

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG  
CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ROGER GENARO ARAUJO DE JESUS**  
**A Importância de uma Artilharia Antiaérea de Média Altura nas  
Operações Anfíbias**

**PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU***

**RIO DE JANEIRO, RJ  
2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG CURSO DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA**

## **TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO**

**Ten(FN) ROGER GENARO ARAUJO DE JEUS**

A importância de uma Atilharia Antiaérea de média altura nas Operações Anfíbias

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pela professora responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, a fim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

**TÍTULO:** A importância de uma Artilharia Antiaérea de média altura nas Operações

Anfíbias

**AUTOR:** Ten(FN) ROGER GENARO ARAUJO DE JEUS

**ORIENTADOR:** EDITE TAUFER

### **RESUMO**

Este trabalho aborda a importância da Artilharia Antiaérea de Média Altura ( AAe Me Altu) para o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) em operações anfíbias, focando na conquista de cabeças de praia hostis e na obtenção de superioridade aérea relativa. Analisa sistemas de artilharia antiaérea que complementam as capacidades de aeronaves, detalhando características como alcance e altitude de operação dos sistemas de AAe Me Altu disponíveis no mercado, adequados às necessidades do CFN. Discute a evolução das ameaças aéreas, desde aeronaves tripuladas até veículos aéreos não tripulados e mísseis, ressaltando a necessidade de adaptação às táticas modernas. O texto enfatiza a eficácia dos sistemas de média altura em fornecer defesa robusta e adaptável, integrando-se com outras tecnologias de defesa para uma resposta coordenada contra ameaças diversas. A implementação desses sistemas é considerada crucial para a segurança e eficácia das operações do CFN, destacando a importância de uma defesa em camadas e o uso de tecnologia de ponta em ambientes de combate contemporâneos. Além de abordar um possível desenvolvimento de um Sistema de Defesa de AAe Me Altu Nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Operações Anfíbias, Corpo de Fuzileiros Navais, Sistema de Artilharia Antiaérea

## TÍTULO DO TCC: A IMPORTÂNCIA DE UMA ARTILHARIA ANTIAÉREA DE MÉDIA ALTURA NAS OPERAÇÕES ANFÍBIAS

Autor<sup>1</sup>, Roger Genaro Araujo de Jesus

Declaro que sou autor(a)<sup>1</sup> deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços).

**RESUMO** - Este trabalho aborda a importância da Artilharia Antiaérea de Média Altura (AAe Me Altu) para o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) em operações anfíbias, focando na conquista de cabeças de praia hostis e na obtenção de superioridade aérea relativa. Analisa sistemas de artilharia antiaérea que complementam as capacidades de aeronaves, detalhando características como alcance e altitude de operação dos sistemas de AAe Me Altu disponíveis no mercado, adequados às necessidades do CFN. Discute a evolução das ameaças aéreas, desde aeronaves tripuladas até veículos aéreos não tripulados e mísseis, ressaltando a necessidade de adaptação às táticas modernas. O texto enfatiza a eficácia dos sistemas de média altura em fornecer defesa robusta e adaptável, integrando-se com outras tecnologias de defesa para uma resposta coordenada contra ameaças diversas. A implementação desses sistemas é considerada crucial para a segurança e eficácia das operações do CFN, destacando a importância de uma defesa em camadas e o uso de tecnologia de ponta em ambientes de combate contemporâneos. Além de abordar um possível desenvolvimento de um Sistema de Defesa de AAe Me Altu Nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Operações Anfíbias, Corpo de Fuzileiros Navais, Sistema de Artilharia Antiaérea.

---

<sup>1</sup> E-mail do autor: rogergenaro.rg@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil (CFN) possui um caráter expedicionário distinto das outras forças coirmãs, como o Exército e a Força Aérea, que têm um foco predominante na defesa territorial do país. O CFN está constantemente preparado para ser projetado por meio de Movimentos Navio-Terra, com o objetivo de conquistar Cabeças de Praia Hostis ou Potencialmente Hostis. Essas operações militares navais são conhecidas como Operações Anfíbias, que se dividem em Projeção Anfíbia, Assalto Anfíbio, Demonstração Anfíbia, Incursão Anfíbia e Retirada Anfíbia. Com exceção da Demonstração Anfíbia, as tropas do CFN necessitam de segurança em terra para realizar suas ações eficazmente.

A doutrina operacional do CFN destaca a necessidade de obter superioridade aérea relativa no momento do desembarque dos fuzileiros navais. Esta superioridade visa impedir que o inimigo realize ataques aéreos contra nossas tropas e equipamentos, o que poderia comprometer a missão. Atualmente, essa superioridade aérea é garantida pela aviação naval e pelo apoio da Força Aérea Componente nos estágios iniciais após o desembarque. Posteriormente, a Artilharia Antiaérea de baixa altura é adicionada como suporte.

No entanto, a Artilharia Antiaérea de baixa altura apresenta limitações significativas, com um alcance horizontal de apenas 6 quilômetros, permitindo que o adversário penetre na Cabeça de Praia e ataque elementos cruciais de nossas forças. Além disso, as baterias de Artilharia Antiaérea de baixa altura só conseguem desembarcar após a conquista das primeiras linhas, deixando o Grupamento de Fuzileiros Navais dependente das aeronaves amigas nos instantes iniciais do combate para defesa aérea.

Diante deste cenário, a implementação de um Sistema de Defesa Antiaérea de Média Altura torna-se essencial. Este sistema agregaria uma camada adicional de proteção, cobrindo lacunas críticas e garantindo uma defesa mais robusta e adaptável contra ameaças aéreas modernas. Este trabalho explora a importância da Artilharia Antiaérea de Média Altura para o CFN, analisando sistemas disponíveis no mercado e suas características, e destacando a necessidade de

desenvolver um sistema nacional adaptado às necessidades específicas do CFN em operações anfíbias.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Evolução das Ameaças Aéreas e Impacto na Estratégia militar**

Durante a Segunda Guerra Mundial, as ameaças aéreas eram predominantemente constituídas por aeronaves tripuladas. Bombardeiros e caças desempenhavam papéis cruciais nas campanhas aéreas, realizando bombardeios estratégicos e combates aéreos. Os principais avanços tecnológicos dessa época incluíam o desenvolvimento de aeronaves, a introdução do radar e a implementação de estratégias de bombardeios em massa.

O design e a capacidade das aeronaves militares evoluíram rapidamente. A introdução de aviões como o *B-17 Flying Fortress*, utilizado pelo Exército americano, e o *P-51 Mustang*, um famoso caça reconhecido pelo seu poderoso motor e notório alcance, representaram um salto significativo na capacidade ofensiva e defensiva das forças aéreas. Além disso, o radar foi uma inovação crítica, inventado em 1935, que permitia a detecção de aeronaves, embora inicialmente não fosse possível identificar se eram aliadas ou hostis. Esse problema foi solucionado pelos ingleses através do sistema IFF (Identify Friend or Foe). O uso efetivo do radar pelos Aliados desempenhou um papel decisivo na Batalha da Grã-Bretanha, permitindo uma rápida resposta capaz de neutralizar ou destruir as aeronaves inimigas.

Além das inovações tecnológicas, estratégias como o bombardeio em massa de cidades e infraestruturas inimigas visavam não apenas alvos militares, mas também enfraquecer o moral e a capacidade industrial do inimigo.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial e o início da Guerra Fria surgiram os mísseis balísticos e de cruzeiro, que transformaram significativamente a dinâmica da guerra aérea. Os Mísseis Balísticos Intercontinentais (ICBMs), capazes de transportar ogivas nucleares a grandes distâncias, tornaram-se uma parte fundamental da estratégia de dissuasão nuclear. Por outro lado, os mísseis de

cruzeiro, oferecendo maior precisão e capacidade de manobra, foram desenvolvidos para penetrar as defesas aéreas inimigas e atingir alvos estratégicos com precisão.

Para contrapor essas ameaças aéreas, surgiram os sistemas de defesa aérea, conhecidos no Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) como sistemas de Defesa Antiaérea. Um exemplo notável é o *S-75 Dvina (SA-2)* da União Soviética, que começou a ser distribuído em 1957 e foi o primeiro sistema de defesa antiaérea a abater uma aeronave. Outro sistema que merece ser mencionado é o sistema de defesa *Patriot* dos Estados Unidos, um míssil supersônico que se destacou na Guerra do Golfo por sua capacidade de abater até mísseis inimigos, tornando-se um *case* de sucesso.

Na era contemporânea, as ameaças aéreas tornaram-se ainda mais diversificadas e sofisticadas, abrangendo uma ampla gama de tecnologias avançadas. Dentre essas ameaças, destacam-se os drones e VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), que revolucionaram a guerra moderna. Esses dispositivos permitem missões de reconhecimento, vigilância e ataque sem risco para os operadores humanos, sendo exemplos notáveis o *MQ-1 Predator* e o *MQ-9 Reaper*, utilizados pelos Estados Unidos.

Além disso, a guerra eletrônica tornou-se uma componente vital das operações militares. Ela envolve a utilização de técnicas para interromper, enganar ou neutralizar os sistemas de radar e comunicação inimigos, desempenhando um papel crucial na supremacia aérea.

Outro aspecto fundamental para se contrapor a ameaças aéreas é o desenvolvimento de sistemas de defesa aérea avançados.

Um exemplo significativo é o *Iron Dome* israelense, segundo BBC, o *Iron Dome* foi desenvolvido após o conflito de 2006 entre Israel e o Hezbollah, um grupo militante baseado no sul do Líbano. O Hezbollah lançou milhares de foguetes contra Israel. Em resposta, Israel afirmou que desenvolveria um novo escudo de defesa antimísseis. O *Iron Dome* foi criado pelas empresas israelenses Rafael Advanced Defense Systems e Israel Aerospace Industries, com algum suporte externo dos Estados Unidos. (BBC, 2023).

Essas características fazem do *Iron Dome* um componente crucial na estratégia de defesa de Israel, fornecendo segurança e proteção contra ameaças aéreas em situações tanto de conflito quanto de paz.

Dessa forma, a combinação dessas tecnologias e estratégias ilustra a complexidade e a sofisticação das medidas necessárias para garantir a segurança aérea na era contemporânea.

A evolução das ameaças aéreas influenciou significativamente as estratégias militares ao longo das décadas. As forças armadas de todo o mundo tiveram que se adaptar constantemente a novas tecnologias e táticas inimigas. Isso incluiu o desenvolvimento de estratégias de dissuasão e operações conjuntas.

Com o advento dos mísseis balísticos intercontinentais (ICBMs) e das armas nucleares, as nações assinaram tratados internacionais e desenvolveram doutrinas de dissuasão para evitar a guerra nuclear. A destruição mútua assegurada foi uma dessas doutrinas, baseada na ideia de que qualquer ataque nuclear inicial levaria a uma retaliação igualmente devastadora, garantindo a destruição de ambas as partes. Esse conceito criou um equilíbrio de poder, onde o medo de um conflito nuclear total mantinha a paz entre as superpotências, principalmente durante a Guerra Fria.

Para suportar a estratégia de dissuasão, foram desenvolvidos sofisticados sistemas de alerta precoce, incluindo radares e satélites de vigilância, que monitoram constantemente o espaço aéreo para detectar lançamentos de mísseis inimigos. Esses sistemas permitiram respostas rápidas e eficazes em caso de um ataque iminente.

Além disso, a coordenação entre diferentes componentes das forças armadas tornou-se crucial. As forças aéreas, terrestres e navais passaram a operar de forma integrada para maximizar a eficiência das respostas a ameaças aéreas. A criação de centros de comando conjunto e o uso de redes de comunicação seguras permitiram uma colaboração mais estreita e a execução de operações complexas e coordenadas. Um exemplo histórico dessa importância das operações conjuntas foi durante a Guerra do Golfo em 1991. A Operação Tempestade no Deserto exemplificou como as forças da coalizão utilizaram ataques aéreos precisos combinados com operações terrestres e navais para desmantelar as defesas iraquianas. A superioridade aérea foi essencial para o sucesso das operações terrestres subsequentes, como podemos observar no seguinte relato:

"Assim a mobilização foi planejada em três fases. A primeira consistia numa força de dissuasão imediata organizada com base em dois porta-aviões, o emprego da Força Aérea dos Estados Unidos para obter a superioridade aérea, e o envio de forças terrestres leves. A Segunda aumentava a superioridade aérea com capacidades de bombardeio e o emprego dos aeródromos locais; também adicionava poder naval e a primeira tropa terrestre blindada, pertencente aos fuzileiros navais. Finalmente na terceira fase eram trazidos as tropas pesadas que davam a capacidade não somente de defender mas também de contra-atacar uma eventual ação ofensiva iraquiana" (EITO, 2017).

Assim, a evolução das ameaças aéreas e a adaptação das estratégias militares evidenciam a necessidade constante de inovação tecnológica e tática para manter a segurança nacional e a eficácia das forças armadas.

O CFN frequentemente opera em uma Cabeça de Praia, esta é uma área de interface entre o mar e a terra que apresenta desafios únicos. Tais desafios incluem, por exemplo, uma geografia complexa que pode abranger praias, penínsulas, baías e ilhas, exigindo uma versatilidade operacional. Além disso, áreas costeiras frequentemente possuem infraestrutura limitada, o que obriga o CFN a transportar e otimizar a logística necessária para o combate via navio, movendo os recursos do mar para a terra. Além disso, a proximidade com o mar aumenta a vulnerabilidade a ataques tanto marítimos quanto aéreos.

Atualmente, ao desembarcar em uma Cabeça de Praia, seja para realizar um Assalto Anfíbio ou outra modalidade de Operação Anfíbia, o CFN conta com a defesa antiaérea de baixa altura, utilizando o Míssil Superfície-Ar *Mistral*, de fabricação francesa. Este míssil possui capacidade de neutralizar ou destruir aeronaves a um alcance horizontal de 6 km e vertical de 12 mil pés. Contudo, ao comparar esse alcance com o tamanho variável de uma Cabeça de Praia, que geralmente varia de 15 km a 30 km, evidenciando assim a limitação do sistema de defesa antiaérea atual.

Além disso, o CFN utiliza o *Radar Saber M60*, um radar de busca com capacidade de detectar ameaças aéreas a uma distância de até 60 km. Embora este alcance seja significativamente maior do que a profundidade típica de uma Cabeça de Praia, sua eficiência é comprometida pela velocidade das aeronaves modernas. Por exemplo, o *Sukhoi Su-35*, com uma velocidade de 2309 km/h, pode percorrer 60 km em menos de 2 minutos, reduzindo drasticamente o tempo de reação disponível.

Portanto, à luz das considerações mencionadas, torna-se evidente a necessidade de uma modernização dos sistemas de defesa antiaérea. A aquisição de uma AAe Me Altu não só aumentaria o alcance de interceptação, mas também proporcionaria um tempo de reação mais adequado frente a aeronaves de alta velocidade. Sistemas mais avançados poderiam integrar tecnologias como radares de vigilância e mísseis com maior alcance e precisão, permitindo uma defesa mais robusta e adaptável.

Esse sistema proporcionaria melhores condições para combater as ameaças aéreas que podem surgir em uma Cabeça de Praia hostil ou potencialmente hostil, aumentando a capacidade de defesa e a segurança das operações do CFN.

## **2.1 Sistemas de Defesa Antiaérea de Média Altura**

A AAe Me Altu é um componente crucial da defesa aérea, projetada para interceptar e destruir ameaças aéreas que operam em altitudes intermediárias, conforme descrito no manual EB70-MC-10.231 do Exército Brasileiro. Segundo este manual, essas altitudes variam de 3 mil metros a 15 mil metros. Este segmento da defesa aérea desempenha um papel fundamental ao cobrir lacunas que não são alcançáveis pelos sistemas de baixa altitude.

Os sistemas AAe Me Altu são projetados para lidar com uma variedade de ameaças, incluindo aeronaves, mísseis de cruzeiro e veículos aéreos não tripulados (VANTs). Além disso, são conhecidos por sua capacidade de resposta rápida, garantindo uma defesa robusta e dinâmica contra tais ameaças. Comparados aos sistemas de baixa altitude, oferecem uma cobertura geográfica mais ampla e são mais ágeis e adaptáveis que os sistemas de alta altitude.

Durante um cenário de desembarque anfíbio, a AAe Me Altu é responsável pela neutralização de ameaças aéreas direcionadas a navios e tropas em terra,

garantindo que essas ameaças sejam interceptadas antes de causar danos significativos. Além disso, especialistas destacam que ela assegura a proteção das linhas de suprimento e comunicação, permitindo o fluxo contínuo de apoio logístico e reforços.

A complementaridade da AAe Me Altu com outros sistemas de defesa é essencial para uma defesa em camadas eficaz. Segundo análises de defesa, sua integração com sistemas de baixa altitude, como o *Avenger*, oferece defesa próxima contra ameaças que conseguem penetrar as primeiras linhas de defesa. Em conjunto com sistemas de alta altitude, como o *Patriot*, proporciona defesa contra ameaças balísticas e aeronaves operando em altitudes elevadas. Este arranjo de defesa, conforme discutido por especialistas, garante que qualquer ameaça aérea seja enfrentada em múltiplos níveis antes de alcançar seus alvos, através de uma coordenação eficiente e interoperável entre diferentes sistemas.

Na sequência será feito um estudo sobre os sistemas de defesa antiaérea de média altura que o governo brasileiro já teve interesse de adquirir, porém, cabe ressaltar os requisitos operacionais necessários deste sistema que são de interesse do Brasil, elencados na PORTARIA N° 4.181/GM-MD, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2020:

#### I) Requisitos Absolutos (RA)

##### 1) Requisitos Gerais do Sistema

1.1) O Sistema deve ter a capacidade de realizar a Defesa Antiaérea (DA Ae), com uma Unidade de Emprego (Bateria de Artilharia Antiaérea), de uma área mínima de 10.000 (dez mil) km<sup>2</sup>.

1.2) O Sistema deve ser capaz de engajar, com efetividade, ameaças aeroespaciais nos seguintes parâmetros (sem que os valores máximos necessitem ser atingidos simultaneamente):

a) Mínimo alcance horizontal de engajamento não superior a 2.000 metros;

b) Máximo alcance horizontal de engajamento não inferior a 40.000 metros;

c) Mínimo alcance vertical de engajamento não superior a 50 metros; e

d) Máximo alcance vertical de engajamento não inferior a 15.000 metros.

1.3) O Sistema deve engajar ameaças aeroespaciais nas seguintes condições:

a) aeronaves de asa fixa desenvolvendo velocidade de, até 800 (oitocentos) metros por segundo, em qualquer perfil de voo;

b) helicópteros em voo pairado ou desenvolvendo velocidade entre 0 (zero) e 200 (duzentos) metros por segundo;

c) veículos aéreos remotamente pilotados, voando em alturas superiores a 100 (cem) metros e desenvolvendo velocidade de, até 300 (trezentos) metros por segundo, em qualquer perfil de voo;

d) mísseis de cruzeiro, voando em alturas superiores a 300 (trezentos) metros e desenvolvendo velocidade de, até, 800 (oitocentos) metros por segundo; e

e) bombas guiadas, voando em alturas superiores a 100 (cem) metros e desenvolvendo velocidade de, até, 300 (trezentos) metros por segundo.

1.4) O Sistema deve ser capaz de engajar, no mínimo, 16 (dezesesseis) alvos simultaneamente.

1.5) O Sistema deve possuir capacidade de integração com os meios de Comando e Controle (C2) da Marinha do Brasil (MB), do Exército Brasileiro (EB) e da Força Aérea Brasileira (FAB).

1.6) O Sistema deve possuir capacidade de integração com os meios de Defesa Aeroespacial (D Ae) das Forças Armadas (FA) brasileiras.

1.7) O Sistema deve ter a capacidade de permitir a coordenação do emprego de seus meios de Defesa Antiaérea (DA Ae), ao detectar uma ameaça Aeroespacial, classificada como hostil pelo Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) ou Comando da Defesa Aeroespacial determinado, localizada em faixa do Espaço Aéreo destinada à D Ae.

1.8) O Sistema deve ter a capacidade de integrar-se e permitir a coordenação do emprego dos meios de Baixa Altura/Curto Alcance e de Média Altura/Médio Alcance que estejam na faixa do Espaço Aéreo designado ao emprego da Defesa Antiaérea (DA Ae), por intermédio do Centro de Operações Antiaéreas (COAAe), seja na Zona do Interior (ZI) ou na Zona de Combate

(ZC), ao detectar uma ameaça Aeroespacial, classificada como hostil pelo SISDABRA ou Comando da Defesa Aeroespacial determinado.

1.9) O Sistema deve possuir arquitetura aberta a fim de permitir a integração com os equipamentos de Comando e Controle (C2) empregados pelas Forças Armadas brasileiras.

1.10) O Sistema deve apresentar condições de empregar seu armamento, após ser desdobrado, em no máximo de 15 (quinze) minutos.

1.11) O Sistema deve apresentar condições de colocar-se em marcha, após receber ordens para suspender as operações e alternar sua posição, em no máximo de 15 (quinze) minutos.

1.12) O Sistema deve possuir vida útil mínima de 20 (vinte) anos, incluindo as devidas inspeções e revitalizações (middle age update), mantendo-se operacional e podendo ser definidos períodos específicos para cada Subsistema componente, de acordo com suas especificidades.

Após tomar conhecimento dos requisitos operacionais absolutos, os quais o Ministério da Defesa não abre mão para um Sistema de Defesa Antiaérea de Média Altura, será feito um estudo dos Sistemas que o Brasil já teve interesse de comprar:

## **2.2 Sistemas de Defesa AAe Me Altu que o Brasil já teve interesse de comprar**

### **2.2.1 Sistema *Spyder ADS MR***

**Figura 1: Sistema de Defesa Antiaérea *SPIDER SR* da Rafael**



**Fonte: Defesa Aérea e Naval (2020)**

“De Israel, a Rafael Advanced Defense Systems conta com o SPYDER (Surface-to-air PYthon and DERby), projetado desde o início para ser operado por recrutas do seu Exército, ou seja, militares sem muita experiência. O SPYDER possui lançadores para oito mísseis, que podem ser tanto o Python 5 guiado por infravermelho, quanto o Derby, de radar ativo, e que faz parte do inventário da FAB nos caças Northrop F-5EM/FM. Com velocidade de Mach 4 (4.939km/h) a bateria consiste num centro de comando e controle que pode receber informações de outros radares e ainda gerenciar outros centros que estejam a até uma distância de 100 quilômetros; seis unidades de tiro; e um veículo para ressuprimento. O SPYDER MR usa o radar Elta EL/M 2106 ATAR 3D de varredura eletrônica e capaz de rastrear até 60 alvos simultaneamente, e o míssil faz o engajamento após ser lançado e uma das suas vantagens é a capacidade de ser integrado em variados caminhões. A Índia, por exemplo, emprega os caminhões Tatra T-816 6X6, o mesmo chassi dos veículos ASTROS 2020. O Python 5 tem alcance de 15 mil metros e teto operacional de 9 mil metros, enquanto o Derby tem alcance de 35 mil metros e teto de até 16 mil metros de altura. O sistema pode ainda utilizar o novo I-Derby-ER, com um alcance consideravelmente maior (TECNOLOGIA E DEFESA, 2020).”

Recentemente, o *SPYDER* passou por uma série de atualizações que aumentaram sua eficácia e flexibilidade em campo. Entre essas melhorias, destaca-se a integração com novos sistemas de radar, que aumentam a precisão na detecção e rastreamento de alvos. Além disso, o software de controle foi aprimorado, permitindo uma interface mais intuitiva e rápida para os operadores, o que é crucial em situações de combate onde cada segundo conta.

As novas atualizações de radar incluem sistemas de varredura eletrônica ativa (AESA), que proporcionam maior resolução e capacidade de discriminar alvos em ambientes complexos e congestionados. Esses radares são capazes de operar

em múltiplas frequências simultaneamente, tornando-os mais resistentes a contramedidas eletrônicas e aumentando a capacidade de rastrear alvos de alta velocidade e baixa assinatura.

Outra inovação significativa foi a introdução de novas táticas de engajamento que permitem ao *SPYDER* neutralizar uma gama ainda maior de ameaças aéreas, incluindo drones e mísseis de cruzeiro. Essas táticas envolvem o uso de algoritmos avançados de orientação e controle, que melhoram a precisão do míssil e reduzem o tempo de resposta. Os operadores também foram treinados para utilizar cenários simulados de alta complexidade, o que melhora a preparação e a capacidade de resposta em situações reais.

Essas atualizações fazem do *SPYDER* um dos sistemas de defesa aérea mais versáteis e avançados disponíveis atualmente, sendo uma escolha confiável para forças armadas em diversas partes do mundo. A modularidade do sistema permite que ele seja facilmente adaptado a diferentes requisitos operacionais e ambientes, desde áreas urbanas densamente povoadas até terrenos rurais e desertos.

O *SPYDER* não apenas protege o espaço aéreo contra ameaças, mas também serve como uma ferramenta de dissuasão, mostrando às potenciais ameaças que a área coberta pelo sistema é fortemente defendida. Essa capacidade de dissuasão é essencial para manter a paz e a segurança em regiões instáveis. A presença de um sistema de defesa eficaz como o *SPYDER* pode impedir ataques e escaladas de conflito, proporcionando um ambiente mais seguro para civis e forças militares.

Além disso, o *SPYDER* tem demonstrado interoperabilidade com outros sistemas de defesa aliados, facilitando operações conjuntas e o compartilhamento de informações em tempo real. Isso é crucial em missões multinacionais, onde a coordenação e a comunicação entre diferentes unidades e sistemas são fundamentais para o sucesso.

### 2.3.2 IRIS-T SL

**Figura 2: IRIS-T SL**



**Fonte: BBC (2024)**

O IRIS-T SL é o novo míssil superfície-ar móvel de médio alcance projetado e desenvolvido pela Diehl BGT Defense para atender às futuras necessidades de defesa aérea de médio alcance da Força Aérea Alemã. O novo míssil é eficaz contra todos os tipos de aeronaves, helicópteros, mísseis de cruzeiro, armas guiadas, mísseis ar-superfície, mísseis anti-navio, foguetes anti-radar e foguetes de grande calibre. Também tem alta probabilidade de destruir veículos aéreos não tripulados, veículos aéreos de combate não tripulados e outras pequenas ameaças de manobra em distâncias muito curtas e médias. IRIS-T SL é a versão avançada do míssil teleguiado ar-ar IRIS-T, que entrou em serviço em dezembro de 2005. Ele também pode ser integrado com os sistemas de defesa aérea existentes e futuros das forças aliadas usando uma interface de dados plug and fight. O míssil apresenta capacidade de manobra aprimorada e alta agilidade, podendo envolver vários alvos simultaneamente. O míssil possui uma ogiva pré-fragmentada e oferece defesa 360° contra ataques aéreos em missões internacionais ou de defesa interna. O míssil é impulsionado por um motor de foguete avançado equipado com

um sistema de controle de vetor de empuxo integrado. Possui perfil aerodinâmico para atingir um alcance estendido de cerca de 40 km, podendo atacar alvos voando a uma altitude de cerca de 20 km (TECNOLOGIA E DEFESA, 2020).

Além disso, o *IRIS-T SL* incorpora avançadas tecnologias de orientação e controle, que incluem um buscador infravermelho de imagem (IIR) e um sistema de navegação inercial assistido por GPS, proporcionando precisão excepcional em ambientes de alta ameaça. O míssil é capaz de operar em condições adversas, mantendo sua eficácia mesmo sob contramedidas eletrônicas e interferências.

A capacidade de engajamento além do alcance visual (BVR) do *IRIS-T SL* é uma característica chave que melhora a defesa aérea, permitindo a interceptação de ameaças antes que elas possam alcançar suas zonas de ataque. Esta funcionalidade é particularmente crucial em cenários de defesa nacional, onde o tempo de resposta rápido é essencial para proteger infraestruturas críticas e áreas urbanas.

A integração do *IRIS-T SL* com redes de defesa aérea existentes é facilitada pela sua arquitetura modular e pela compatibilidade com diversos sistemas de radar e comando e controle. Isso garante que as forças armadas possam rapidamente adaptar o míssil às suas necessidades específicas sem a necessidade de extensivas modificações nos sistemas existentes.

Em missões internacionais, a mobilidade do sistema *IRIS-T SL* permite que ele seja rapidamente desdobrado e posicionado em locais estratégicos, proporcionando uma camada adicional de proteção às forças aliadas. A capacidade de operar em rede com outros sistemas de defesa aérea aumenta a cobertura e a eficácia geral da defesa coletiva.

A capacidade de engajamento de múltiplos alvos simultaneamente do *IRIS-T SL*, acompanhado de sua alta precisão e resistência a contramedidas, faz dele uma peça central na estratégia de defesa aérea de médio alcance. À medida que as ameaças aéreas continuam a evoluir, a tecnologia avançada do *IRIS-T SL* garante que as forças armadas estejam bem preparadas para enfrentar uma ampla gama de desafios, mantendo a superioridade aérea e a segurança nacional.

### 2.3.3 PATRIOT

**Foto 3: *PATRIOT TMD* (Theater Missile Defense) *PAC-3***



**Fonte: NATO (2024)**

O sistema *PATRIOT TMD* (Theater Missile Defense) *PAC-3* é parte integrante da estratégia de defesa antimísseis dos EUA e de alguns aliados. Ele é projetado para interceptar e destruir mísseis balísticos táticos, oferecendo uma camada adicional de defesa contra ameaças de curto e médio alcance.

De acordo com a GlobalSecurity.org, o sistema *PATRIOT TMD PAC-3* é projetado para oferecer capacidade de interceptação de última linha, complementando sistemas como o THAAD e o Aegis BMD." O *PAC-3*, ou *Patriot Advanced Capability-3*, "melhora drasticamente a capacidade de matar da versão *PAC-2* com a introdução de um novo míssil hit-to-kill de alta velocidade e manobrabilidade", isso significa que o míssil *PAC-3* é projetado para destruir seu alvo através do impacto direto, em vez de utilizar uma ogiva explosiva. O sistema de mísseis *PATRIOT TMD PAC-3* é altamente avançado e projetado para oferecer uma defesa eficaz contra mísseis balísticos táticos em teatros de operações militares e áreas estratégicas. Com um alcance que pode exceder 20 quilômetros e uma velocidade extremamente alta, o *PAC-3* é capaz de interceptar ameaças rapidamente. Utilizando a tecnologia *hit-to-kill*, o míssil é direcionado para destruir seu alvo através de um impacto preciso, sem depender de uma ogiva explosiva. Sua

manobrabilidade superior e os sistemas avançados de rastreamento e orientação permitem que o *PAC-3* maneje múltiplos alvos simultaneamente, garantindo uma resposta eficaz e adaptável a diferentes cenários de ameaça.

## **2.4 Desenvolvimento de um sistema nacional**

### **2.4.1 Desafios técnicos**

Explorando os desafios técnicos no desenvolvimento de sistemas de mísseis de média altura, é crucial desenvolver tecnologias avançadas de propulsão robusta, capazes de operar eficazmente em altitudes médias. Além disso, sistemas avançados de guiamento e controle são essenciais para garantir a precisão na trajetória do míssil, ajustando-se durante o voo para lidar com variáveis atmosféricas e interferências.

A aerodinâmica otimizada e o uso de técnicas avançadas para modelar materiais leves e duráveis, são fundamentais para melhorar o desempenho aerodinâmico e estrutural do míssil em altas velocidades e altitudes. A segurança e a eficácia das comunicações também são críticas, exigindo sistemas que resistam a interferências e ataques cibernéticos para manter a conectividade entre o míssil e as unidades de controle em terra ou mar. A capacidade de detectar, rastrear e interceptar alvos aéreos com alta precisão e velocidade depende de sensores avançados, algoritmos de processamento de dados em tempo real e sistemas de orientação precisa. Além disso, os sistemas de mísseis devem ser adaptáveis a diferentes condições ambientais e operacionais, ajustando-se conforme necessário para cumprir com eficácia as demandas de cada missão específica.

Considerando o emprego pelo Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro, é essencial que o sistema possa ser embarcado em navios de guerra, garantindo mobilidade e prontidão durante cenários de conflito.

Apesar de todos estes desafios elencados, cabe ressaltar a importância do desenvolvimento de um Sistema de Defesa de Artilharia Antiaérea de Média Altura pelo Brasil. O desenvolvimento deste sistema no Brasil não apenas atende às necessidades estratégicas de segurança nacional, mas também oferece uma série de benefícios econômicos e tecnológicos que são fundamentais para o país. Aqui

estão os principais aspectos a serem explorados de forma mais aprofundada:

#### **2.4.2 Independência Tecnológica e Estratégica**

Desenvolver internamente um sistema de AAe Me Altu permitiria ao Brasil reduzir significativamente sua dependência de tecnologia estrangeira sensível. Isso é crucial para evitar vulnerabilidades decorrentes de restrições de exportação ou variações geopolíticas que possam comprometer o suprimento de componentes essenciais de defesa. Além disso, a autonomia tecnológica fortalece a capacidade do Brasil de adaptar rapidamente suas capacidades de defesa às exigências específicas de segurança nacional, sem depender exclusivamente de soluções estrangeiras que nem sempre são adequadas às condições locais.

Além disso, um sistema de defesa desenvolvido localmente pode ser projetado sob medida para enfrentar os desafios únicos que o Brasil enfrenta em termos de defesa aérea. Isso inclui considerações como vastas fronteiras terrestres e marítimas, ecossistemas variados e diferentes cenários operacionais. Ao personalizar o sistema para essas necessidades específicas, o Brasil pode garantir uma resposta mais eficaz e eficiente às ameaças aéreas, otimizando recursos e maximizando a eficácia operacional.

#### **2.4.2 Estímulo à Economia e à Indústria Nacional**

A Avibrás, uma empresa brasileira com histórico reconhecido no setor de defesa, surge como uma candidata ideal para liderar esse desenvolvimento. No entanto, é importante notar que a Avibrás enfrenta desafios financeiros significativos, conforme podemos observar em uma notícia: “incluindo uma dívida relatada de quase R\$ 640 milhões e problemas de pagamento de salários desde dezembro de 2023, além de estar em processo avançado de negociação para venda à DefendTex, empresa australiana” (GLOBO,2024).

Esses desafios refletem a urgência de fortalecer o setor de defesa brasileiro não apenas para a segurança nacional, mas também para estímulo econômico. O desenvolvimento de um sistema de média altura pela Avibrás poderia revitalizar a economia local através da criação de empregos especializados, expansão da cadeia

de fornecedores e promoção de inovações tecnológicas que beneficiariam diversos setores da economia.

Além de atender às necessidades internas, um sistema de defesa desenvolvido pela Avibrás poderia posicionar o Brasil como um exportador competitivo de tecnologia de defesa. A expertise acumulada pela Avibrás não só permitiria a exportação de produtos de defesa sofisticados para mercados internacionais, gerando receitas adicionais significativas, mas também fortaleceria as relações diplomáticas e de segurança com parceiros estratégicos ao redor do mundo.

#### **2.4.2 A Avibrás como Possível Candidata ao Desenvolvimento**

Com uma longa história de inovação e competência técnica no setor de defesa, a Avibrás é reconhecida por sua capacidade de enfrentar desafios complexos. Sua participação no desenvolvimento de um sistema de defesa de artilharia antiaérea de média altura não apenas reforçaria a segurança nacional, mas também reafirmaria o compromisso do Brasil com a excelência tecnológica e a liderança no cenário global de defesa.

Investir no desenvolvimento de um sistema de defesa de artilharia antiaérea de média altura pela Avibrás é crucial não apenas para a defesa eficaz do Brasil, mas também para impulsionar o crescimento econômico sustentável e promover a inovação tecnológica. Ao capacitar a Avibrás para liderar este projeto, o Brasil não só protege suas fronteiras de maneira mais robusta, mas também fortalece sua posição como um player estratégico no mercado global de defesa, beneficiando tanto a segurança nacional quanto a economia nacional como um todo.

Outro ponto importante é que já possuímos um radar de vigilância nacional, o Radar Saber M200 fabricado pela empresa EMBRAER em parceria com o Exército Brasileiro, o qual poderia ser utilizado como sensor do Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura, como podemos observar:

“O SABER M200 VIGILANTE é um radar de vigilância de médio alcance para defesa antiaérea, desenvolvido pelo CTEEx para atender às necessidades do Projeto Estratégico do Exército

Defesa Antiaérea. O Projeto Radar SABER M200 VIGILANTE foi totalmente concebido e desenvolvido no Brasil e sua propriedade intelectual é inteiramente do Exército Brasileiro. O radar poderá ser empregado na vigilância e alerta antecipado em baterias e grupos de artilharia antiaérea ou, ainda, em atividades de controle de tráfego aéreo ou de vigilância de fronteira” (Centro Tecnológico do Exército, 2022).

**Figura 4: SABER M200 VIGILANTE**



**Fonte: Centro Tecnológico do Exército (2022)**

Com a expertise da Avibrás em produzir mísseis e da EMBRAER em produzir sensores de detecção faltaria apenas um sistema que integrasse estes dois componentes. Porém, foi desenvolvido na FURG um sistema de controle pelo Prof. Dr. Rodrigo Z. Azzolin e pelos alunos Anderson A. Cardoso, Mateus E. Pietro e Victor A. Freitas, chamado de Robô Sentry. Este sistema tem a capacidade de identificar o "alvo" através de uma câmera, enquanto uma pistola de água efetua o disparo. Se esse sistema for desenvolvido e aperfeiçoado poderia ser uma solução para realizar a integração do Sistema de Armas (míssil) com o Sistema de Controle e Alerta (Radar).

**Figura 5: Robô Sentry**

**Fonte: FURG (2022)**

### **3 CONCLUSÃO**

A análise realizada ao longo deste trabalho demonstrou a importância crucial da Artilharia Antiaérea de Média Altura (AAe Me Altu) para as operações do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) do Brasil. Em um cenário de operações anfíbias, onde a conquista e manutenção de Cabeças de Praia Hostis ou Potencialmente Hostis são essenciais, a superioridade aérea relativa desempenha um papel vital na proteção das tropas em terra e na garantia do sucesso das missões.

A dependência atual do CFN em relação à aviação naval e ao apoio da Força Aérea Componente para obter essa superioridade aérea, embora eficaz nos estágios iniciais após o desembarque, apresenta limitações significativas quando complementada apenas pela Artilharia Antiaérea de baixa altura. Com um alcance horizontal restrito e a necessidade de esperar pela conquista das primeiras linhas antes de desembarcar, a atual capacidade de defesa antiaérea do CFN se revela insuficiente para enfrentar ameaças modernas e variadas, desde aeronaves tripuladas até veículos aéreos não tripulados e mísseis.

Portanto, a introdução de sistemas de AAe Me Altu é não apenas recomendada, mas necessária para preencher essa lacuna crítica de defesa. Esses

sistemas oferecem um alcance e uma altitude de operação mais adequados às exigências do CFN, proporcionando uma defesa robusta e adaptável que se integra eficazmente com outras tecnologias de defesa para uma resposta coordenada e eficaz contra diversas ameaças aéreas.

Adicionalmente, o desenvolvimento de um Sistema de Defesa de AAe Me Altu Nacional seria um passo significativo para o fortalecimento da indústria de defesa do Brasil, promovendo a autonomia tecnológica e a capacidade de adaptação às necessidades específicas das forças armadas nacionais. Tal desenvolvimento contribuiria para a segurança e eficácia das operações do CFN, garantindo uma defesa em camadas e o uso de tecnologia de ponta em ambientes de combate contemporâneos.

Em suma, a implementação de sistemas de AAe Me Altu se revela uma medida estratégica indispensável para o aprimoramento das capacidades de defesa do CFN, assegurando a proteção necessária para o cumprimento de suas missões em operações anfíbias e reforçando a posição do Brasil na vanguarda da defesa moderna.

#### **4 REFERÊNCIAS**

BRASIL. Ministério da Defesa. Glossário das Forças Armadas. Rio de Janeiro, 2016.

Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Manual de Campanha. Rio de Janeiro: Operações, 2017.

Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Manual de Campanha. Rio de Janeiro: Defesa Antiaérea, 2017.

Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Manual de Operações da Força de Desembarque. Rio de Janeiro: CGCFN, 2020.

Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Manual Básico dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro: CGCFN, 2020.

Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Manual de Apoio Aéreo de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro: CGCFN, 2020.

Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Manual de Defesa Antiaérea de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro: CGCFN, 2020.

Defesa Aérea Naval. Disponível em:

<https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/iris-t-sl-uma-opcao-para-o-futuro-sistema-de-defesa-antiaerea-de-media-altura-medio-alcance-do-brasil>. Acesso em: 31/08/2024 às 20:48.

BBC. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-20385306>. Acesso em 31/08/2024 às 20:49.

Globo. Disponível em:

<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2024/04/02/especialistas-avaliam-que-falta-de-incentivo-do-governo-piorou-crise-da-avibras-companhia-belica-brasileira-que-deve-ser-vendida.ghtml>. Acesso em: 31/08/2024 às 20:50.

CTEX. Disponível em: <https://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/308-radar-saber-m200-vigilante>. Acesso em: 31/08/2024 às 20:50.

NATO. Disponível em:

[https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/pdf\\_2015\\_05/20150508\\_1505-Factsheet-PATRIOT\\_en.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2015_05/20150508_1505-Factsheet-PATRIOT_en.pdf). Acesso em: 31/08/2024 às 20:51.

BBC. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-63276342>. Acesso em: 31/08/2024 às 20:52.

DEFESA AEREA NAVAL. Disponível em:

<https://www.defesaaereanaval.com.br/defesa/spider-uma-opcao-para-o-futuro-sistema-de-defesa-antiaerea-de-media-altura-medio-alcance-do-brasil>. Acesso em: 31/08/2024 às 20:52.