federal Aviation Administration. **Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge**, U.S. Department of Transportation, FAA-H-8083-25C, 2023. Disponível em: <https://www.faa.gov/regulationspolicies/handbooksmanuals/aviation/phak/chapter-2-aeronautical-decision-making>. Acesso em: 25 set. 2023.
- GONZALES, Daniel. **Network-centric operations case study: air-to-air combat with and without Link 16**. Rand Corporation, Califórnia, 2005. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=bP5QJjgWRjUC&oi=fnd&pg=PR3&dq=rand+corporation,+2005+link+16&ots=3HV\\_vxmKEc&sig=1fF06ubp8-gFFtdrbiJNFz76V1Y&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=bP5QJjgWRjUC&oi=fnd&pg=PR3&dq=rand+corporation,+2005+link+16&ots=3HV_vxmKEc&sig=1fF06ubp8-gFFtdrbiJNFz76V1Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 20 set. 2023.
- PAPIS, Mateusz; KRAWCZYK, Tomasz. **Comparison of MiG-29 and F-16 aircraft in the field of susceptibility to destruction in combat**. *Aviation*, v. 26, n. 3, p. 131–137, 2022. Disponível em: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/Aviation/article/view/17592>. Acesso em: 20 set. 2023.
- PECK, Gaillard Junior. **America's secret MIG squadron: the red eagles of project constant peg**. Long Island City: Osprey Publishing, 2012.
- RAO, Narayana et al. Situation and threat assessment in BVR combat. In: **AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference**. 2011. p. 6241. Disponível em: <https://arc.aiaa.org/doi/epdf/10.2514/6.2011-6241>. Acesso em: 12 set. 2023.
- SCUKINS, Edvards; KLEIN, Markus; ÖGREN, Petter. Enhancing situation awareness in beyond visual range air combat with reinforcement learning-based decision support. In: **2023 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)**. IEEE, 2023. p. 56-62. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10156497>. Acesso em: 25 set. 2023.