

OPERAÇÃO DO GRIPEN-NG COM O SISTEMA METEOR: UM GAME-CHANGER PARA A DEFESA AÉREA BRASILEIRA¹

OPERATION OF THE GRIPEN NG WITH THE METEOR SYSTEM: A GAME-CHANGER FOR THE BRAZILIAN AIR DEFENSE

Kleyber Augusto Pedrotti²

Olympio De Carvalho Mendes Neto*

RESUMO

Winston Churchill, em um de seus discursos após a Batalha da Inglaterra, declarou que: “Não ter uma força aérea adequada no estado atual do mundo significa comprometer a liberdade e independência de uma nação.” Sob essa ótica, a Força Aérea Brasileira esteve, nas últimas duas décadas, empenhada na árdua tarefa de manter atualizada sua frota de aeronaves de caça, visto a chegada do final da vida útil dos vetores Mirage 2000 e F-5E. Nesse contexto, o programa FX-2 foi criado no intuito de selecionar a plataforma mais adequada para substituir essas aeronaves, de maneira a manter o Brasil em um patamar combativo frente ao crescente desenvolvimento de novas plataformas e sistemas. Em 2014, o processo de seleção e negociação dos novos aviões foi concluído, sendo o Gripen NG, da fabricante sueca Saab, escolhido como vetor de defesa aérea, em conjunto com o sistema de armamentos BVRAAM (Beyond Visual Range Air-to-Air Missile) MBDA Meteor. O objetivo do presente artigo foi elencar os ganhos para o Poder Aéreo Nacional decorrentes do emprego dos mísseis Meteor em conjunto com o Gripen NG, em comparação com o F-5EM e os mísseis Derby israelenses, atualmente em operação, com especial atenção ao campo BVR. Para isso, a metodologia empregada compreendeu uma pesquisa bibliográfica e documental sobre Defesa Aérea e sua importância para a manutenção da soberania da nação. Posteriormente, foi utilizado o método qualitativo de pesquisa através de revisões e análises bibliográficas sobre o alcance, carga bélica, distância de decolagem, velocidade máxima e de cruzeiro, além das capacidades dos radares e sensores das aeronaves Gripen NG e F-5EM; com relação aos mísseis, foram abordados aspectos como velocidade máxima, tipo de propulsão na fase terminal, tipo de guiamento até o alvo, “*No Escape Zone*”, alcance útil, manobrabilidade, e dimensões. Dessa forma, foi possível compreender a relevância da aquisição desses novos equipamentos como forma de atualização do arsenal brasileiro, lançando assim as bases para futuros estudos relativos à sua influência na capacidade de projeção estratégica do poder aéreo nacional em nível regional e mundial.

Palavras-chave: Gripen NG; Poder Aéreo; Meteor; F-5EM; Derby.

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea – AFA.

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2023).

* Cel QOAv Academia da Força Aérea. Email: olympioocmn@fab.mil.br.

ABSTRACT

Winston Churchill, in one of his speeches after the Battle of Britain, declared that: "To have an adequate air force in the current state of the world means to safeguard the freedom and independence of a nation." From this perspective, the Brazilian Air Force has been engaged in the arduous task of modernizing its fleet of fighter aircrafts in the last two decades, considering the end of the service life of the Mirage 2000 and F-5E aircraft. In this context, the FX-2 program was created with the intention of selecting the most suitable platform to replace these aircraft, in order to maintain Brazil at a combat-ready level in the face of the growing development of new platforms and systems. In 2014, the selection and negotiation process for the new aircraft was concluded, with the Gripen NG from the Swedish manufacturer Saab being chosen as the air defense platform, along with the Beyond Visual Range Air-to-Air Missile (BVRAAM) MBDA Meteor. The objective of this article was to expose the gains for the National Air Power resulting from the use of Meteor missiles alongside with the Gripen NG, in comparison with the F-5EM and the currently operational Israeli Derby missiles, with special attention to the Beyond Visual Range (BVR) field. To this end, the methodology employed included bibliographic and documentary research on Air Defense and its importance for maintaining national sovereignty. Subsequently, a qualitative research method was used through reviews and bibliographic analysis of the range, war load, takeoff distance, maximum and cruising speeds, as well as the radar and sensor capabilities of the Gripen NG and F-5EM aircraft. Regarding the missiles, aspects such as maximum speed, propulsion type in the terminal phase, guidance type to the target, "No Escape Zone," range, maneuverability, and dimensions were addressed. With that, it was possible to understand the relevance of acquiring these new equipment as a means of updating the Brazilian arsenal, thus laying foundations for future studies regarding their influence on the capacity for strategic projection of national air power at the regional and global levels.

Keywords: Gripen NG; Air Power; Meteor; F-5EM; Derby.

INTRODUÇÃO

"O poder aéreo tornou-se predominante, tanto como elemento de dissuasão da guerra quanto na eventualidade dela, como força devastadora para destruir o potencial de um inimigo e minar fatalmente sua vontade de travar a guerra." A frase atribuída ao general norte-americano Omar Bradley explicita a relevância das forças aéreas para as capacidades de defesa de uma nação. A Força Aérea Brasileira materializa esse conceito, sendo responsável por "Manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com vistas à defesa da pátria". Entretanto, para cumprir tal missão, foi necessário encarar diversos desafios ao longo das últimas décadas, com o intuito de manter as capacidades combativas em um nível condizente com as dimensões do espaço aéreo nacional e os diversos avanços tecnológicos no âmbito de aeronaves e armamentos desenvolvidos ao redor do globo.

Nesse cenário, a compra das aeronaves de caça Gripen NG, conjuntamente com os mísseis destinados ao combate BVR³ (Beyond Visual Range) MBDA Meteor foi resultado do projeto FX-2, conduzido pela FAB (Força Aérea Brasileira). Tal projeto visou selecionar uma aeronave multiemprego para substituir, no curto prazo, os aviões Mirage F-2000 e, a longo prazo, os F-5EM⁴, a fim de modernizar e padronizar a frota da FAB, com vistas ao cumprimento da missão constitucional, reduzindo os custos logísticos e possibilitando o desenvolvimento da indústria de defesa nacional com foco na transferência de tecnologia (BRASIL, 2013).

Os Mirage F-2000 haviam sido comprados como substitutos provisórios para equipar o 1º Grupo de Defesa Aérea (1º GDA), localizado em Anápolis, após a desativação da frota de Mirage III em 2005. Entretanto, por não serem aeronaves novas, provenientes dos estoques da Força Aérea Francesa, essas aeronaves na época da aquisição possuíam apenas mil horas de voo disponíveis. Esta marca foi atingida em 2011 e somente mediante um esforço logístico hercúleo por parte da FAB, foi possível mantê-las voando até 2013 (POGGIO, 2016), quando foram definitivamente retiradas do serviço ativo. Recaiu, então, totalmente sobre o F-5EM a responsabilidade de ser o vetor supersônico de defesa do espaço aéreo brasileiro.

Comprados dos Estados Unidos em meados dos anos 70 (VINHOLES, 2020), com seu projeto remontando aos anos 60, os F-5 originais estavam claramente obsoletos na virada do século. No intuito de manter essas plataformas capazes de serem integradas com os novos equipamentos presentes nos campos de batalha, no começo dos anos 2001 iniciou-se um extenso processo de modernização da frota, para que a aviônica embarcada nesses aviões fosse capaz de operar os novos armamentos e sensores desejados pela FAB (FORÇA AÉREA BRASILEIRA, 2020), resultando no atual vetor em operação, o F-5EM. Visando adquirir armamentos que fossem condizentes com a nova realidade do combate aéreo, em meados de 2006, a Força Aérea fez a compra de um lote de mísseis israelenses, da empresa Rafael, denominados Derby (CENTENO, 2021). Essa compra marcou uma nova fase na caça brasileira, visto que a partir daquele momento o Brasil, operando conjuntamente o F-5EM com os mísseis Derby, tornou-se capaz de atuar em cenários de conflito BVR (VINHOLES, 2020).

Anos se passaram e, em 2014, o governo brasileiro fez a opção pela proposta da fabricante sueca SAAB, firmando um contrato para compra do vetor Gripen NG, modelo E/F.

³ BVR refere-se ao combate além das referências visuais, em distâncias nas quais não é possível a detecção de aeronaves a olho nu.

⁴ A designação “M” na FAB refere-se às aeronaves que passaram por um processo de modernização dos sensores e tecnologias embarcadas.

Reconhecido mundialmente como uma plataforma de armas de baixo custo operacional, grande versatilidade e excelente desempenho, essa aeronave expande os horizontes da aviação de caça e da defesa aérea brasileira, agregando novos sensores e equipamentos de alta tecnologia (ENGLUND, 2019). Entretanto, era necessário um armamento condizente com o desempenho desse vetor. Assim, foi escolhido o míssil Meteor, da empresa MBDA Missile Systems, fruto de um esforço conjunto de seis países europeus (Reino Unido, Alemanha, Itália, França, Espanha e Suécia) que gerou um dos mais avançados armamentos já desenvolvidos para uso BVR (MBDA MISSILE SYSTEMS, 2022).

Sobre o assunto, entender as novas capacidades que a operação dessa plataforma, em conjunto com os mísseis Meteor, é um tema extremamente relevante para a FAB, considerando a importância para a defesa nacional e a materialização das capacidades almejadas, expressas no trecho de uma das diretrizes emitidas pelo Comando da Aeronáutica (COMAER), a DCA 11-45 CONCEPÇÃO ESTRATÉGICA FORÇA AÉREA 100:

Portanto, o domínio dos segmentos aéreo e espacial demanda uma série de requisitos brevemente listados abaixo: I - Meios de Força Aérea para pronta-resposta, adequadamente dimensionados e com possibilidade de serem rapidamente distribuídos no Território Nacional, buscando as características de alcance, penetração, velocidade, mobilidade e flexibilidade, intrínsecas a estes recursos da Força Aérea (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2016, p.23).

Tendo em vista o exposto acima, o presente artigo buscou, através do levantamento de dados por meio de pesquisa bibliográfica, verificar características dos meios que estão sendo substituídos (nomeadamente a aeronave F-5EM e o míssil BVR Derby), com seus substitutos (respectivamente, Gripen NG e Meteor). Dessa maneira, este trabalho busca elucidar a seguinte questão: Quais os ganhos operacionais no emprego das aeronaves Gripen NG em conjunto com os mísseis Meteor em comparação com as atuais capacidades fornecidas pela utilização dos caças F-5EM com os mísseis Derby no âmbito da Defesa Aérea?

Para responder essa pergunta, o objetivo principal foi comparar as características da plataforma de armas Gripen NG com o míssil Meteor, com as fornecidas pela operação da aeronave F-5EM com o míssil Derby, tendo em vista a arena de combate BVR. Verificar-se-á assim como capacidades do primeiro conjunto de sistemas traz ganhos em relação àquelas proporcionadas pelo segundo, no âmbito da defesa aérea. Dessa maneira, será possível entender como a operação desse novo binômio contribui para a defesa aérea conforme previsto nos Documentos de Defesa Nacional.

De maneira específica, serão comparadas características de alcance, carga bélica, peso máximo de decolagem, velocidade de cruzeiro, velocidade máxima, além das capacidades dos

radares e sensores das aeronaves Gripen NG e F-5EM, bem como as características de velocidade máxima, tipo de propulsão na fase terminal, tipo de guiamento até o alvo, “*No Escape Zone*”⁵, alcance útil, manobrabilidade e dimensões dos mísseis Meteor e Derby. Com esses dados, será possível constatar as vantagens obtidas com a compra dos novos vetores e armamentos pela FAB.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é verificar a evolução das capacidades de projeção do Poder Aéreo brasileiro, no âmbito da Defesa Aérea, com a compra das aeronaves Gripen NG em conjunto com os mísseis BVR MBDA Meteor, através de uma comparação com as atuais capacidades em posse da FAB, por meio do uso dos mísseis Derby a partir do vetor F-5EM.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

No âmbito brasileiro, a Estratégia Nacional de Defesa pontua como intrínsecas as seguintes características da Força Aérea: alcance, flexibilidade e versatilidade, mobilidade, penetração, pronta-resposta e velocidade (BRASIL, 2020, p.55). Com o intuito de verificar como a compra dos novos vetores e armamentos interfere nessas capacidades, a seleção das características das aeronaves e armamentos para comparação neste estudo foi feita à luz dos requisitos anteriormente citados.

Com relação aos novos vetores adquiridos, o estudo “Aeronave Gripen NG equipada com míssil BVR Meteor” apresentado na Escola Superior de Guerra em 2018, demonstra o interesse da FAB em entender em que medida a escolha do vetor Gripen NG, bem como do míssil BVR Meteor, servem adequadamente às necessidades e desafios apresentados no âmbito da defesa aérea. O principal referencial utilizado como base para as comparações das aeronaves foi o estudo “Gripen NG equipado com radar Raven ES-05: Fator de soberania nacional”, também apresentado na Escola Superior de Guerra. À luz desse estudo, foram selecionados os seguintes critérios para a avaliação das aeronaves:

- Alcance, considerado por representar as características de Alcance, Mobilidade e Penetração.
- Carga bélica, considerada pela sua relação com Versatilidade e Flexibilidade.
- Distância de decolagem, abordado por sua influência na Flexibilidade e Mobilidade.

⁵ “*No Escape Zone*” é a área em que o míssil tem a maior probabilidade de atingir o alvo, mesmo que esse já tenha sido alertado sobre a ameaça.

- Velocidade máxima e de cruzeiro, consideradas pela sua direta correlação com Velocidade, Penetração e Pronta-Resposta;
- Capacidades dos radares e sensores, analisadas por influenciaram na Flexibilidade e Alcance.

Na atual conjuntura defesa aérea, uma nova arena vem galgando crescente relevância nas doutrinas e estudos de Forças Aéreas ao redor do mundo, incluindo na brasileira: a do combate BVR. A figura abaixo ilustra temporalmente essa ampliação do número de engajamentos além do alcance visual ao longo dos grandes conflitos das últimas décadas.

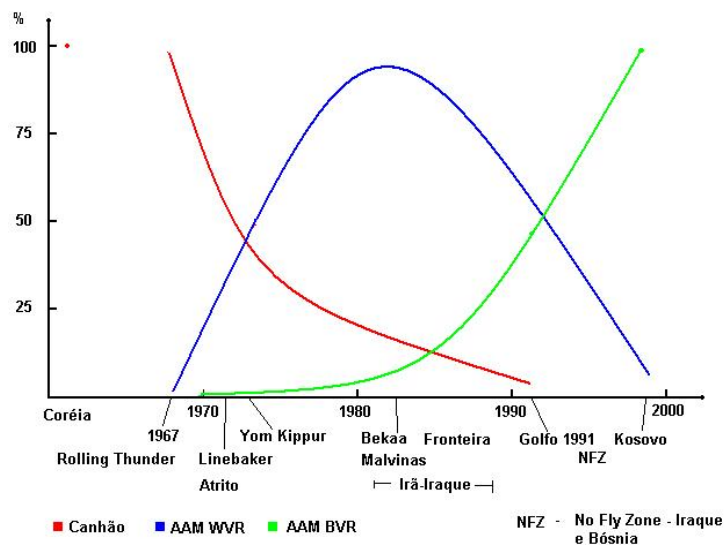


Figura 1 Comparativo de tipos de armamentos empregados nos conflitos

Fonte: SISTEMAS DE ARMAS, 2007.

Sobre o desenvolvimento tecnológico dos mísseis e sua influência na evolução do poder aéreo, o autor americano Lon O. Nordeen apresenta uma visão histórica do assunto, com a segunda edição de seu livro “Air Warfare in the Missile Age”, na qual pontua que não somente a plataforma d’armas, mas também o armamento empregado são fatores decisivos para o sucesso da missão. Em termos de trabalhos de investigação sobre a temática tratada, as existências são várias, como o artigo “Combate além do alcance visual: um ambiente complexo para tomada de decisão”, publicado na Revista da UNIFA em 2017, bem como os estudos “A influência dos mísseis BVR nos combates ar-ar”, “A análise de desempenho operacional no combate além do alcance visual” e por fim “Treinamento contínuo de combate BVR uma necessidade operacional”, apresentados na ECEMAR (Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica) e na EAOAR (Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica).

O estudo norteador para o setor dos armamentos foi “Mísseis BVR uma diminuição no risco no teatro de operações”, produzido na Escola Superior de Guerra no ano de 2018. Selecionou-se assim os seguintes critérios para a comparação:

- Velocidade máxima, considerada visto sua influência nas características de Velocidade, Penetração e Pronta-resposta.
- Propulsão, considerada visto sua direta influência nos quesitos Velocidade e Alcance.
- Tipo de guiamento até o alvo, considerado devido ser parte determinante da Versatilidade.
- “*No Escape Zone*”, considerada devido sua relação com Penetração e Flexibilidade
- Alcance útil, considerado visto sua relação com Alcance e Penetração;
- Manobrabilidade, considerada por relacionar-se com a Flexibilidade no emprego.
- Dimensões, consideradas por influenciar na Mobilidade.

Com base nos estudos citados, entende-se que compra de um novo conjunto de plataforma de armas e armamentos serve para manter atualizadas as capacidades da FAB, frente a um ambiente de constantes avanços tecnológicos os quais ameaçam tornar obsoletos os meios de combate atualmente possuídos para a defesa do espaço aéreo nacional. Portanto, a modernização das capacidades através da compra de um vetor de ataque e interceptação avançado como o Gripen NG, em conjunto com um dos mais modernos mísseis BVR em operação no mundo, estão em consonância com o objetivo da FAB em se manter capaz de cumprir as suas atribuições citadas no Livro Branco de Defesa Nacional:

A Força Aérea atua para impedir o uso do espaço aéreo brasileiro e do espaço exterior para a prática de atos hostis ou contrários aos interesses nacionais. Para isto, deve dispor de capacidade efetiva de vigilância, de controle e de defesa do espaço aéreo, sobre os pontos e áreas sensíveis do território nacional, com recursos de detecção, interceptação e destruição (BRASIL, 2020, p.89).

2 METODOLOGIA

A metodologia usada para o presente estudo fundamentou-se inicialmente em uma pesquisa bibliográfica documental a fim de verificar, através de uma análise qualitativa, como os documentos Livro Branco da Defesa Nacional (LBDN) e a Estratégia de Defesa Nacional (END) definem o papel desempenhado pela FAB no cenário da Defesa Aérea, para poder compreender as capacidades requeridas para desempenhar com sucesso essa missão.

Posteriormente, foram verificadas as melhorias decorrentes do emprego do binômio Gripen-Meteor versus o uso do conjunto F5EM-Derby. Para isso, foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica, através do levantamento de dados obtidos em sites especializados e informações dos fabricantes. Dentre eles figuram:

- Alcance, considerado pela distância que a aeronave consegue voar em configuração de combate e traslado, visto as dimensões continentais da nação;
- Carga bélica, considerada pela capacidade do vetor de transportar armamentos para o campo de batalha, determinando quantas e quais missões um mesmo vetor pode realizar em uma surtida.
- Distância de decolagem, considerada pela extensão de pista necessária para a decolagem, característica que viabiliza ou não a operação em aeródromos de menor dimensão;
- Velocidade máxima e de cruzeiro, considerada pela importância de alcançar rapidamente a zona de combate, de maneira a interceptar o quão antes a aeronave invasora.
- Capacidades dos radares e sensores, consideradas devido à crescente demanda por maior consciência situacional, principalmente em se tratando do campo BVR.

Com relação aos mísseis, foram abordados aspectos como:

- Velocidade máxima, considerada devido sua relação com o tempo de reação do alvo.
- Propulsão, considerada visto sua direta influência na velocidade e energia cinética do míssil, bem como por seu alcance.
- Tipo de guiamento até o alvo, considerado devido aos modos de lançamento do armamento, que permitem maior versatilidade durante o combate e flexibilidade de engajamento.
- “*No Escape Zone*”, considerada devido sua relação com a área em que há maior probabilidade de sucesso no emprego do armamento
- Alcance útil, considerado visto a capacidade de engajar alvos, mantendo-se à uma distância que dificulta a resposta adversária;
- Manobrabilidade, considerada por traduzir a capacidade do míssil de resistir às manobras evasivas e contramedidas do adversário.
- Dimensões, consideradas por influenciar na quantidade de mísseis que pode ser levada para o combate, frente às especificações de cada aeronave.

Tais informações são de caráter estratégico para as indústrias e organizações militares, sendo assim classificadas como secretas ou restritas. Dessa maneira, a obtenção de dados fidedignos é de extrema complexidade. Portanto, nesse trabalho, serão consideradas as informações obtidas nos materiais de divulgação do fabricante, bem como através da mídia especializada.

Por fim, foi utilizado o método qualitativo para comparar os dois sistemas de armas, à luz de livros e artigos científicos, com o objetivo de elencar as características presentes na operação de ambos, possibilitando assim conectar as capacidades obtidas com a operação do novo sistema com as demandas e atribuições atualmente sob responsabilidade da Força Aérea no âmbito da defesa do espaço aéreo brasileiro.

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de armamentos cada vez mais capazes e potentes, compelindo as forças armadas ao redor do mundo a constantemente aprimorarem seus arsenais para se manterem em um patamar competitivo em um ambiente cada vez mais complexo. Nesse cenário, a Força Aérea Brasileira ocupa uma posição chave como responsável pela defesa do maior país em extensão territorial na América do Sul, possuidor de diversas riquezas e recursos cobiçados internacionalmente. O controle das fronteiras terrestres e marítimas requer uma vigilância constante para garantir que os interesses da nação sejam preservados. Assim, a FAB encontra-se em uma situação em que deve, ao mesmo tempo, dissuadir quaisquer ameaças a sua soberania, bem como ser capaz de efetivamente responder a qualquer tipo de agressão ou violação contra sua área de responsabilidade.

Os Documentos de Defesa Nacional são categóricos ao afirmar que o domínio do ambiente aeroespacial é fundamental para a garantia da soberania dos interesses da nação, conforme descrito na Estratégia Nacional de Defesa:

Da mesma forma que as dimensões continental e marítima, o ambiente aeroespacial caracteriza-se como de fundamental importância para a Defesa Nacional. O uso do espaço exterior, o controle do espaço aéreo brasileiro e sua permanente articulação com o dos países vizinhos, bem como o contínuo desenvolvimento da atividade aeroespacial são essenciais para resguardar a soberania e os interesses nacionais (BRASIL, 2020, p.14).

O Livro Branco de Defesa Nacional aponta ainda que:

Os desafios a serem enfrentados pela Força Aérea Brasileira são proporcionais aos 22 milhões de km² de sua área de atuação. Com a extensão continental do espaço

aéreo a ser controlado, defendido e vigiado, aliada à complexidade do cenário internacional atual, criam-se múltiplos desafios para a Força, que deverá ser capaz de responder às demandas com meios modernos e eficientes (BRASIL, 2020, p.88).

Dessa forma, estudar as novas capacidades que esse novo sistema de armas traz para a Defesa Aérea, comparando com as que a FAB possui atualmente, auxilia a entender os ganhos provenientes dessa aquisição, não somente no campo operacional mas também como no campo da dissuasão. Segundo Júnior (2015), os mísseis BVR se mostraram uma arma estratégica e dissuasória, permitindo ao piloto a exploração dos princípios de guerra e influenciando decisivamente na vitória na batalha. Dessa forma, a compra das aeronaves e mísseis através do projeto FX-2 está em consonância com o abordado como uma das Estratégias de Defesa, na Estratégia Nacional de Defesa:

ED-2 Fortalecimento da capacidade de dissuasão

Essa Estratégia significa desenvolver, aprimorar e consolidar os fatores que conferem ao País condições para desestimular qualquer ação hostil contra sua soberania, seus interesses, anseios e aspirações. AED-8 Dotar o País de Forças Armadas modernas, bem equipadas, adestradas e em estado de permanente prontidão, capazes de desencorajar ameaças e agressões (BRASIL, 2020, p.63).

Pode-se perceber que a Força Aérea desempenha um papel importante na estratégia de defesa do Brasil. Entretanto, com a utilização dos vetores F-5EM, armados com os mísseis Derby, a FAB carece de alguns fatores importantes para o atual cenário do combate aéreo, disputado na arena BVR. Essas carências são traduzidas pela falta de um radar *Active Electronically Scanned Array*⁶ (AESA) de grande potência e de um míssil BVR que tenha um alcance satisfatório. A compra dos novos vetores Gripen NG, que possuem capacidade de *data-link*⁷, em paralelo à aquisição dos mísseis Meteor, permite que a FAB faça uso integrado desses armamentos em conjunto com outros vetores presentes em seu arsenal, como o E-99M⁸, conseguindo suprir as deficiências antes citadas e efetivando o Poder Aéreo brasileiro no cenário da defesa aérea (RIBEIRO, 2015).

Dessa forma, dado o exposto nos textos acima, percebe-se o aspecto estratégico da atualização e ampliação das capacidades de combate BVR da FAB com a utilização do binômio Gripen-Meteor para o cenário desafiador da Defesa Aérea nos dias atuais. Além disso, percebe-se que verificar os ganhos proporcionados por tal aquisição serve para

⁶*Active Electronically Scanned Array* refere-se ao radar que tem a capacidade de mudar sua área de observação através da emissão de múltiplos pulsos em micro-intervalos de tempo, tornando-o mais rápido que os antigos radares mecânicos, que precisavam apontar sua antena para a direção desejada.

⁷*Data-link* é o termo empregado para se referir aos sistemas de comunicação e compartilhamento de dados dos sensores de diversas aeronaves, potencializando a consciência situacional durante o combate.

⁸E-99M é o vetor utilizado pela FAB para vigilância e alerta aéreo antecipado.

compreender a escolha de uma plataforma de armas capaz de manter a Força Aérea em um nível combativo e dissuasório satisfatório para a preservação dos interesses nacionais.

3.1 PLATAFORMAS

Para este trabalho, as duas aeronaves estudadas serão o F-5EM, atual vetor de interceptação e defesa aérea empregado pelo Brasil e o seu substituto, o Gripen NG, selecionado através do programa FX-2. Ambas as plataformas serão avaliadas sob os seguintes aspectos relacionados aos critérios de interesse para vetores de defesa aérea: alcance, carga bélica, distância de decolagem, velocidade máxima e de cruzeiro, além das capacidades dos radares e sensores embarcados.

Tais critérios visam permitir avaliar como essas aeronaves preenchem os requisitos de alcance, flexibilidade e versatilidade, mobilidade, penetração, pronta-resposta e velocidade propostos anteriormente, de maneira a poder comparar tecnicamente ambas as plataformas.

3.1.1 Alcance

O alcance das aeronaves está diretamente relacionado com os requisitos de penetração, alcance e mobilidade citados anteriormente, visto que ele representa a capacidade de levar o combate até o inimigo, operando a partir das bases situadas em regiões fora da linha de frente.

O F-5EM é uma aeronave desenvolvida como caça multi-tarefa de baixo custo, projetado para poder cumprir uma diversa gama de missões, à preços que permitissem sua operação por diversas forças aéreas ao redor do mundo, mesmo que não dispusessem de orçamentos tão generosos. Dessa maneira, o caça foi projetado para ser pequeno, leve e ágil. Entretanto, seu tamanho reduzido significa também menos combustível, trazendo seu raio de combate para próximo de 220 km com máxima carga e com capacidade de translado de aproximadamente 3.200 km (JORGE, 2019).



Figura 2 F-5EM transportando mísseis Derby e TP4

Fonte: CENTENO, 2021.

Já seu sucessor, o Gripen NG, foi projetado para ser uma aeronave que combinasse versatilidade e desempenho em uma plataforma considerada pequena quando em comparação a outros vetores da atualidade, porém substancialmente maior que o F-5EM. Além disso, seu motor otimizado permite um menor consumo de combustível, elevando assim seu raio de ação. De acordo com Ubiratan (2020), segundo dados divulgados pela Saab, seu alcance seria de aproximadamente 1.300 km, armado com 2 mísseis de curto alcance e mais 4 de médio/longo alcance, com capacidade de mais 30 minutos *on-station*⁹. Para traslado, sem armamentos, seu alcance estimado é de 4.000 km.

⁹ *On-station* refere-se ao tempo em que a aeronave pode permanecer engajada na zona de conflito.



Figura 3 Alcance do Gripen NG operando a partir de Canoas, Anápolis e Manaus

Fonte: POGGIO, 2010.

3.1.2 Carga Bélica

Sendo uma plataforma d'armas, obviamente a carga bélica que pode ser empregada pelos vetores aéreos é um quesito de extrema importância para medir sua flexibilidade e versatilidade. Ambas as aeronaves são consideradas como aeronaves multimissão, podendo transportar diversos armamentos ar-ar e ar-terra nos cabides das asas, além de canhões internos.

Nesse quesito, o F-5EM possui um canhão M39 A3 de 20mm, com capacidade de 280 cartuchos. Além disso, pode carregar um total de 4.740 kg de carga útil. Um arsenal composto por mísseis Derby, de longo alcance, mísseis de curto alcance Python 3 e 4, bombas de emprego geral e tanques externos, que podem ser distribuídos em 5 pontos rígidos, sendo 1 ponto no ventral e os outros 4 nas asas (VINHOLES, 2021).

Em contrapartida, o Gripen NG carrega consigo um canhão Rheinmetall BK27 de 27 mm com capacidade para 120 munições. Além disso, possui 10 pontos para cargas externas, com múltiplas combinações de emprego para o arsenal da FAB. Uma carga útil de 7.200 kg

permite levar uma considerável quantidade de armamentos e sensores para o campo de batalha. No caso da FAB, dentre esse arsenal, figuram os mísseis infravermelho IRIS-T, bem como os já citados mísseis Meteor, além de bombas SPICE 1000 e SPICE 250 com guiamento via GPS/Inercial, sensores Litening G4 e Reccelite XR, dedicados à aquisição de alvos de solo e reconhecimento tático, além de tanques externos de combustível (CENTENO, 2022).

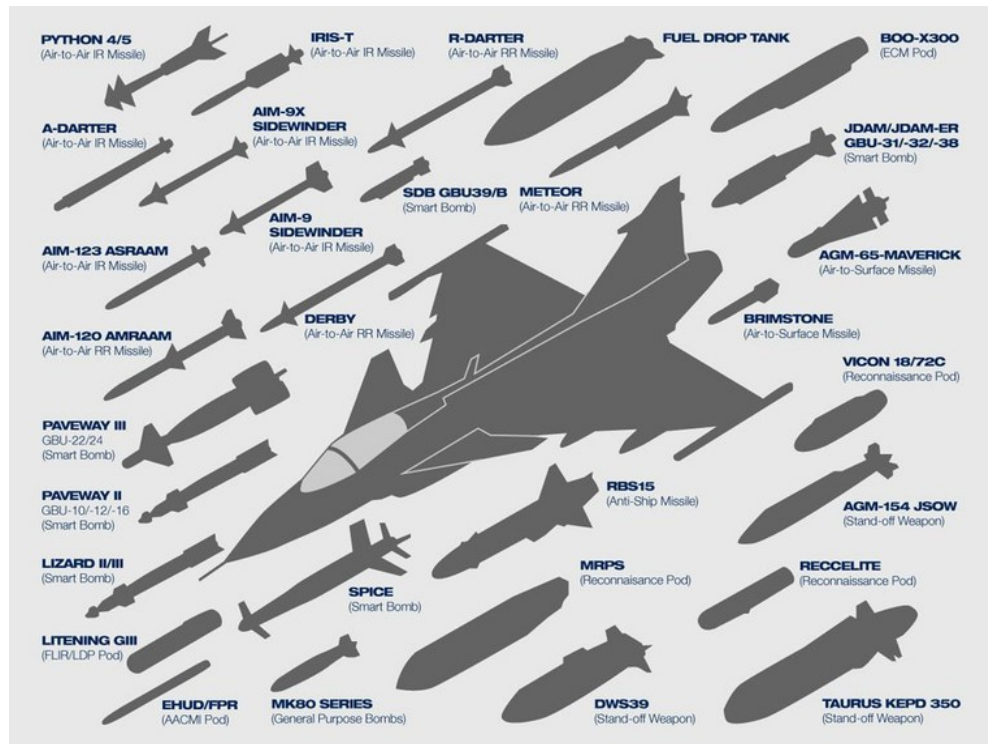


Figura 4 Todos os sistemas disponíveis para operação já integrados à plataforma Gripen NG

Fonte: Poder Aéreo, 2015.

3.1.3 Distância de decolagem

Observando-se os critérios de mobilidade e flexibilidade, não se pode deixar de lado as características de decolagem das aeronaves. Por vezes, a operação em cenários de conflito não permite que os vetores sejam lançados singularmente a partir de pistas de grandes extensões e condições ideais.

Nesse cenário, o F-5EM entra em grande desvantagem, pois somente pode operar a partir de pistas pavimentadas e com extensão considerável, sendo que sua distância normal de decolagem é de cerca de 1.500 metros (AVIAÇÃO MILITAR, 2018).

Em contrapartida, o Gripen NG foi pensado para operação no cenário sueco, no qual diversas de suas rodovias servem como pistas em caso de necessidade durante um conflito. Dessa maneira, essa plataforma foi projetada para poder decolar em 600 metros, em pistas

improvisadas (MALLOCH, 2019, tradução do autor). Essa capacidade possibilita sua operação a partir de diversas pistas presentes, por exemplo, na região amazônica, cujo comprimento limitado restringe atualmente a operação do F-5EM.

3.1.4 Velocidade máxima e de cruzeiro

Observando os aspectos de penetração, velocidade e pronta-resposta, não se pode deixar de lado as características de velocidade máxima e de cruzeiro, fundamentais para um vetor de defesa aérea em um país de dimensões continentais como o Brasil. Uma das ações desempenhadas na defesa aérea é a de interceptar aeronaves que adentrem ilegalmente no espaço aéreo, para identificação e orientações, sendo que uma resposta veloz à quaisquer tipos de intrusão serve também como ferramenta dissuasória. Além disso, considerando os caças como aeronaves projetadas para atacar o inimigo, a capacidade de se infiltrar, atingir o inimigo e voltar em segurança depende em muito da velocidade que os vetores conseguem empregar.

Sob essa luz, o F-5EM tem boas capacidades, podendo atingir Mach¹⁰ 1.4 em determinadas altitudes e configurações. Entretanto, o voo supersônico nessa aeronave requer a utilização do pós-combustor¹¹, algo que aumenta significativamente o consumo de combustível, restringindo sua autonomia e limitando seu voo de cruzeiro a Mach 0.98.

Por sua vez, o Gripen NG é dotado de um motor F414G, com uma taxa de empuxo superior a 22 mil lb (98 kN), viabilizando velocidade de *supercruise*¹² equivalente a Mach 1.1, com armas ar-ar, em regime de cruzeiro. Sua velocidade máxima é de Mach 2.0 com uso do pós-combustor (MALLOCH, 2019, tradução do autor).

¹⁰ Termo que expressa a relação de qualquer velocidade com a velocidade do som; o número Mach 1,00 é igual à velocidade do som, isto é, 1216 km/h ao nível do mar (ANTAS, 1979).

¹¹ Pós-combustor é um sistema de aumento de empuxo que injeta combustível para ser queimado na saída da turbina, através dos gases em alta temperatura provenientes da câmara de combustão (VIANA, 2015).

¹² *Supercruise* é o regime da aeronave que possibilita o voo acima de Mach 1.0 sem uso do pós-combustor.



Figura 5 Um F-5EM com os pós-combustores acionados antes de mais uma missão

Fonte: JOHNSON BARROS.

3.1.5 Radares e Sensores

No complexo cenário da guerra aérea moderna, o uso de dispositivos eletrônicos de detecção tornou-se peça chave e muitas vezes determinante para a vitória nos conflitos aéreos. Com o surgimento dos radares, encontrar o inimigo não dependia mais da acuidade visual, mas sim da potência e alcance das antenas. A tecnologia avançou para tal ponto que hoje, toda aeronave de caça que deseja sobreviver no campo de batalha deve dispor de sensores que possam detectar as ações do inimigo; Para Pires (2019) “Na ação de Defesa Aérea é fundamental para o seu sucesso obter a vantagem de enxergar primeiro o inimigo, [...] o que permite antecipar sua manobra e se colocar no melhor posicionamento para empregar o armamento antes do oponente e abatê-lo”. Assim, o alcance e a capacidade de mudar a área de observação são fundamentais para detectar os alvos, antes que eles também o identifiquem.

Da mesma maneira, sensores que possam avisar quando a aeronave estiver sendo identificada por um radar, bem como se um míssil estiver a caminho, são itens que elevam a consciência situacional dos pilotos durante o combate, facilitando ações evasivas ou manobras que permitam colocar-se em posição de vantagem. Outro ponto interessante é impedir a detecção do seu próprio vetor por parte dos sensores do adversário, bem como de seus mísseis. Dessa forma, os radares e sensores embarcados desempenham papel fundamental nas características de alcance, visto que determinam a área que um vetor pode monitorar, bem

como a flexibilidade com que a aeronave pode alternar seu papel como agressora ou defensora e interagir com seus aliados durante o combate.

No caso do F-5EM, no quesito radar, após a modernização foi instalado um moderno radar italiano Grifo-F de Pulso Doppler, com ângulo de observação de até 60°, que segundo Pires (2019) “apresenta alcance 56 km contra alvos voando em grandes altitudes e de 38 km contra alvos voando a baixa altura”. Tal aparelho representa um salto evolutivo na eletrônica embarcada desse modelo, colocando-o inclusive em condições de empregar o míssil Derby na arena BVR. Além disso, possui um sistema RWR (*Radar Warning Receiver*¹³) capaz de alertar o piloto caso a aeronave esteja sendo alvo de algum radar (AVIAÇÃO MILITAR, 2018).

O Gripen NG por sua vez possui um dos mais modernos radares em operação no mundo, o Raven ES-05 de varredura eletrônica, que tem capacidade de rastreamento de múltiplos alvos com feixes distintos, em um ângulo de observação de até 120°. Essas características são complementadas ainda por um alcance estimado de mais de 120 km, que por sua vez coloca o Gripen NG em condição de vantagem na arena BVR (PIRES, 2019).

Além dos radares, esse vetor carrega ainda sensores RWR, bem como o sistema IRST (*Infra-Red Search and Track*) o qual recebe passivamente as emissões de calor de adversários no ar e no solo, aumentando ainda mais a consciência situacional do piloto. Completando esse conjunto estão os sistemas MAWS (*Missile Approach Warning System*) e ECM (*Electronic Countermeasures*), que servem para, respectivamente “alertar sobre a aproximação de mísseis disparados na direção do Gripen” e “[...] enganar os radares de rastreamento do inimigo, bloqueando-os ou criando vários alvos fantasmas [...]” (SAAB, 2022, tradução do autor).

¹³ Sistema passivo que alerta quando recebe sinais de radar provenientes de sistemas inimigos, como aeronaves e mísseis.

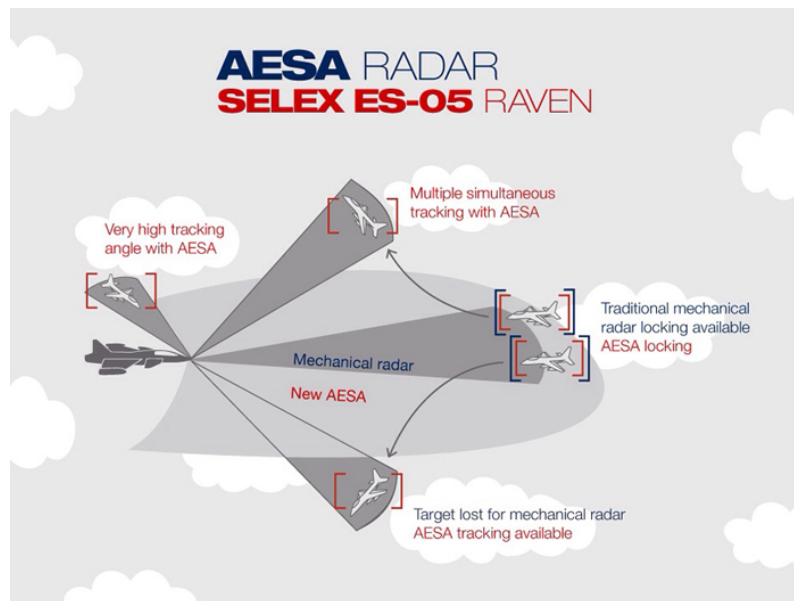


Figura 6 capacidades do radar AESA Raven ES-05

Fonte: Defesa Aérea & Naval, 2019.

3.2 MÍSSEIS

Neste estudo, os dois mísseis contemplados serão o israelense Derby, da empresa RAFAEL, atual armamento para engajamento na arena BVR empregado pelo Brasil e o seu substituto, o europeu Meteor, da MBDA Systems, selecionado em conjunto com a plataforma Gripen NG, através do programa FX-2. Segundo Borges:

A análise do armamento a ser utilizado no conjunto que comporá o sistema d'armas utilizado na Defesa Aérea do país é fundamental para o máximo proveito das principais características de performance em adequação às situações econômicas e geopolíticas deste (BORGES, 2018, p.22).

Complementarmente, Santos pontua que:

Com o incremento progressivo da Guerra Eletrônica e da utilização, cada vez maior, do espectro eletromagnético, aumentou-se a necessidade de autodefesa a distâncias cada vez maiores, com armamentos mais precisos e inteligentes, capazes de proporcionar uma menor exposição da plataforma utilizada ao oponente. Também os aviões de caça exigiram uma nova classe de precisão, a precisão a longas distâncias, pois os combates com canhão se converteram a meras casualidades e a utilização dos mísseis de curto alcance, um fato raro (SANTOS, 2004, p.9).

Sob essa ótica, ambos os projetos serão avaliados sob os seguintes aspectos relacionados aos critérios de interesse para mísseis de uso além do alcance visual: velocidade máxima, tipo de propulsão na fase terminal, tipo de guiamento até o alvo, “*No Escape Zone*”, alcance útil, manobrabilidade e dimensões.

3.2.1 Velocidade máxima

Atingir alvos a uma grande distância sempre foi um desafio, principalmente devido ao tempo de reação do inimigo. Conforme as capacidades dos radares RWR e demais sensores de detecção de mísseis foram sendo ampliadas, o lançamento de um míssil passou poder ser identificado com relativa velocidade, permitindo que os oponentes usassem seus aparatos de guerra eletrônica para enganar os sistemas de guiamento, bem como proceder manobras evasivas com uso de *chaffs* e *flares* de maneira a evitar a agressão.

Sendo assim, uma das características chave para o sucesso dos mísseis BVR é a sua velocidade, visto que quanto menos tempo o míssil leva entre o lançamento e o alvo, menores são as chances de defesa por parte do inimigo e por conseguinte, maior é a eficácia do armamento, materializando assim as características de Penetração, Velocidade e Pronta-Resposta.

O míssil israelense Derby foi desenvolvido como sucessor dos mísseis da série Python, da mesma empresa, a RAFAEL Advanced Defence Systems, entre o fim dos anos 80 e começo dos 90. Comprado em 2006 pela FAB, foi o primeiro míssil por ela operado com capacidades BVR (CENTENO, 2021). Equipado com motor de foguete, o míssil Derby pode atingir a velocidade de Mach 3 (BORGES, 2018).



Figura 7 Míssil Derby equipando um F-5EM na Base Aérea de Santa Cruz

Fonte: SISTEMAS DE ARMAS, 2009.

Em contrapartida, a nova aquisição da FAB, o míssil BVR Meteor “foi desenvolvido por um grupo de parceiros europeus liderados pela MBDA para atender às necessidades de

seis nações europeias: Reino Unido, Alemanha, Itália, França, Espanha e Suécia. O sistema de armas equipará as aeronaves Eurofighter Typhoon, Rafale e Gripen” (MBDA MISSILE SYSTEMS, 2022, tradução do autor). O objetivo era criar um míssil que colocasse seus possuidores em posição de dominância nos combates fora do alcance visual. Para tanto, “Foram estudadas tecnologias como propulsão ramjet-foguete (ram-rocket), datalink de duas vias, sensores banda dupla e dois tipos (IR e radar), tecnologia furtiva e resistência a contramedidas eletrônica” (SISTEMAS DE ARMAS, 2011). No quesito velocidade, o míssil atinge velocidades acima de Mach 4 (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2021, tradução do autor).

3.2.2 Propulsão e Alcance útil

Observando aos requisitos de Velocidade e Alcance, a característica Propulsão determina como esses dois fatores serão alcançados, visto que, após o lançamento, a maioria dos mísseis BVR ativam seu motor foguete, queimando combustível sólido de maneira a acelerar para adquirir energia e atingir o alvo. Entretanto, após a queima do combustível, o míssil perde a capacidade de continuar acelerando, ficando dependente da energia cinética adquirida para navegar até o oponente.

Como pode-se perceber, a Propulsão exerce grande influência no Alcance do míssil, o qual por sua vez representa os requisitos de Alcance e Penetração ao determinar a área em que um alvo pode ser engajado.

O míssil Derby possui a propulsão foguete descrita anteriormente, portanto seu alcance depende muito da velocidade e altitude no momento do lançamento, visto que seu motor não é capaz de ajustar a queima de acordo com a distância, fazendo com que todo o propelente seja gasto de uma única vez. Segundo dados, o engajamento ficaria limitado a 50 km, devido aos fatores anteriormente citados. Entretanto, segundo a fabricante, o míssil tem um alcance superior a 63 km, se lançado a Mach 0.9 a 25.000 pés de altura contra um alvo frontal¹⁴, embora seu alcance máximo e sua faixa efetiva de busca permaneçam altamente classificados (BORGES, 2018)

Já o Meteor tem, como citado anteriormente, um sistema de propulsão *ramjet*, o qual fornece a capacidade de manter altas velocidades consistentes. O míssil inclui uma *Eletronic Power Control Unit*¹⁵ (EPCU) que ajusta a entrada de ar do foguete e dos dutos com base na

¹⁴ Um alvo frontal caracteriza-se quando a direção do deslocamento do oponente é contrária à do atacante.

¹⁵ *Eletronic Power Control Unit* faz referência à unidade eletrônica automatizada que controla a velocidade do míssil, usando dados como distância e altitude do alvo.

velocidade de cruzeiro e na altitude do alvo. A EPCU observa a distância e o nível de combustível no foguete e ajusta a aceleração do foguete, gerenciando seu combustível. Devido à essa capacidade de gerenciar o consumo do propelente, o alcance do míssil é aumentado em relação aos seus competidores como motores de foguete, oferecendo um raio de engajamento de até 100 km (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2021, tradução do autor).

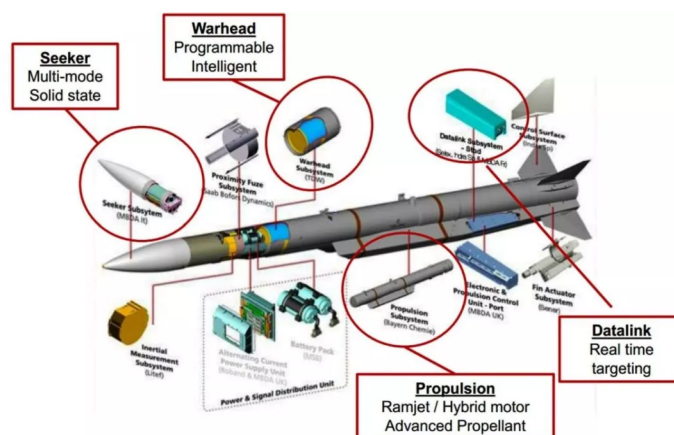


Figura 8 Esquema representando as diversas partes do Meteor, incluindo o motor *ramjet*

Fonte: THINK DEFENCE, 2022.

3.2.3 Guiamento

Os mísseis podem ter uma ampla gama de mecanismos de guiamento para conduzir o armamento até atingir o oponente. No escopo dos mísseis abordados no presente estudo, os sistemas de direção são ativos, utilizando um radar para fazer a identificação dos alvos quando a fase terminal. Esse emite sinais de radiofrequência, que são refletidos pela superfície da aeronave inimiga, retornando para fonte das emissões, a qual faz correções em seu curso para chegar até a posição desejada. A capacidade do míssil de calcular a posição da aeronave por meios próprios, sem depender do guiamento do radar embarcado na aeronave, confira-lhe as características conhecidas como “*Fire and Forget*” e “*Lock-On after Launch*”, as quais traduzem o requisito de Versatilidade ao permitirem diversos modos de emprego. Santos fornece explicações sobre essa e mais algumas capacidades encontradas nos mísseis Derby e Meteor:

TIPOS DE CAPACIDADES:

- a) Lock-on before launch – significa que o sistema consegue acoplar o alvo antes do seu lançamento, ou seja, já existe aquisição ainda na plataforma;
- b) Lock-on after launch – é a possibilidade de aquisição do alvo após abandonar a aeronave lançadora, via dados recebidos posteriormente por algum enlace de dados ou quando o míssil ativar suas funções de guiamento final;

c) Fire-and-forget – é a não necessidade de monitoração do míssil/alvo por parte da plataforma lançadora, ou seja, correspondente a disparar e esquecer (podendo abandonar a área de combate) (SANTOS, 2004, p.15).

Outro fator importante para a precisão do míssil é o sistema de navegação utilizado durante o voo intermediário, antes de chegar próximo da área onde está o alvo. O Derby e o Meteor, como a maioria dos mísseis, utilizam o sistema de guiamento inercial para a fase intermediária. Entretanto, o diferencial do Meteor é o fato de possuir um sistema de guiamento misto, que segundo a SAAB (2022), permite à plataforma de lançamento fornecer atualizações sobre alvos ou reorientação quando o míssil está em voo, através de um sistema de *datalink* de duas vias. Essa conexão permite que o míssil, após o lançamento, receba informações de uma aeronave diferente da lançadora. No caso do Brasil, isso quer dizer que um E-99M, cujo radar, segundo o fabricante, possui um alcance de busca de 350 km a 450 km, poderia fornecer informações para auxiliar a navegação do míssil até alvos além do alcance do radar do Gripen NG (VINHOLES, 2019).



Figura 9 Aeronave E-99M da FAB para vigilância e alerta aéreo antecipado

Fonte: VINHOLES, 2019.

3.2.4 Manobrabilidade e “No Escape Zone”

Velocidade e energia são dois conceitos intrinsecamente ligados, sendo que no cenário do combate aéreo com mísseis, a maior velocidade do projétil confere-lhe maior energia para

ser utilizada nas manobras ao perseguir o alvo. Além disso, o limite de G's que podem ser aplicados pelos míssil também servem como ferramenta para mensurar sua manobrabilidade, visto que para fazer curvas com menor raio, é necessário aumentar a força G aplicada. Essas características de manobrabilidade são diretamente relacionadas ao conceito de “*No Escape Zone*”, que determina a área em que um alvo tem a menor chance de escapar do míssil, pois quanto maior a liberdade do míssil para mudar sua trajetória, maior sua capacidade de sobrepujar as manobras evasivas do oponente. Dessa maneira, ambas as características influenciam nos requisitos de Penetração e Flexibilidade, por representarem a capacidade do míssil de adaptar-se ao cenário e manter sua efetividade frente aos subterfúgios empregados pelo adversário, atingindo-o em situações que o mesmo não considerava serem possíveis.

No caso do Derby, seu motor foguete o acelera para uma velocidade considerável, conferindo-lhe bastante energia e com isso, poder de manobra. Segundo dados, ele seria capaz de fazer curvas sustentando forças de até 50 G's, conferindo-lhe uma boa capacidade de perseguir seus alvos. Entretanto, apesar de tal manobrabilidade, conforme visto anteriormente, o míssil possui um alcance limitado, algo que se traduz em uma “*No Escape Zone*” de cerca de 15 km (CASTRO, 2009). Essas características o tornam um tanto quanto restrito para operação BVR, visto que sua efetividade em engajamentos além dessa distância seria reduzida.

De maneira distinta, o sistema de propulsão do Meteor opera em três fases; primeiro, ele acelera até a velocidade e altitude de cruzeiro; em sua fase intermediária, o míssil otimiza sua velocidade e direção para a fase final de interceptação. Na fase de interceptação, em virtude do motor *ramjet*, o Meteor pode acelerar para minimizar as chances de fuga do alvo (THINK DEFENCE, 2022, tradução do autor). Essa preservação de energia ao longo do voo e a capacidade de acelerar em direção ao alvo permitem que sua NEZ¹⁶ (*No Escape Zone*) seja maior do que qualquer míssil em operação na atualidade, girando em torno de 60 km (UPPAL, 2021, tradução do autor).

3.2.5 Dimensões

Devido às plataformas aéreas serem restritas em questão de tamanho e capacidade de carga, balancear a distribuição de peso e espaço entre combustível, sensores e armamentos é vital para que a plataforma de armas seja efetiva em seu emprego. Além disso, alguns pontos

¹⁶ *No Escape Zone* é definida como a área em que o míssil consegue obter a maior probabilidade de acertar o alvo, a despeito de manobras evasivas ou contramedidas lançadas pelo adversário.

rígidos para cargas externas possuem restrição no tipo e tamanho de equipamento que podem sustentar. Esse é o caso dos trilhos de mísseis instalados nas pontas das asas, tanto do F-5EM quanto do Gripen NG, sendo destinados principalmente ao uso de mísseis de curto alcance.

Dessa maneira, mísseis com dimensões e peso avantajados podem representar uma restrição nas operações, limitando o tipo e número de armamentos que podem ser levados em uma missão e sendo de grande influência no quesito Mobilidade, ao influenciarem na capacidade que uma aeronave tem de se mover em configuração de combate. No caso do míssil Derby, seu comprimento é de 3,62 m, com 16 cm de diâmetro. Seu peso total é de 118 kg, sendo considerado um míssil leve para sua classe (CASTRO, 2009). Essas características possibilitam seu uso no F-5EM, uma aeronave considerada pequena, mas que limitaram a configuração padrão para defesa aérea a um máximo de dois mísseis BVR, visto que estes somente podem ser instalados nos cabides sob as asas, acompanhados de mais 2 mísseis de curto alcance (RIBEIRO, 2015).

O Meteor por sua vez, apresenta um peso de 190 kg, com comprimento de 3,7 m e diâmetro de 17,8 cm, segundo a MBDA Systems (2022). Esse peso avantajado pode ser considerado um limitador em sua operação. Entretanto, quando combinado com os 7.200 kg de carga que podem ser transportados pelo Gripen NG, bem como com seu grande número de pontos rígidos, a configuração da aeronave para missões de combate aéreo permite levar de 4 a 6 mísseis desse tipo, bem como mais 2 mísseis de curto alcance (RIBEIRO, 2015).

3.3 RESULTADOS

Após analisar os dados apresentados, percebe-se que a compra da aeronave Gripen NG, bem como dos mísseis Meteor, foi ao encontro das necessidades apresentadas pela FAB no cumprimento do seu dever constitucional de defesa do espaço aéreo brasileiro. O quadro comparativo abaixo sintetiza a comparação realizada entre os vetores analisados:

Aeronaves	Alcance Translado	Alcance Combate	Velocidade Máxima	Velocidade Cruzeiro	Carga bélica	Radares	Decolagem	Sensores
Gripen NG	4.000 km	1.300 km	2.0 Mach	1.1 Mach	7.200 kg	120° e 120 km	600 m	RWR, MAWS, IRST e ECM
F-5EM	3.200 km	220 km	1.4 Mach	0.98 Mach	4.740 kg	60° e 56 km	1.500 m	RWR

Figura 10 Tabela comparativa de capacidade do Gripen NG x F-5EM

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Considerando as características de Força Aérea elencadas para o escopo deste trabalho, obtém-se a seguinte conclusão acerca das aeronaves:

- Considerando a característica Alcance, o Gripen NG fornece uma vantagem imensa em comparação com o F-5EM. Seu alcance de traslado equivale a 125% do último, e seu alcance de combate é quase 6x maior do que o do atual vetor em operação. Isso permite que, operando apenas a partir das bases de Anápolis, Canoas e Manaus, toda a fronteira terrestre do Brasil esteja em seu raio de ação, ao mesmo tempo em que se encontra em posições que permitem a cobertura de quase todo o território nacional. No caso da operação do F-5EM, sua área de ação demandaria desdobrar diversas unidades em diversos locais, para atingir o mesmo patamar de abrangência fornecido pelo Gripen NG.
- Observando a característica Velocidade, o Gripen NG possui uma capacidade inovadora no arsenal de vetores aéreos operados até o momento pela FAB, o *Supercruise*, que permite atingir velocidades acima da velocidade do som sem o uso do pós-combustor, otimizando o uso de combustível e aumentando o alcance da aeronave. A possibilidade de voar em cruzeiro a Mach 1.1, comparado à Mach 0.98 do F-5EM já representa uma evolução considerável, porém, ao observar a velocidade máxima do Gripen, equivalente a quase 150% daquela desempenhada pela aeronave mais antiga, a vantagem torna-se inegável. Mais velocidade representa atingir o objetivo, no caso da Defesa Aérea, interceptar o alvo mais rapidamente, impedindo que o mesmo consiga violar em profundidade o território nacional, bem como mais potência e energia disponíveis em um cenário de combate.
- Em se tratando de Mobilidade, as características Alcance e Velocidade já retratam a superioridade do Gripen NG. Entretanto, ao adicionar a distância de decolagem a essa equação, percebe-se que a capacidade de operação em pistas com quase um terço do tamanho daquelas demandas para a operação do F-5EM possibilita que a plataforma mais nova opere pistas com menor infraestrutura ou até mesmo improvisadas. Essa capacidade aumenta a quantidade de aeródromos que podem ser utilizados como bases de operação, por exemplo, na região amazônica, onde há uma maior dificuldade de construir e manter pistas de grandes dimensões.
- No quesito Flexibilidade, o Gripen NG, com seu avançado radar, permite o emprego de seus armamentos em diversas condições de engajamento, possuindo um ângulo de abertura equivalente a 2 vezes o do F-5EM. Isso significa poder realizar manobras defensivas mais agressivas ao mesmo tempo em que mantém o adversário sob sua mira, aumentando suas probabilidades de sobrevivência. Além disso, por ter uma gama maior de sensores embarcados, a detecção de ameaças pode ser feita através de

sensores passivos, que não emitem alertas ao inimigo, conferindo ao Gripen NG uma consciência situacional superior no cenário de combate, permitindo sua operação em ambientes de guerra eletrônica mais complexos.

- Sob o aspecto Versatilidade, o Gripen NG possui mais pontos rígidos e uma capacidade de carga bélica maior, permitindo-lhe decolar com uma maior gama de armamentos. A título de exemplo, é possível que o Gripen NG decole com bombas para realizar uma ataque ao solo, ao mesmo tempo que carrega em seus cabides mísseis Meteor para um cenário de combate BVR, permitindo-o realizar sua autodefesa. No caso do F-5EM, a configuração de ataque ao solo não permite carregar mísseis BVR, deixando-o virtualmente exposto nesse cenário de engajamento.
- Observando o aspecto Penetração, as características de Alcance e Velocidade são fundamentais, visto que determinam quão rápido e distante pode ser realizada uma ação, que no caso da defesa aérea é a interceptação. Além disso, considerando penetração também como a área em que um alvo pode ser engajado, o radar do Gripen NG possui um alcance estimado de pelo menos 120 km, em contraste com apenas 56 km do presente no F-5EM. Isso significa poder colocar um inimigo sob sua mira ao mesmo tempo em que se mantém fora do alcance de seus radares e sensores, dificultando uma resposta adversária, ou pelo menos realizar a sua detecção com maior antecipação, fatores fundamentais no cenário de conflito BVR.
- Por fim, no aspecto Pronto-Resposta, a velocidade da aeronave é fator determinante, visto que exerce influência no tempo despendido entre a decolagem da aeronave e o momento da interceptação. Além disso, por ter maior alcance radar e mais sensores para detecção, a eficácia do Gripen NG durante uma missão desse tipo tende a ser maior que a do F-5EM, mais lento e menos equipado.

Completando a análise do conjunto, os armamentos provaram-se de suma importância, por serem as ferramentas com as quais o piloto é capaz de engajar o adversário. A comparação das características dos mísseis Derby e Meteor é sintetizada na tabela abaixo:

Mísseis	Alcance	Velocidade Máxima	Propulsão	"No Escape Zone"	Dimensões	Guiamento
Meteor	100 km	4.0 M	Ramjet	60 km	190 kg	Inercial, Radar e Datalink
Derby	63 km	3.0 M	Foguete	15 km	118 kg	Inercial e Radar

Figura 11 Tabela comparativa de capacidade do Meteor x Derby

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Considerando as características de Força Aérea elencadas para o escopo deste trabalho, obtém-se a seguinte conclusão acerca dos armamentos:

- Considerando a característica Alcance, o Meteor tem dominância com relação ao Derby visto que seu alcance útil é significativamente maior, além de ser considerado provavelmente o maior do mercado na atualidade. Ao associar o alcance dos mísseis com o dos radares, pode-se perceber que o míssil Derby fica subutilizado, pois seu raio de ação de 63 km é inferior aos 56 km de detecção do radar embarcado no F-5EM, limitando sua operação. Em contrapartida, o radar do Gripen NG possui 120 km de alcance, permitindo detectar e monitorar o alvo para somente então julgar o momento adequado do lançamento do Meteor, ainda em uma distância de aproximadamente 100 km.
- Observando a característica Velocidade, o Meteor tem uma velocidade máxima equivalente a 130% do Derby. Isso representa um menor tempo de resposta do adversário, bem como menor tempo de exposição do míssil às interferências inimigas, aumentando assim a probabilidade de sucesso em seu emprego.
- Em se tratando de Mobilidade, o peso e as dimensões do Derby são inferiores às do Meteor, possibilitando assim que a aeronave consiga, em teoria, transportar mais mísseis ou levar menos peso para o combate. Entretanto, considerando a operação conjunta do Gripen NG com o Meteor, a maior carga útil e maior número de pontos fixos permite à plataforma levar mais mísseis do que o F-5EM armado com os Derbys.
- No quesito Flexibilidade, o Meteor leva vantagem em relação ao Derby, por possuir um motor *ramjet*, que o permite acelerar na fase terminal e preservar sua energia ao longo do voo. Essa característica possibilita uma maior manobrabilidade e, conseqüentemente, uma “*No Escape Zone*” 4 vezes maior que a do Derby, flexibilizando o engajamento ao aumentar sua resistência à manobras evasivas por parte do adversário e aumentando as chances de acerto mesmo com lançamentos realizados em distâncias elevadas.
- Considerando o aspecto Versatilidade, os tipos de guiamento até o alvo traduzem como os mísseis podem operar de maneira independente ou conjunta com outros recursos disponíveis na FAB. O fato do Meteor possuir capacidade de *datalink* permite que o míssil seja disparado por uma aeronave e guiado por outra, aumentando assim as possibilidades de emprego em um cenário BVR com complexidade elevada de guerra eletrônica.

- Observando o aspecto Penetração, os quesitos velocidade máxima, “*No Escape Zone*” e alcance útil são a materialização dessa capacidade, pois representa quão rápido e distante um alvo pode ser engajado com sucesso, com o Meteor sobrepujando seu rival em todos esses critérios.
- Finalmente, no aspecto Pronta-Resposta, a velocidade do míssil influi diretamente no tempo gasto entre o lançamento e a chegada até o alvo, sendo o Meteor novamente dominante nesse quesito.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, foi apresentado o panorama geral enfrentado pela FAB nas últimas décadas no setor da Defesa Aérea, demonstrando a necessidade de atualizar seu arsenal para atender os novos desafios decorrentes das evoluções tecnológicas em questão de vetores e armamentos. Foi apresentado também o crescente campo de conflitos BVR, no qual a FAB encontrava-se em uma posição deficiente com relação ao panorama global.

Foram então definidos os critérios julgados necessários para que a FAB tenha a capacidade de efetivamente garantir a segurança do espaço aéreo brasileiro, com base no exposto no LBDN e na END. A partir desses critérios foram selecionadas as características técnicas das aeronaves e mísseis que fossem de interesse, com base no exposto anteriormente. Foi realizada a comparação de tais características entre as aeronaves Gripen NG e F-5EM, bem como dos mísseis Derby e Meteor.

Dessa forma, verificou-se o novo patamar em que a FAB ingressa através da substituição do F-5EM equipado com o míssil Derby pelo Gripen NG armado com Meteor, sendo esses últimos tecnologias de ponta que fazem jus aos desafios enfrentado pela FAB no cumprimento da sua missão de defender o espaço aéreo brasileiro, diante de cenários cada vez mais complexos de atuação, como o ambiente BVR, além de incrementarem as capacidades dissuasórias do país.

O resultado do presente estudo abre novas áreas para futuras investigações, como verificar a influência que a compra desses novos equipamentos exerce nas questões de capacidade de dissuasão do país, bem como avaliar o desempenho dessa nova plataforma d’armas frente àquelas possuídas pelos países presentes em nosso entorno estratégico, provendo uma mensuração de capacidades de maneira a prover uma visão mais instrumentalizada acerca de nossas capacidades de projeção estratégica de poder

REFERÊNCIAS

AIRFORCE TECHNOLOGY. **METEOR – Beyond Visual Range Air-to-Air Missile (BVRAAM)**. Airforce Technology, 7 jul. 2021. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/meteor-beyond-visual-range-air-air-missile/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

ANTAS, Luiz. **Glossário de termos técnicos**. São Paulo: Traço, 1979. 756 p. (Coleção Aeroespacial; t. 1.)

ARAÚJO, Bruno. **PREPARO DO PILOTO DE DEFESA AÉREA DA FAB**. Orientador: Cel Av Eduardo Utzig Silva. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Avançado de Comando e Estado-Maior da Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica) - ECEMAR, Rio de Janeiro, 2021.

AVIAÇÃO MILITAR. **Salto Operacional do F-5M para o Gripen E ep15**. Youtube, 04 dez. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GY2gvPivFG0>. Acesso em: 30 abr. 2023.

BASSETO, Murilo. **Caças do Brasil teriam se tornado os mais avançados F-5 do mundo, afirma renomado site dos EUA**. AEROIN, 21 out. 2020. Disponível em: <https://aeroin.net/cacas-f-5-brasil-mais-avancados-mundo-the-drive/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

BORGES, Raul. **AERONAVE GRIPEN NG EQUIPADA COM MÍSSIL BVR METEOR: Eficiência no cumprimento da missão**. Orientador: Cel Av R/1 Edinaldo Célio de Araújo Souza. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) - Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-edefesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf Acesso em: 15 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/ptbr/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 15 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **PROJETO FX-2**. [S. l.]: Ministério da Defesa, 13 ago. 2013. Disponível em: <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/627>. Acesso em: 25 fev. 2023.

CASTRO, Fábio. **Derby**. [S. l.]: Sistemas de Armas, 1 mar. 2009. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/aam/derby.html>. Acesso em: 19 jul. 2022

CASTRO, Fábio. **Meteor**. [S. l.]: Sistemas de Armas, 15 nov. 2007. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/aam/meteor.html>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CASTRO, Fábio. **BVR x WVR**. [S. l.]: Sistemas de Armas, 2007. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/ca/bvr04wvr.html>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CENTENO, Gabriel. **As garras do Tigre: conheça os armamentos dos F-5 da FAB**. [S. l.]: Aeroflap, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/as-garras-do-tigreconheca-os-armamentos-dos-f-5-da-fab/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

CENTENO, Gabriel. **Conheça os armamentos que a FAB usará no F-39 Gripen**. [S. l.]: Aeroflap, 26 mar. 2022. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/conheca-os-armamentos-que-a-fab-usara-no-f-39-gripen/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

ENGLUND, Stefan. **Como o caça Gripen se sai contra o F-15, F-16, F-18, F-22, Rafale e Eurofighter?**. Tradução: Alexandre Galante. [S. l.]: Poder Aéreo, 24 set. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/09/24/como-o-caca-gripen-se-sai-contr-o-f-15-f-16-f-18-f-22-r-afale-e-eurofighter/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

EVANS, Gareth. **Air-to-air missiles – expanding the no-escape zone**. [S. l.]: Airforce Technology, 10 abr. 2012. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/features/featureair-to-air-missiles-expanding-the-no-escape-zone/>. Acesso em: 29 abr. 2023

FORÇA ÁEREA BRASILEIRA . DCTA. **FAB recebe última unidade do caça F-5M modernizado**. [S. l.]: Agência Força Aérea, 16 out. 2020. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/36438>. Acesso em: 17 out. 2022.

GIL, Antonio. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017

GILBERTO, Helmer. **Combate além do alcance visual: um ambiente complexo para tomada de decisão**. Revista da UNIFA Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ano 2017, v. 30, n. 1, p. 7-14, 4 abr. 2022. Disponível em: <https://revistaelectronica.fab.mil.br/index.php/reunifa/issue/view/32>. Acesso em: 15 out. 2022.

HARTMANN, Roberto; WINTER, Luís. **A evolução do projeto FX em F-X2: a disputa de empresas transnacionais em procedimento licitatório para a venda de caças supersônicos com irrestrita transferência de tecnologia para o Brasil**. Direito e Desenvolvimento, v. 8, n. 2, p. 22-37, 2017.

JÚNIOR, Osmar. **A Influência dos Mísseis BVR nos Combates Ar-Ar**. Orientador: Ten Cel Av Marcelo Magalhães Valente Santos. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Comando e Estado-Maior da Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica) - ECEMAR, Rio de Janeiro, 2015.

JORGE, Juvenal. **NORTHROP F-5 TIGER, 60 ANOS – HOJE!** [S. l.]: Autoentusiastas, 30 set. 2019. Disponível em: <https://autoentusiastas.com.br/2019/07/northrop-f-5-tiger-60-anos-hoje/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

NEWDICK, Thomas. **Brazil's Upgraded Tiger IIs Might Be The Most Capable F-5s In The World**. [S. l.]: The Drive, 20 out. 2020. Disponível em: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/37151/brazils-upgraded-tiger-iis-might-be-the-most-capable-f-5s-in-the-world>. Acesso em: 26 fev. 2023.

RIBEIRO, Daniel. **GANHOS OPERACIONAIS PARA A FAB COM AQUISIÇÃO DO GRIPEN NG: COMBATES AR-AR BVR**. Orientador: 1º Ten Av Roberto Moura Bellin. 2015. Trabalho Monográfico de Curso (Curso de Formação de Oficiais da Academia da Força Aérea) - AFA, Pirassununga, São Paulo, 2015

SAAB. **Gripen E - foldout**. [S. l.]: Saab, 21 fev. 2022. Disponível em: <https://www.saab.com/products/gripen-e-series>. Acesso em: 1 maio 2023.

SILVA, Fernando. **O emprego da aeronave Gripen NG da FAB em Guerras de 4ª Geração**. Orientador: Cel Av Eduardo Utzig Silva. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Avançado de Comando e Estado-Maior da Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica) - ECEMAR, Rio de Janeiro, 2021.

SANTOS, Marcelo. **MÍSSEIS BVR – UMA DIMINUIÇÃO DO RISCO NO TEATRO DE OPERAÇÕES**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica) - EAOAR, Rio de Janeiro, 2004.

MALLOCH, Eran. **Saab JAS 39 Gripen**. [S. l.]: Fight's On, 21 abr 2019. Disponível em: <https://fightson.net/95/saab-jas-39-gripen/>. Acesso em: 1 maio. 2023.

MBDA MISSILE SYSTEMS. **METEOR**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/product/meteor/>. Acesso em: 17 out. 2022.

NORDEEN, Lon. **Air Warfare in the Missile Age**. 2. ed. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2002. 337 p.

PADILHA, Luiz. **Meteor – Conheça o míssil mais letal do mundo**. Defesa Aérea & Naval, 26 jul. 2016. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/geopolitica/meteor-conheca-o-missil-mais-letal-do-mundo>. Acesso em: 5 maio 2023.

PIRES, Roberto. **GRIPEN NG EQUIPADO COM RADAR RAVEN ES-05: FATOR DE SOBERANIA NACIONAL**. Orientador: Coronel-Aviador (R1) Edinaldo Celio de Araújo Souza. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia.) - Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/843/1/ROBERTO%20MARTIRE%20PIRES.pdf>. Acesso em: 3 maio 2023.

POGGIO, Guilherme. **Aeronáutica coloca à venda oito dos seus doze Mirage 2000**. Poder Aéreo, 1 maio 2016. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2016/05/01/aeronautica-coloca-a-venda-oito-dos-seus-doze-mirage-2000/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

THINK DEFENCE. **Meteor Beyond Visual Range Air-To-Air Missile**. [S. l.], 13 nov. 2022. Disponível em: <https://www.thinkdefence.co.uk/2022/11/meteor-beyond-visual-range-air-to-air-missile-bvraam/>. Acesso em: 5 maio 2023.

VANDERLEY, Gabriel. **EMPREGO DA AERONAVE GRIPEN NG NA DEFESA DA AMAZÔNIA E DA AMAZÔNIA AZUL**. Orientador: Prof^ª. Dr^ª Marina Pelegrini. 2016. Trabalho Monográfico de Curso (Curso de Formação de Oficiais da Academia da Força Aérea) - AFA, Pirassununga, São Paulo, 2016.

VIANA, Pedro. **Aliás, como é um Pós Combustor internamente?** [S. l.]: Aeroflap, 5 jul. 2015. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/alias-como-e-um-pos-combustor-internamente/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

VINHOLES, Thiago. **“Avião-radar” E-99M modernizado da FAB completa primeiro voo**. Airway, 20 ago. 2020. Disponível em: <https://www.airway.com.br/aviao-radar-e-99m-modernizado-da-fab-completa-primeiro-vo/>. Acesso em: 7 maio 2023.

VINHOLES, Thiago. **Conheça os jatos de combate que já voaram com a FAB**. [S. l.]: Airway, 21 jul. 2021. Disponível em: <https://www.airway.com.br/conheca-os-jatos-de-combate-que-ja-voaram-com-a-fab/6/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

VINHOLES, Thiago. **Passados quase 20 anos, modernização dos caças F-5 da FAB é concluída**. [S. l.]: Airway, 16 out. 2020. Disponível em: <https://www.airway.com.br/passados-quase-20-anos-modernizacao-dos-cacas-f-5-da-fab-e-concluida/>. Acesso em: 17 out. 2022.

UBIRATAN, Edmundo. **Conheça em detalhes o Gripen E, o novo caça brasileiro**. [S. l.]: AeroMagazine, 24 set. 2020. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/conhecaem-detalhes-o-gripen-e-o-novo-caca-brasileiro_5807.html. Acesso em: 19 ago. 2022.

UBIRATAN, Edmundo. **O que o Brasil ganha com o Gripen?: As dúvidas sobre o alcance da transferência de tecnologia com a aquisição pela FAB dos caças suecos**. [S. l.]: AeroMagazine, 26 dez. 2020. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/o-que-o-brasil-ganha-com-o-gripen_6124.html. Acesso em: 26 fev. 2023.

UPPAL, Rajesh. **Militaries race to develop Very Long Range Air-to-Air Missiles with features like large “no-escape zone”, AESA Radar, EO/IR Imaging, Network centric data links and hypersonic speeds**. [S. l.]: International Defense, Security & Technology, 05 ago. 2021. Disponível em: <https://idstch.com/military/air/militaries-race-to-develop-very-long-range-air-to-air-missiles-with-features-like-large-no-escape-zone-aesa-radar-eo-ir-imaging-network-centric-data-links-and-hypersonic-speeds/>. Acesso em: 29 abr. 2023.

WILTGEN, Guilherme. **Gripen E realiza lançamento bem sucedido do míssil BVRAAM Meteor**. [S. l.]: Defesa Aérea & Naval, 30 ago. 2022. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/aviacao/gripen-e-realiza-lancamento-bem-sucedido-do-missil-bvraam-meteor>. Acesso em: 3 set. 2022.