


**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA
(CI A Cos/1934)**

CURSO DE ARTILHARIA ANTIAÉREA PARA OFICIAIS

ARTIGO CIENTÍFICO - 2022



**MEDIDAS DE COORDENAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO PARA MÉDIA ALTURA:
DESAFIOS DE SUA REALIZAÇÃO**

**Rio de Janeiro
2022**

1º Ten **MOISÉS DE ALMEIDA GALVÃO**

**MEDIDAS DE COORDENAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO PARA MÉDIA
ALTURA: DESAFIOS DE SUA REALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, como requisito para a obtenção do Grau de Pós-graduação *Lato Sensu* de **Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral**.

Orientador: CAP RODRIGO DE BRITTO **FALCI**

Rio de Janeiro

2022

Catálogo na Publicação (CIP)

Galvão, Moisés de Almeida

G182m Medidas de coordenação do espaço aéreo para média altura: desafios de sua realização / Moisés de Almeida Galvão. -- Rio de Janeiro, 2022.
31f.

Orientador: Rodrigo de Britto Falci.
Trabalho de conclusão de curso (especialização) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2022.

1. Espaço aéreo. 2. Medidas de coordenação do espaço aéreo. 3. Média altura. 4. Requisitos operacionais conjuntos. 5. Interoperabilidade. I. Falci, Rodrigo de Britto. II. Título.

1º Ten **MOISÉS DE ALMEIDA GALVÃO**

**MEDIDAS DE COORDENAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO PARA MÉDIA ALTURA:
DESAFIOS DE SUA REALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, como requisito para a obtenção do Grau de Pós-graduação *Lato Sensu* de **Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral**.

Aprovado em _____ de _____ de 2022.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:

ANDRÉ LUIZ PEREIRA – Maj - Presidente
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

RODRIGO DE BRITTO FALCI - Cap - Membro
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

BRUNO TRENTINI LOPES RIBEIRO – Cap - Membro
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

MEDIDAS DE COORDENAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO PARA MÉDIA ALTURA: DESAFIOS DE SUA REALIZAÇÃO

1º Ten Moisés de Almeida Galvão ¹

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar quais as principais dificuldades para se estabelecer as Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo (MCCEA) necessárias para se empregar Sistemas de Média Altura/Médio Alcance em conjunto com os demais usuários do Espaço Aéreo em Operações Conjuntas. A fim de facilitar a compreensão do estudo, são abordados com mais profundidade, a Coordenação do Espaço Aéreo, Requisitos Operacionais Conjuntos do futuro Sistema de Defesa Antiaérea, Comunicações rádio em HF, Sistema Asterix e Interoperabilidade entre as Forças Armadas. Todos esses assuntos têm a finalidade de auxiliar a compreensão e orientar a análise dos dados e a conclusão do presente trabalho. Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com base em um processo indutivo, dividindo a pesquisa em cinco capítulos destinados à exposição dos dados pesquisados acerca da Coordenação do Espaço Aéreo com emprego de um Sistema de Controle e Alerta voltado para a Média Altura, seguidos de uma análise dos dados obtidos e de uma conclusão sobre o tema.

Palavras-chave: Espaço Aéreo; Medidas de Coordenação do Espaço Aéreo; Média Altura; Requisitos Operacionais Conjuntos; Interoperabilidade.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo verificar las principales dificultades para establecer las Medidas de Coordinación y Control del Espacio Aéreo (MCCEA) necesarias para emplear Sistemas de Media Altura/Medio Alcance junto con los demás usuarios del Espacio Aéreo en Operaciones Conjuntas. Con el fin de facilitar la comprensión del estudio, se profundiza en la Coordinación del Espacio Aéreo, Requerimientos Operativos Conjuntos del futuro Sistema de Defensa Antiaérea, Radiocomunicaciones HF, Sistema Asterix e Interoperabilidad entre las Fuerzas Armadas para ayudar a comprender y orientar el análisis de los datos y la conclusión de este trabajo. Para lograr los objetivos propuestos, se realizó una investigación bibliográfica basada en un proceso inductivo, dividiendo la investigación en cinco capítulos encaminados a exponer los datos investigados sobre la Coordinación del Espacio Aéreo utilizando un Sistema de Control y Alerta enfocado a la Media Altura, seguido de un análisis de los datos obtenidos y una conclusión sobre el tema.

Palabras-clave: Espacio aéreo; Medidas de Coordinación del Espacio Aéreo; Altura media; requisitos operativos conjuntos; Interoperabilidad.

¹ Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), ano de 2017. Pós-graduado (*lato sensu*) em Ciências Militares com ênfase na especialização em Artilharia Antiaérea pela Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe), 2022.

1 INTRODUÇÃO

A análise dos recentes conflitos armados revela o poder militar aeroespacial como elemento fundamental para a condução das batalhas e da própria guerra. O inimigo aéreo (Ae) está presente desde a primeira fase da batalha, caracterizada pela busca da superioridade aérea (Sp Ae), assim como na fase seguinte, quando também emprega seus meios no apoio à campanha terrestre (BRASIL, 2022).

Atualmente, com a evolução do poder aéreo na América do Sul, particularmente na faixa de média altura (Md Altu), países do entorno estratégico brasileiro apresentam meios capazes de executar ataques aéreos em pontos e áreas estratégicas do Território Nacional (TN). Tal fato reforça a importância de conceder maior ênfase na aquisição dos sistemas de Defesa Antiaérea de Média Altura (DA Ae Md Altu).

A busca pela capacidade de Defesa Antiaérea (DA Ae) de Média Altura torna imprescindível a tomada de maior atenção em relação à coordenação do espaço aéreo, que passa a apresentar diversos atores nessa faixa de emprego, com foco especial para as aeronaves de interceptação e os mísseis de médio alcance. Segundo o manual MD 33 – M 13 (Medidas de Coordenação do Espaço Aéreo nas Operações Conjuntas) São considerados usuários do espaço aéreo:

- a) meios de apoio de fogo superfície-superfície – podem engajar e deter o inimigo pelo fogo, além de restringir a ação dos meios aéreos amigos, em certos compartimentos do terreno, em razão da intensidade, duração, localização, direção e altura de seus fogos;
- b) meios de defesa antiaérea – oferecem a necessária proteção contra a ação de vetores aéreos inimigos e pode, igualmente, interferir na utilização do espaço aéreo pelos vetores aéreos amigos; e
- c) as aeronaves (tripuladas ou não) - realizam operações em toda a área de responsabilidade do C Op Cj, e, eventualmente, entre essa área e a Zona de Defesa (ZD) e a Zona de Interior (ZI). (BRASIL, 2022)

As DA Ae a partir da média altura (Md Altu) operam, normalmente, sob fogo designado, pois atuam na mesma faixa de altura das aeronaves (Anv) de interceptação e engajam os vetores aéreos inimigos dentro de seus volumes de responsabilidade, independente de ordem ou coordenação. Tal engajamento está condicionado apenas ao estado de ação. (BRASIL, 2022)

Nas DA Ae de Md Altu e G Altu, como a faixa de atuação dos mísseis antiaéreos (AAe) confunde-se, em parte, com a das aeronaves de interceptação, deve haver uma coordenação de emprego entre meios aéreos e antiaéreos, de modo a evitar a superposição de esforços. (BRASIL, 2022)

Portanto, é mister a melhora da consciência situacional no estabelecimento de uma DA Ae, para isso deve-se buscar implementar o máximo de dados recebidos pelos diversos escalões de maneira mais simples e rápida, contribuindo para a tomada de decisão mais rápida em todos os níveis.

As estruturas e os procedimentos de coordenação e controle do espaço aéreo requerem um amplo planejamento, antes do início das operações. Esse ambiente pode passar por várias fases de transição, variando do tempo de paz ao combate e passando pelas operações militares de não-guerra. Em todas essas situações, os procedimentos necessitam ser simples para serem entendidos e executados por todos os envolvidos nas operações, independentemente de qual sistema seja usuário do espaço aéreo local, faz-se necessário especial atenção também aos usuários civis (aeronaves comerciais), conforme o acidente com o voo Iran Air 655 onde Artilharia Antiaérea (AAE) de médio e longo alcance abateu aeronave comercial.

Em dezembro de 2020, foram aprovados os Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) para a aquisição de um sistema de Artilharia Antiaérea de média altura/médio alcance, o ROC nº 54/2020, obtido através da consolidação de características operacionais e técnicas comuns de emprego das três Forças Armadas. Os requisitos estão estruturados de acordo com a composição de um Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance, o qual deve ser constituído por quatro subsistemas integrados entre si, assim definidos: Subsistema de Controle e Alerta, Subsistema de Armas, Subsistema de Comunicações e Subsistema de Apoio Logístico. (BRASIL, 2020)

Com os requisitos esperados para um Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance já estabelecidos, é fundamental aprimorar a doutrina relativa ao uso do espaço aéreo e do emprego dessa nova capacidade em conjunto com os atuais usuários do Espaço Aéreo Brasileiro (EAB).

Conforme o cenário anteriormente apresentado, é possível identificar o problema central do presente trabalho. Os atuais meios de comando e controle utilizados conseguem oferecer a consciência situacional necessária para os diversos escalões de Artilharia Antiaérea em conjunto com as medidas de coordenação e controle do espaço aéreo do Território Nacional? Estão preparados para o emprego eficaz de meios de defesa antiaérea e defesa aérea na faixa de emprego de média altura de forma sinérgica, de modo a evitar a superposição de esforços, a interferência mútua e a realização de disparos sobre aeronaves amigas?

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

O tema central do presente trabalho é apresentar os principais desafios para se estruturar as medidas de coordenação e controle do espaço aéreo com a busca da capacidade de Média Altura/ Médio Alcance (Md Altu/ Md Alc), com enfoque no planejamento conjunto e aumento da interoperabilidade entre os usuários do espaço aéreo.

Quanto à natureza, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa do tipo aplicada, por ter por objetivo gerar conhecimentos sobre possibilidades e limitações das Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo (MCCEA) no emprego de um sistema de Md Altu/ Md Alc, utilizando-se o método indutivo, observando-se casos particulares para realização de análises e conclusões.

Trata-se de estudo bibliográfico, que para sua execução tem como método a leitura exploratória e seletiva do material pesquisado, assim como sua revisão para a realização da análise dos dados levantados e a posterior síntese, com o intuito de proporcionar uma literatura atualizada e relevante sobre o tema. Para isso, as principais fontes de pesquisa utilizadas no presente trabalho foram, em sua maioria, manuais militares, artigos sobre o tema, bem como legislações atinentes ao emprego dos meios Ae e AAe.

2.2 COORDENAÇÃO E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

O Sistema de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (SISDACTA) engloba os dois sistemas de controle do espaço aéreo nacional: o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), responsável pelo controle das operações militares; e o Sistema Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), responsável pelo controle do tráfego aéreo geral. Dessa forma, são compartilhados procedimentos comuns, infraestrutura e serviços, garantindo eficiência e economia para o sistema.

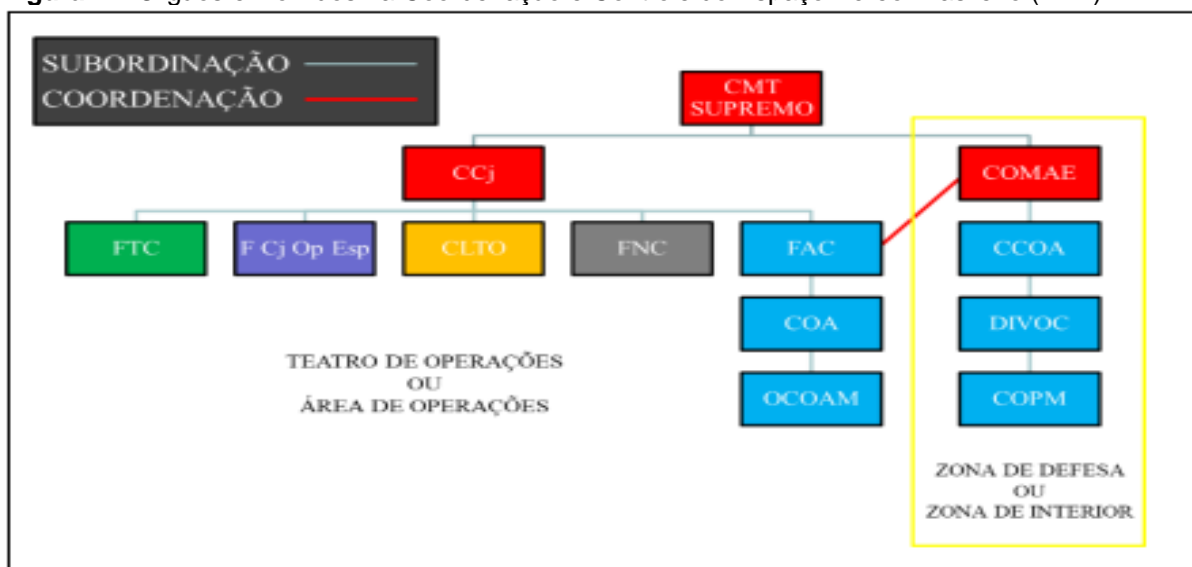
O Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) é um Comando Conjunto permanentemente ativado e empregado desde o tempo de paz, englobando material e pessoal das três Forças Armadas. É o órgão central do SISDABRA responsável pela coordenação da defesa aeroespacial no Território Nacional. O SISDABRA possui elos permanentes e eventuais. Dentre os permanentes, destacam-se os Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA). Este é o órgão

responsável pela condução das operações aéreas dentro de sua Região de Defesa Aeroespacial (RDA). O Brasil divide seu território em quatro RDA. (BRASIL, 2017)

Fora do território nacional, sempre que houver uma Força Aérea Componente (FAC) constituída, o comandante operacional delegará ao Comandante da Força Aérea Componente (CFAC) ou, eventualmente, a outro Comandante que ele considere mais adequado, quando não houver uma FAC constituída, duas tarefas intimamente relacionadas, quais sejam: a Coordenação e Controle do Espaço Aéreo e o planejamento da Defesa Aeroespacial na Área. (BRASIL, 2022)

Quando parte da área de responsabilidade estiver localizada dentro do território nacional, o Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) delegará à FAC, por meio de acordo operacional, a responsabilidade sobre a Defesa Aeroespacial. De forma análoga, caberá a FAC efetuar coordenação com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) no que tange à coordenação e o controle do tráfego aéreo civil, nesta área específica. De forma a clarificar e unificar as medidas de controle e coordenação no espaço aéreo delimitado pelas operações, a FAC deverá efetuar acordos operacionais tanto com o COMAE, quanto com o DECEA, reforçando os aspectos destacados anteriormente. (BRASIL, 2022)

Figura 1 – Órgãos envolvidos na Coordenação e Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (EAB)



Fonte: BRASIL, 2022.

2.2.1 Métodos de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo

Os métodos de coordenação e controle do espaço aéreo podem variar amplamente durante os diferentes tipos de operações militares, desde o controle positivo de todos os meios aéreos, na área de controle do espaço aéreo, até o controle

por procedimentos de todos estes meios, incluindo qualquer combinação eficaz destes dois métodos. Os procedimentos de controle do espaço aéreo devem ser adaptados a estes métodos, com base nas capacidades e nos requisitos operacionais de cada F Componente. Os dois métodos são descritos a seguir:

Controle Positivo - é um método que utiliza meios eletrônicos. Apoia-se na identificação positiva, no rastreamento e na direção da aeronave no espaço aéreo, por um órgão de controle autorizado para tal atividade.

Controle por Procedimentos - é um método que se baseia na combinação de procedimentos e ordens previamente acordados, não sendo, portanto, obtido por meios eletrônicos. Este método combina a extensa utilização das MCCEA. Um espaço aéreo pode ser alocado para uma atividade, dentro da qual existirá liberdade de ação, de acordo com as regras deste espaço. No intuito de melhorar a flexibilidade necessária às operações, são adotadas medidas que serão ativadas por critérios específicos. (BRASIL, 2022)

Os dois métodos de controle são totalmente compatíveis. A utilização, em maior ou menor grau, de um ou outro depende da disponibilidade dos equipamentos de controle do espaço aéreo e do grau de interferência inimiga. A situação pode requerer a maior utilização de um ou outro ou, ainda, a combinação de ambos.

A figura abaixo compara as características de cada método de coordenação previsto na doutrina brasileira.

Figura 2 – Métodos de Coordenação do Espaço Aéreo



Fonte: AUTOR (2022)

2.2.1.1 O Sistema *Identification Friend or Foe*

O Sistema IFF é uma “forma de reconhecimento” entre plataformas navais, terrestres e aéreas, executada por intermédio de uma pergunta padrão (pulso de interrogação) – feita por um interrogador a bordo de uma das plataformas, para a qual

é emitida – e uma resposta codificada (pulso de resposta) por um transponder em outra plataforma.

Caso a resposta esteja correta, ou seja, conste de uma lista de códigos do sistema de inteligência, o possível alvo pode ser reconhecido como amigo. Se o alvo não responde, ou seja, permanece passivo, não é possível identificá-lo eletronicamente. (Wurts, 2010)

O Sistema IFF difere do radar primário, pois não há simples reflexão de energia pelo alvo; no caso do IFF, há uma comunicação codificada entre as plataformas interrogadora e interrogada. Pode-se dizer que o IFF complementa o radar primário, sem dispensá-lo. Por esse motivo, também é dito “radar secundário” (SSR – *Secondary Surveillance Radar*).

O Sistema IFF possui formas diferentes de operação, ditos Modos de Funcionamento (Operação), que definem os padrões do sinal, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Modos IFF existentes

Modos militares	Modos civis	Utilização	Δt entre P1 e P3 (μs)	Mk (OTAN)
1	-	Controle e identificação de tráfego aéreo militar	3	X(A)
2	-	Utilização militar em combate (regulado nas Normas Operacionais do Sistema de Defesa Operacional Brasileiro – NOSDA)	5	X(A)
3	A	Controle e identificação de tráfego aéreo civil e militar (compartilhado)	8	X(A)
	B	Controle e identificação de tráfego aéreo civil	17	-
-	C	Transmissão automática da altura da aeronave	21	-
	D	Utilização civil	25	-
4	-	Modo militar com criptografia	-	XII
5	-	Modo militar com espalhamento espectral	-	XII(A)

Fonte: The United States of America, 2014 (adaptado).

2.2.1.1.1 IFF Modo 4

Para evitar uma intromissão não autorizada ou interferência nos equipamentos IFF, seja nos interrogadores ou transponders, incluindo o caso em que os dispositivos venham a cair em mãos hostis, o Modo 4 do IFF surgiu como solução ao empregar um código de chaves de difícil quebra e que devem ser periodicamente inseridas em cada equipamento, evitando a ação inimiga no comando e controle. (Wurts, 2010)

As interrogações codificadas são dependentes do modo de operação. As respostas codificadas recebidas a partir de um transponder cooperativo são

processadas para verificar sua validade e fornecer indicações adequadas para o operador. No IFF Mk XII, Modo 4 do Sistema IFF, a codificação dos interrogadores e transponders é realizada por uma unidade de criptografia, existente somente se o Modo 4 está em operação. (Wurts, 2010)

2.2.2 Desconflito do Espaço Aéreo

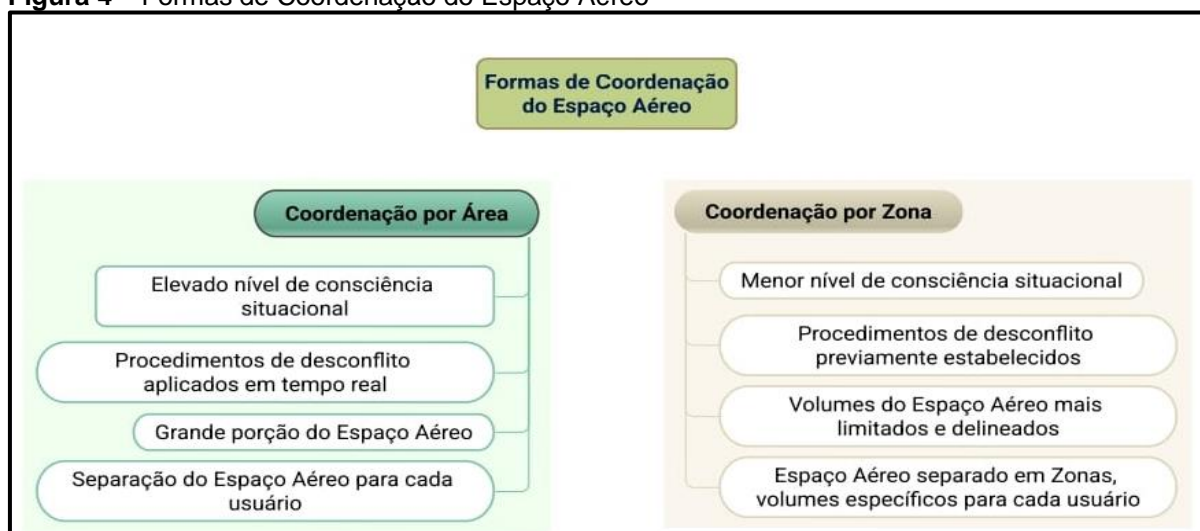
A coordenação do Espaço Aéreo é realizada por um conjunto de atividades e medidas realizadas nos níveis operacional e tático que visam prover a separação adequada entre os usuários do Espaço Aéreo dentro de uma área operacional. Pode ser realizada basicamente de duas formas:

- a) **por Separação:** aplicação de normas de separação em tempo real entre as posições possíveis da aeronave;
- b) **por Segregação:** aplicação de procedimentos e medidas previamente estruturadas para resolver/eliminar possíveis conflitos. Embora a segregação possa ser com base em princípios de separação, não requer intervenção em tempo real ou quase real. (BRASIL, 2022)

A coordenação do Espaço Aéreo engloba ações para coordenar o emprego de meios aéreos, terrestres e navais, quando utilizando o espaço aéreo, seja por aeronaves ou apoio de fogo, visando procedimentos padronizados de desconflito, de redução de riscos e de interferência mútua, permitindo o uso do espaço aéreo de forma segura, eficiente e flexível, além de contribuir para a efetividade do combate. (BRASIL, 2015)

A doutrina brasileira de coordenação do Espaço Aéreo prevê dois tipos de coordenação: por área e por zona, o quadro abaixo apresenta as principais características de cada uma.

Figura 4 – Formas de Coordenação do Espaço Aéreo



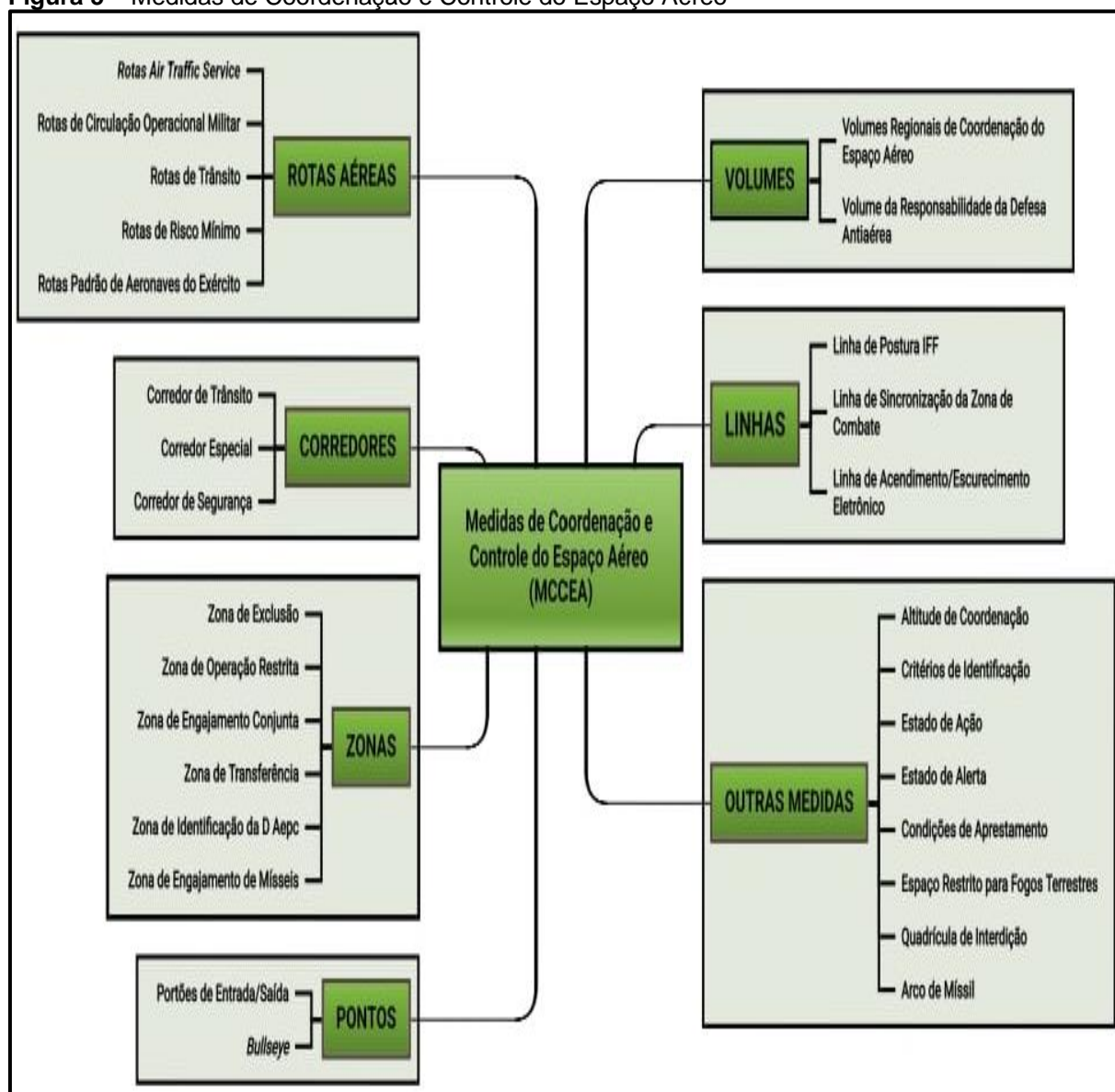
Fonte: AUTOR (2022)

2.2.3 Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo (MCCEA)

Conforme o manual Defesa Antiaérea nas Operações (2017), as MCCEA têm por finalidade reduzir a possibilidade de ataques a aeronaves amigas (fratricídio); evitar a superposição de esforços e a interferência mútua; e possibilitar a troca de informações e a transferência de incursões entre as defesas aérea e antiaérea sobre um determinado ponto ou área sensível.

Existem diversos tipos de medidas de coordenação, sendo sua difusão imprescindível para todos os elementos que utilizam o espaço aéreo. A seguir, serão apresentadas as principais MCCEA empregadas pela defesa antiaérea que possuem impacto na coordenação do espaço aéreo com o emprego de meios antiaéreos de média altura.

Figura 5 – Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo



Fonte: AUTOR (2022)

2.2.3.1 Zonas

As Zonas são volumes do Espaço Aéreo onde vigoram procedimentos e medidas específicas para atuação nessa área delimitada. São subdivididas em Zonas de Exclusão (ZE), Zona de Transferência (ZT), Zona de Identificação da Defesa Aeroespacial (ZIDA), Zona de Operação Restrita (ZOR), Zona de Engajamento Conjunta (ZEC) e Zona de Engajamento de Mísseis (ZEM), será dado maior enfoque nas que estão estritamente ligadas à Defesa Antiaérea de Média Altura.

2.2.3.1.1 Zona de Engajamento Conjunta (ZEC)

A ZEC corresponde à porção do espaço aéreo onde todos os sistemas de defesa aérea são simultaneamente empregados para combater ameaças aeroespaciais. O estabelecimento de Zonas deste tipo requer ampla coordenação, controle e consciência situacional do ambiente aeroespacial envolvido, com o propósito de se evitarem os casos de fogo amigo envolvendo aeronaves e mísseis.

Tal como ocorre na coordenação por área, é imperativo dispor de recursos materiais e pessoais com elevadíssima qualidade técnica, considerando a necessidade, em tempo real, da aplicação de procedimentos para o desconflito de vetores e armas, mediante sua separação no espaço aéreo utilizado simultaneamente. (BRASIL, 2022)

2.2.3.3.2 Zona de Engajamento de Mísseis (ZEM)

A ZEM é um volume do espaço aéreo no qual a responsabilidade de engajamento de ameaças aéreas do tipo míssil ar-superfície (ASM) é atribuída à Defesa Antiaérea de Grande ou Média Altura. (EUA, 2018)

2.2.3.3.3 Zona de Operação Restrita (ZOR)

A ZOR é um volume de espaço aéreo com dimensões definidas e duração temporária, estabelecida para uma atividade operacional específica. A ZOR restringe, por procedimentos, o uso do espaço aéreo, por alguns usuários, até o final da missão. Pode ter qualquer formato e é estabelecido, preferencialmente, sobre referências nítidas no terreno.

Uma ZOR pode ser planejada para atender operações que interferem diretamente no emprego de armamento de médio alcance, tais como:

a) Área de Controle da Caça (ACCA): é uma ZOR onde uma Patrulha Aérea de Combate, normalmente, possui autonomia de engajamento (poderão ser estabelecidas regras de engajamento diferentes)

b) Área de Responsabilidade da Caça (ARCA): corresponde à porção do espaço aéreo, onde o engajamento de ameaças encontra-se sob a responsabilidade das aeronaves de caça (combate). As operações da ARCA geralmente ocorrem no espaço aéreo acima e além das faixas de engajamento dos sistemas de defesa antiaérea de curto alcance e podem constituir uma alternativa quando a Zona de Engajamento Conjunta não puder ser executada. Importante ressaltar que, sob as operações da ZEC, os sistemas de mísseis superfície-ar não possuem permissão para engajamento, a menos que os alvos sejam positivamente identificados e classificados como hostis, sendo, conseqüentemente, designados por autoridade competente para neutralização ou quando em autodefesa. (BRASIL, 2022)

2.2.3.2 Volumes

Porção do espaço aéreo no qual vigoram procedimentos específicos para o sobrevoo de aeronaves amigas e para o tiro antiaéreo. São divididos em Volumes Regionais de Coordenação do Espaço Aéreo (VRCEA) e Volume de Responsabilidade da Defesa Antiaérea (VRDAAe).

2.2.3.2.1 Volume de Responsabilidade da Defesa Antiaérea (VRDAAe)

É a porção do espaço aéreo sobrejacente a uma defesa antiaérea, onde vigoram procedimentos específicos para o sobrevoo de aeronaves amigas e para o fogo antiaéreo. Os volumes de responsabilidade de defesa antiaérea são delimitados, em altura, por planos horizontais com a cota medida em metros e em centenas de pés. Deve ser estabelecido para Sistemas de Armas com alcance de até 10 milhas náuticas (NM).

Nas defesas antiaéreas de média e grande altura, como a faixa de atuação dos mísseis antiaéreos confunde-se com a dos aviões de interceptação, deve haver uma coordenação de emprego entre os meios aéreos e antiaéreos, de modo a evitar a superposição de esforços, a interferência mútua e a realização de disparos sobre aeronaves amigas. (BRASIL, 2022)

2.2.3.3 Arco de Míssil (MISARC)

Uma área de 10 graus ou tão grande quanto necessário para a manutenção da segurança operacional que não deve existir a presença de aeronaves amigas para autorização do engajamento, ordenado pela mais alta autoridade de Defesa Aeroespacial em comando, centrado no rumo do alvo com um alcance que se estende até o alcance máximo do Míssil Terra-Ar. Será estabelecida automaticamente quando uma ordem de engajamento é emitida para um alvo presente na Zona de Engajamento Conjunta (ZEC). (OTAN, 2013)

2.3 REQUISITOS OPERACIONAIS CONJUNTOS DO CONTROLE E ALERTA NA MÉDIA ALTURA

Os requisitos a seguir foram obtidos pela consolidação das características operacionais e técnicas comuns de emprego das três Forças Armadas. Os requisitos estão estruturados de acordo com a composição de um Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance, o qual deve ser constituído por quatro subsistemas integrados entre si, assim definidos: Subsistema de Controle e Alerta, Subsistema de Armas, Subsistema de Comunicações e Subsistema de Apoio Logístico. (BRASIL, 2020)

Os requisitos estão divididos em absolutos e desejáveis. Os absolutos são obrigatórios nos Produtos de Defesa (PRODE) e seus acessórios. Os desejáveis devem ser buscados para o incremento da operacionalidade, podendo já estar implementados de forma a valorizar o PRODE, e poderão, a depender das condicionantes operativas específicas da missão onde serão empregados e das demandas particulares de cada Força, tornarem-se obrigatórios. (BRASIL, 2020)

O Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance deverá possuir os seguintes requisitos absolutos relativos à coordenação do Espaço Aéreo:

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. (BRASIL, 2020)

O Subsistema de controle e alerta deverá possuir os seguintes requisitos absolutos relativos à coordenação do Espaço Aéreo:

2.3) O Radar de Vigilância do Subsistema de Controle e Alerta deve ser capaz de detectar alvos múltiplos a uma distância que varie entre 2 (dois) e, no mínimo, 200 (duzentos) Km contra alvos se deslocando entre o nível do mar até 20.000 (vinte mil) metros de altura, pelo menos.

2.4) O(s) radar(es) do Subsistema de Controle e Alerta deve(m) possuir capacidade de:

a) Integrar-se ao SISDABRA e ao Comando da Defesa Aeroespacial determinado, por meio de data link e outras formas de tramitação de dados;

b) Integrar-se à síntese dos radares e dos demais meios de Comando e Controle (C2) do SISDABRA e do Comando da Defesa Aeroespacial determinado, por meio de interface de integração.

2.5) Deve possuir, pelo menos, um Centro de Operações Antiaéreas (COAAe) com capacidade de receber e transmitir dados, a fim de participar da obtenção de dados da situação aérea geral e/ou regional e/ou local, por meio da detecção radar, em tempo real.

2.6) Deve ter a capacidade de identificação de alvos amigos e inimigos (*Identification, friend or foe - IFF*), em modos compatíveis com os padrões estabelecidos nas Forças Armadas brasileiras.

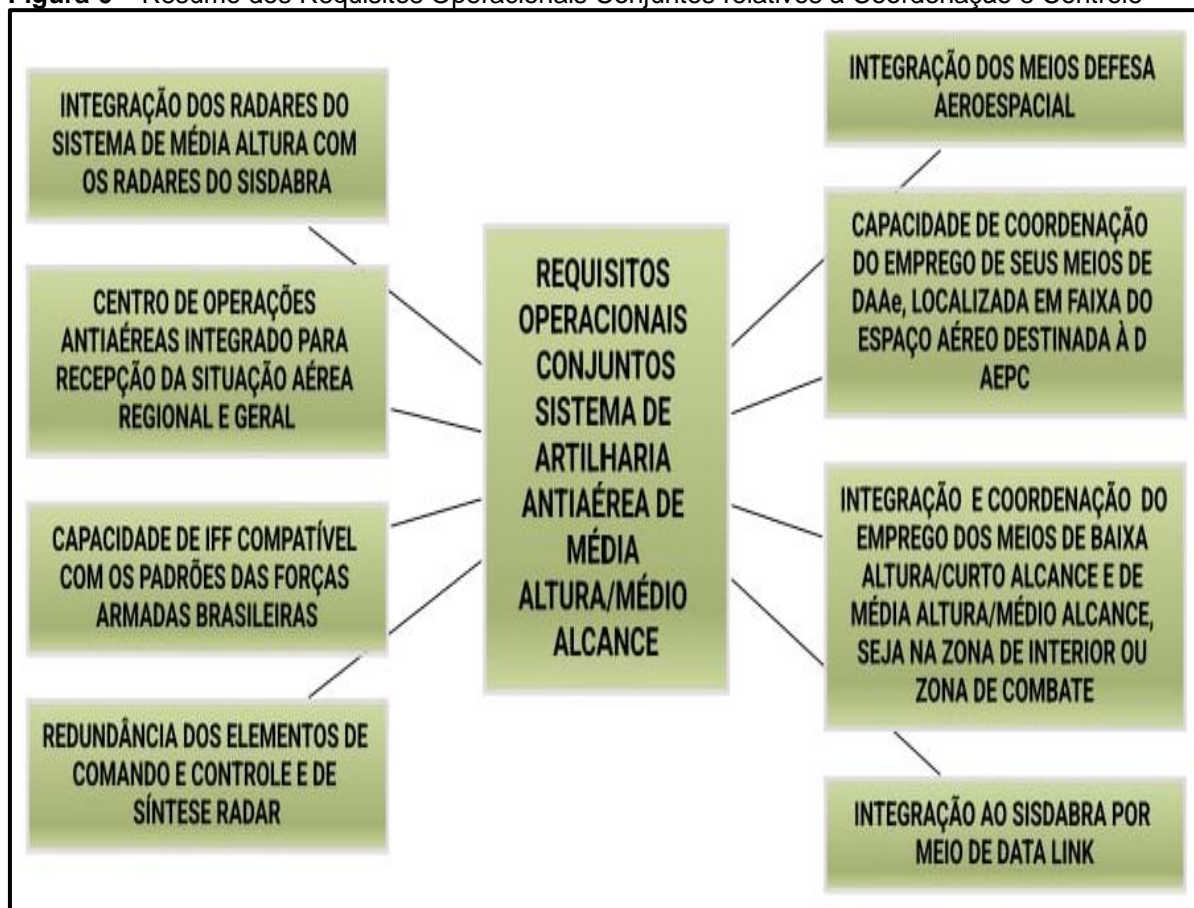
2.7) Deve corrigir a trajetória dos mísseis em voo, disparados pelo Subsistema de Armas, até o momento em que os sensores embarcados no míssil possam adquirir o alvo e concluir o processo de engajamento e de neutralização das ameaças.

2.8) Deve ter a capacidade de permitir a interrupção, de forma segura e confiável, com redundância, para a destruição comandada (tele destruição) do míssil disparado, em qualquer momento do voo.

2.9) Deve ter a capacidade de possibilitar a identificação e classificação dos alvos como amigo ou inimigo (hostil) pelo SISDABRA e ao Comando da Defesa Aeroespacial determinado, em tempo real, após sua detecção (síntese radar). (BRASIL, 2020)

Os Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) nº 54/2020 que exercem influência direta na Coordenação e Controle do Espaço Aéreo podem ser resumidos conforme a Figura 6.

Figura 6 – Resumo dos Requisitos Operacionais Conjuntos relativos à Coordenação e Controle

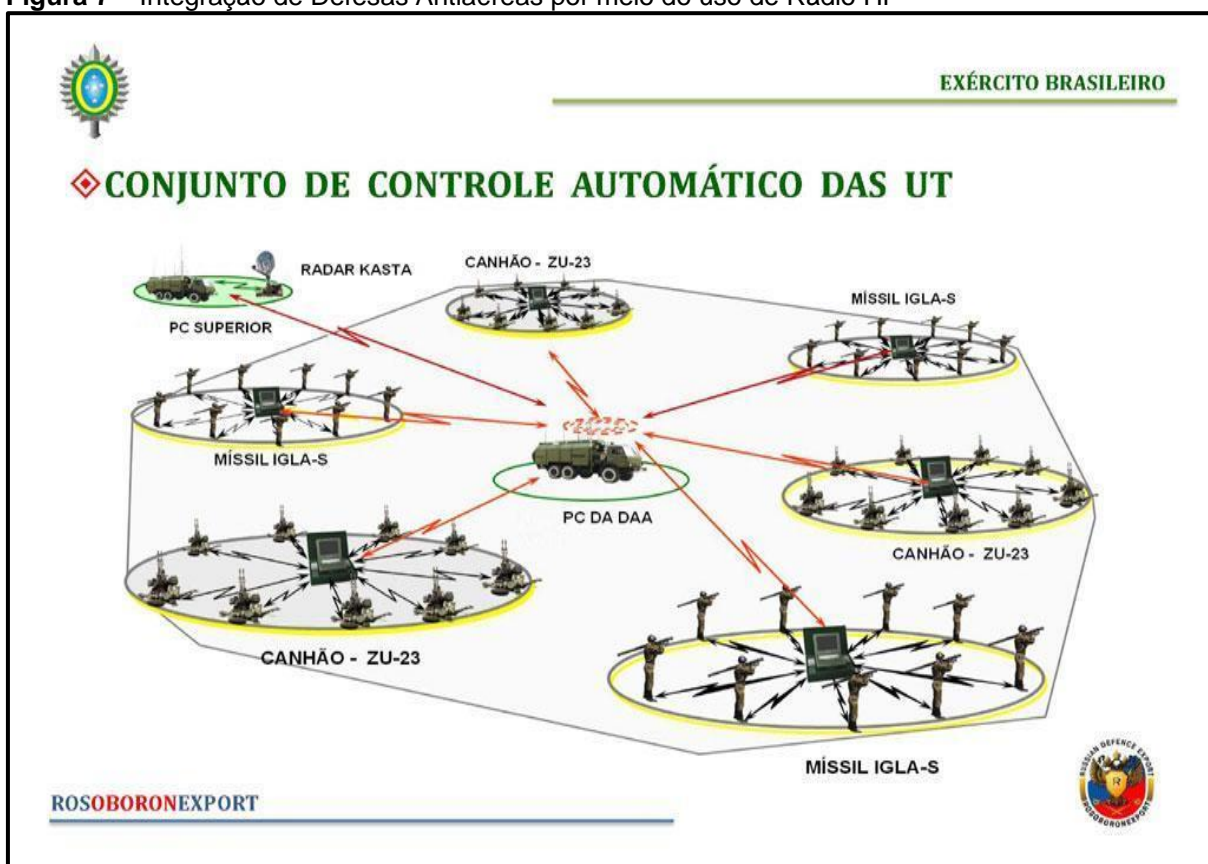


Fonte: AUTOR (2022)

2.4 TRANSMISSÃO DE DADOS RADAR POR MEIO DE RÁDIO FREQUÊNCIA NA FAIXA DE HF

Conforme apresentado nos Requisitos Operacionais Conjuntos, busca-se um Sistema de Defesa Antiaérea que alie integração, interoperabilidade, capacidade de distinguir alvos inimigos e amigos com rapidez e eficiência e de maneira conjunta ser redundante e segura, de modo que a consciência situacional não seja perdida, para isso é fundamental aproveitar-se da estrutura já existente e utilizada no Controle do Espaço Aéreo.

Figura 7 – Integração de Defesas Antiaéreas por meio do uso de Rádio HF



Fonte: (RAMOS; ARRAES, 2018)

As características do enlace de dados radar na faixa de rádio frequência em HF se encaixam no contexto de agilidade, eficiência e segurança exigidos e é um meio promissor para compor uma estrutura de defesa antiaérea, quer seja como meio principal ou redundante. (RAMOS; ARRAES, 2018)

A consciência situacional do espaço aéreo é fundamental para a tomada de decisão em uma ação de defesa aérea e os sistemas de comunicações devem transmitir as informações necessárias entre os sensores de vigilância, os centros de controle e o comando dos diversos elementos que constituem o escalão considerado.

O emprego dos meios de comunicações deve ser de forma rápida, segura e eficiente, permeado por ações de guerra eletrônica que visam a sua neutralização ou degradação, desta forma, é imperativo que todas as transmissões, quer sejam por voz ou dados, contenham algoritmos de criptografia. (RAMOS; ARRAES, 2018)

2.5 ESTRUTURA DO PROTOCOLO ASTERIX

A estrutura do protocolo ASTERIX foi definida pela EUROCONTROL e está dividida em várias categorias que seguem uma padronização conforme a aplicação dos dados contidos no quadro do protocolo implementado nos diversos serviços pertinentes ao controle de tráfego aéreo. (RAMOS; ARRAES, 2020)

A EUROCONTROL é uma Organização Intergovernamental formada por 41 membros. Desde 2015, o Brasil, através do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), integra o grupo com um acordo que refere-se ao estabelecimento de um framework para cooperação mútua no domínio da navegação aérea. (RAMOS; ARRAES, 2020)

Nos sistemas de Defesa Aérea empregados no Brasil, os dados radar no protocolo ASTERIX são trafegados em modo síncrono, através de uma interface serial RS-232, encapsulados no protocolo de enlace HDLC, a uma taxa de 19200 bps. Os radares no Brasil utilizam as categorias 34 e 48 do protocolo ASTERIX, elas são utilizadas para trafegar os dados das mensagens monorradar. (RAMOS; ARRAES, 2020)

No protocolo de dados radar ASTERIX são transmitidas mensagens codificadas que contém informações técnicas e operacionais que são interpretadas pelos sistemas de tratamento e visualização de dados radar, aplicados nos serviços de controle de tráfego aéreo e atividades de defesa aérea. Visando a aplicação do rádio enlace de dados radar na faixa de HF (*High Frequency*) como meio de comunicações seguras entre um determinado sítio radar e uma Defesa Antiaérea desdobrada, foi desenvolvido um conversor de barramento serial RS-232 para ethernet e uma aplicação em software para compatibilizar o protocolo ASTERIX de modo que os dados radar sejam trafegados de forma íntegra e segura por um canal de banda estreita. (RAMOS; ARRAES, 2020)

Ao adaptar a estrutura de comando e controle (C²) do futuro Sistema de Artilharia de Média Altura ao protocolo ASTERIX, seria possível estar integrando a

Defesa Aérea, a Defesa Antiaérea e o controle de tráfego aéreo, permitindo uma síntese radar única para a coordenação da média altura na plenitude.

Figura 8– Cobertura dos radares que utilizam o protocolo ASTERIX no Brasil



Fonte: (RAMOS; ARRAES, 2020)

2.6 EMPREGO DO SISTEMA DE RÁDIO FREQUÊNCIA HF EM EXERCÍCIO OPERACIONAL

O Ministério da Defesa planejou e coordenou o exercício operacional conjunto Escudo Antiaéreo 2019 que teve a participação de tropas da Marinha do Brasil, Exército Brasileiro e Força Aérea Brasileira, em todas as regiões de defesa aeroespacial do país. Os meios antiaéreos estiveram desdobrados em Santiago – RS, Taubaté – SP, Porto de Sepetiba – RJ, Barra do Garças – MT e Boa Vista – RR. Com a autorização da direção do exercício operacional, o Sistema de Transmissão de Dados Radar por Rádio Frequência na Faixa de HF foi empregado na Operação Escudo 2019. Durante o período da missão, a prova de conceito do sistema foi posta em prática e atuou como redundância do enlace via satélite em banda X que, efetivamente, utiliza o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC). (RAMOS; ARRAES, 2020)

Os militares do Primeiro Esquadrão do Primeiro Grupo de Comunicações e Controle (1º/1º GCC) instalaram o sistema nas localidades de Barra do Garças – MT, Santiago – RS e Boa Vista – RR. Os dados dos radares de interesse foram

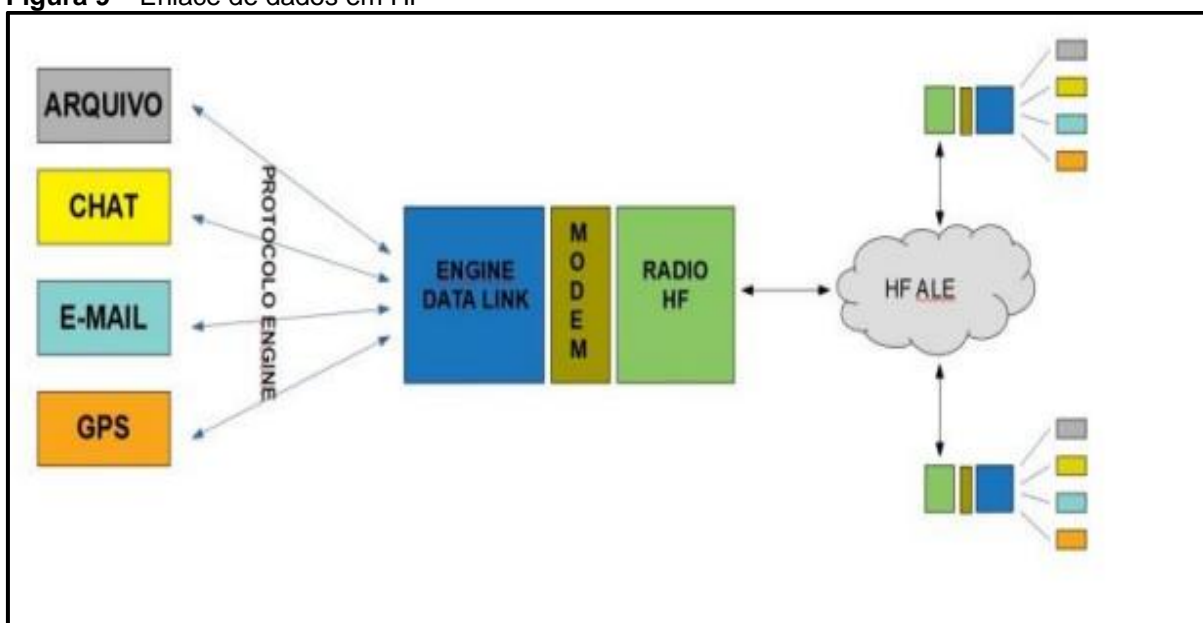
transmitidos por HF, a partir da Estação Profeta, localizada no Rio de Janeiro, nas instalações da ALA12. Em um dia determinado pela direção do exercício, o enlace via satélite foi, propositalmente, desligado para que todas as coordenações de emprego da artilharia antiaérea e a transmissão dos dados do radar de área fossem efetuadas pelo rádio enlace na faixa de HF. (RAMOS; ARRAES, 2020)

O conceito do sistema redundante mostrou-se bastante eficiente, cumprindo os principais requisitos técnicos e operacionais definidos no escopo do projeto. (RAMOS; ARRAES, 2020)

Dois computadores com o software VISIR (utilizado para visualização dos dados radar) foram instalados para receber os dados de um determinado radar, o primeiro computador recebeu os dados pelo enlace via satélite e o segundo, pelo enlace de dados em HF. Com o auxílio da função Vetor Medida, utilizada no software VISIR, os operadores artilheiros compararam a radial e distância de uma determinada pista radar, até um ponto de referência no mapa e verificaram que não havia diferença nas medidas apresentadas. (RAMOS; ARRAES, 2020)

Durante o exercício simulado, a artilharia antiaérea logrou êxito na defesa antiaérea e conseguiu “abater a aeronave hostil”.

Figura 9 – Enlace de dados em HF



Fonte: (RAMOS; ARRAES, 2020)

2.7 ACIONAMENTO DOS MEIOS DE ARTILHARIA ANTIAÉREA

Atualmente, a sistemática de coordenação do espaço aéreo está direcionada para o emprego de armamentos antiaéreos de baixa altura. Dessa forma, é utilizada

o sistema de coordenação por zona, onde meios de defesa antiaérea e da defesa aérea são utilizados separadamente no espaço.

A estrutura de coordenação corresponde aos elementos necessários para permitir que o fluxo de informações seja completo, confiável, seguro e o mais próximo possível do tempo real. Tudo para manter, o mais elevado possível, o nível de consciência situacional dos comandantes e apoiar os ciclos de tomada de decisão. A estrutura de coordenação compreende aspectos de pessoal, instalações, equipamentos e tecnologias.

O processo decisório para o engajamento de vetores aéreos representa o conjunto de ações necessárias até a tomada de decisão pelo tiro de detenção, conhecidas por Medidas de Policiamento do Espaço Aéreo (MPEA). O tempo necessário para realização desse processo de decisão é somado ao tempo relacionado aos fatores técnicos para o tiro, determinando o tempo de resposta necessário ao engajamento dos vetores. (AZENHA, 2020)

A normatização brasileira para realização de tiros de detenção de aeronaves em situação de normalidade, dentro do território nacional, é a Lei 9.614/1998, conhecida como “lei do abate”. Essa lei foi regulamentada pelo Decreto 5.144/2004, que autoriza a Aeronáutica abater aeronaves civis que, após tiros de aviso, não obedecerem às ordens emanadas pelas aeronaves de interceptação, como ordem de mudança de rota e ordem de pouso. De acordo com a citada lei, a autoridade responsável pela ordem de detenção é o Presidente da República, contudo, no mesmo dispositivo legal, foi delegada ao Comandante da Aeronáutica a competência para autorizar a aplicação da medida de detenção. Porém até que seja necessário autorizar o engajamento, diversos procedimentos e ligações são realizadas.

A Equipe de Ligação Antiaérea é responsável por manter ligação entre os centros de coordenação de defesa antiaérea e o centro de operações militares da Força Aérea, responsável pela defesa aeroespacial de sua região. A equipe integra a Célula de Alocação de Armas dentro do COpM. Possui como principais responsabilidades: difundir a Situação Aérea Regional de Defesa Aeroespacial (SARDA) ao Centro de Operações de Artilharia Antiaérea (COAAe) principal; informar as atividades aéreas amigas e inimigas em curso; difundir a situação aérea, a avaliação da ameaça e as mudanças de Estado de Alerta (ESTALE); fornecer os dados relativos à identificação e classificação de aeronaves que se aproximem do VRDA Ae; transmitir as mensagens de alerta padronizadas, conforme prescrições estabelecidas nas NOSDA; e manter o COAAe informado quanto a códigos e mudanças de IFF3, rotas e corredores de segurança, engajamento da DAe e situação das interceptações. (AZENHA, 2020)

A seguir, será abordado, de forma sucinta, os procedimentos desde a identificação até a autorização de detenção de aeronaves dentro território nacional, dentro do contexto da defesa aeroespacial.

O fluxo de informações e procedimentos de coordenação do espaço aéreo ocorre dentro do COpM responsável pela região de defesa aeroespacial. Ao ser detectado um vetor aéreo pelos sensores da Força Aérea é iniciado o procedimento de identificação. Caso o mesmo não possua cadastro no banco de dados ou um plano de voo autorizado o vetor é classificado como

desconhecido, sendo iniciado os procedimentos de identificação, como tentativa de contato via rádio.

Em seguida, o vetor pode ser classificado como suspeito. Essa classificação ocorre de acordo com os protocolos estabelecidos nas NOSDA em vigor. A adoção de rota de voo, altitude e/ou velocidade suspeitas; utilização de IFF irregular; desrespeito a orientações provenientes dos centros de controle, são alguns dos fatores considerados para a determinação de vetor suspeito.

Após a classificação de suspeito, o Alocador de Armas do COpM pode realizar o acionamento de aeronave de interceptação a partir da Base Aérea mais próxima. Nesse caso, é realizada a abordagem da aeronave suspeita, realizando checagens diversas, interrogação, ordem de modificação de rota, ordem de pouso obrigatório, entre outras. Nesse momento pode ser realizado o Tiro de Aviso (TAV), de acordo com os parâmetros previstos no Decreto nº 5.144, de 16 de julho de 2004.

Caso o vetor desobedeça às ordens da Defesa Aeroespacial, tome atitude hostil e/ou esteja enquadrado nos termos legais, pode ser classificado como hostil por determinação da Alta Autoridade de Defesa Aeroespacial (AADA). A partir dessa classificação poderá ser adotada a medida de Tiro de Detenção (TDE), de acordo com os elementos previstos no Decreto nº 5.144.

Caso o vetor hostil esteja em direção de uma área com defesa antiaérea ativada, o controlador de voo do COpM ordenará que a aeronave amiga de interceptação cesse os procedimentos de interceptação e se dirija a uma aérea segura estabelecida e fora do VRDAAe, aguardando novas instruções. Nesse momento, o alocador de armas passa a responsabilidade de engajamento do vetor para os meios antiaéreos.

Desde o início das atividades, a ELAAe realiza a constante atualização da Situação Aérea Regional de Defesa Aeroespacial (SARDA) do COAAe. Este procedimento busca manter a consciência situacional do Comandante da Defesa Antiaérea e reduzir o tempo de resposta dos meios. Para isso, a ELAAe antecipa ao máximo os procedimentos de coordenação e autenticação. Ressalta-se que os elementos de Fraseologia, Ordens de Controle e Procedimentos para o Disparo são pré-determinados e estão previstos nas NOSDA, sendo esta de classificação reservada.

A autorização para o tiro de detenção será passada para o Centro de Operações Antiaéreo (COAAe) a partir do momento em que o vetor hostil adentre o volume de responsabilidade de uma defesa antiaérea. Ressalta-se que, doutrinariamente, de acordo com as MCCEA em vigor ou em caso de autodefesa a defesa antiaérea pode realizar o tiro de detenção, independentemente de receber a autorização do AADA. (AZENHA, 2020)

Outro ponto a ser estudado refere-se à possibilidade de inserção de Ordens de Controle e dos Procedimentos para o Disparo. Os elementos previstos atualmente na NOSDA não contemplam o emprego simultâneo de meios aéreos e de superfície. A seguir, serão apresentadas algumas sugestões de ordens de controle que foram identificadas no seminário de Artilharia Antiaérea em Operações Conjuntas (DECEx, 2019) para possível inclusão nas normas.

Engajar - Utilizada para direcionar ou autorizar unidades e/ou sistemas de armas a estarem prontos para disparar sobre um alvo designado e identificado como hostil (normalmente automatizados).

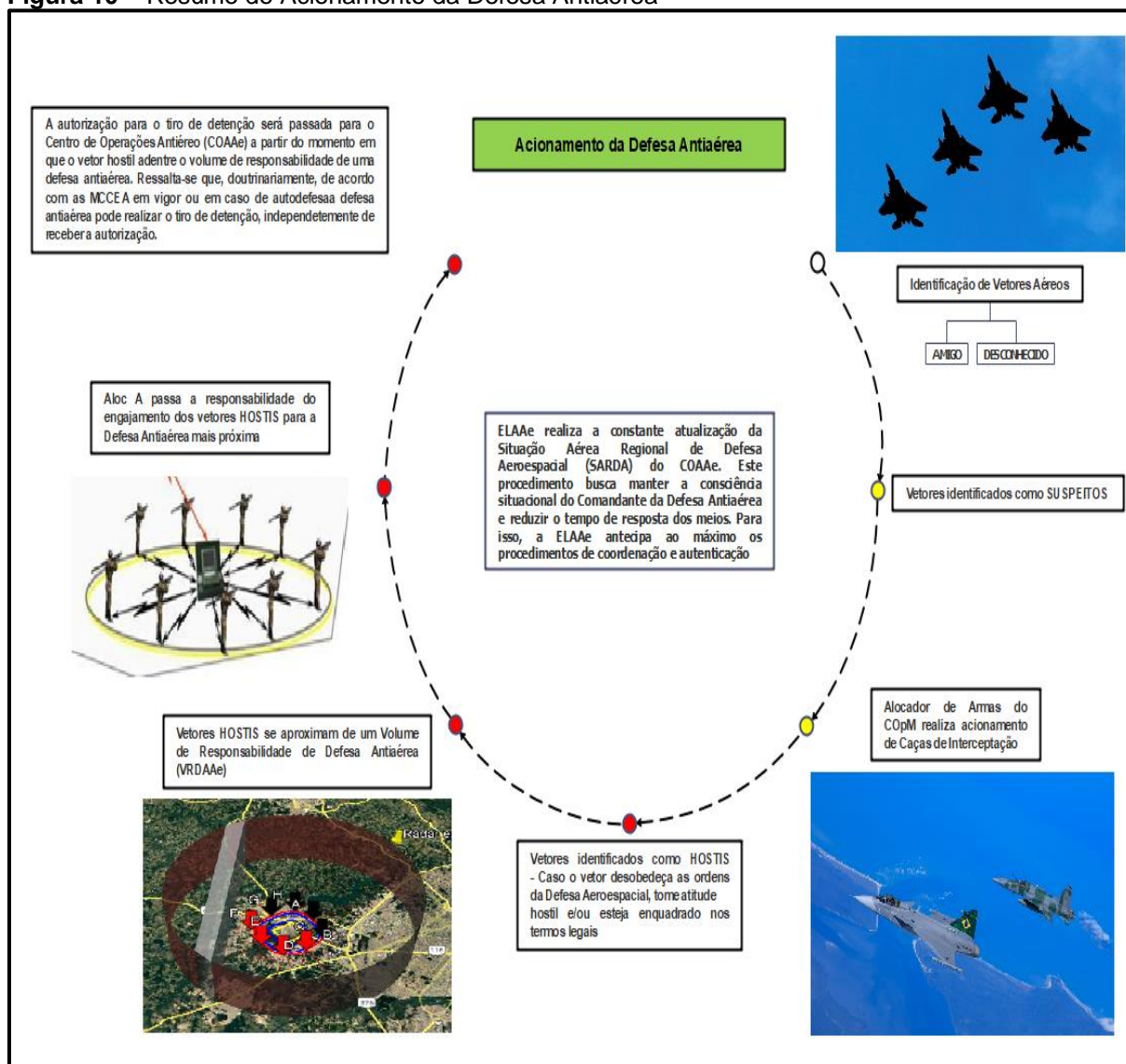
Cessar Engajamento - Esta ordem pode cancelar toda a ordem precedente do controle de fogo. É utilizada para interromper a sequência de disparo contra um alvo designado (neutralizar ou impedir Lç). Mísseis em voo continuarão a trajetória desde que não afetem à segurança. Esta ordem pode ser usada para realocar engajamentos contra um alvo de prioridade ainda mais alta. Pode também ser usada para impedir acoplamentos simultâneos indesejados de um alvo por mais de um sistema de armas.

Cessar Disparo - É um comando dado à defesa antiaérea para abster-se de disparar, mas continuar a rastrear, um vetor aéreo. Mísseis em voo continuarão a trajetória. Esta ordem é usada para impedir engajamento simultâneo dos alvos por diferentes unidades ou diferentes tipos de armas.

Segurar Disparo - É uma ordem de emergência utilizada para impedir o disparo ou a continuidade deste pela defesa antiaérea. Se possível, os mísseis já em voo devem ser impedidos de continuar a interceptação. Esta ordem pode ser usada para proteger aeronaves amigas ou no interesse da segurança.

Cobrir - É usado para determinar que uma unidade de tiro assuma postura que permita o engajamento imediato de um alvo, se ordenado. Para cumprir tal ordem, os radares devem permanecer acompanhando o alvo em condições de realizar o engajamento. (DECEX, 2019)

Figura 10 – Resumo do Acionamento da Defesa Antiaérea



Fonte: AUTOR (2022)

O acionamento dos meios de Defesa Antiaérea é descrito na figura 10, ressaltando-se que com a presença de meios de média altura/médio alcance, a coordenação em áreas de atuação mútua da DAAe e D Ae será um dos grandes desafios para a atuação desse tipo de Sistema.

2.7 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Pode-se analisar, inicialmente, que a implantação de um Sistema de Média Altura/Médio Alcance disponibilizará ganho efetivo na Defesa Antiaérea de Áreas estratégicas e sensíveis, porém a completa aquisição dessa capacidade demandará adaptações profundas no tocante aos procedimentos e meios da coordenação e controle do Espaço Aéreo.

Conforme a evolução das Operações Conjuntas, alguns aspectos e/ou parâmetros podem ser analisados, como: a viabilidade do sistema de coordenação por zona em detrimento da coordenação por área; a atualização de MCCEA, com ênfase na utilização do espaço aéreo simultaneamente pela defesa aérea e defesa antiaérea; novas fraseologias; entre outras.

Ao se analisar os métodos de coordenação do Espaço Aéreo e os Requisitos impostos para um sistema de IFF mais integrado e seguro, fica claro que o avanço na atualização dos controles positivos é fundamental para que se tenha um emprego de Defesa Antiaérea com maiores alcances e atuantes em áreas com diferentes usuários aeroespaciais, com isso as aéreas de atuação dos diversos meios da defesa aeroespacial ativa tendem a se confundir, o que demanda um outro método de coordenação. Nesse sentido, o sistema de coordenação por área se apresenta como uma possibilidade.

O Modo 4 do IFF, por se tratar de um controle positivo aplicado em tempo real, surge como solução ao empregar um código de chaves de difícil quebra e que devem ser periodicamente inseridas em cada equipamento, evitando a ação inimiga no comando e controle. Será, no caso do convênio em andamento, o diferencial para os IFF em uso no Brasil, principalmente para a aplicação eficaz das MCCEA atinentes à coordenação por Zona e engajamento de mísseis.

Para que se possa empregar um Sistema de Média Altura/Médio Alcance deve ser superada a deficiência em distinguir aeronaves amigas de inimigas, e mísseis, havendo a capacidade de atuar mesmo em ambiente degradado por guerra eletrônica, nesse ambiente deve vigorar o controle por procedimentos e mistos, com a identificação visual por meio da observação terrestre e aérea.

Como o sistema de Defesa Antiaérea atuará de maneira sinérgica com os meios aéreos, é necessário que o Centro de Operações Antiaérea seja capaz de corrigir a trajetória dos mísseis empregados até o momento que os sensores embarcados sejam capazes de adquirir o alvo, principalmente em Zonas de

Engajamento Conjunto (ZEC) ou Zonas de Operações Prioritárias (ZOP) que existam medidas relacionadas à maior liberdade de atuação da caça.

No emprego de diversos meios de defesa aeroespacial, será necessário estabelecer medidas permissivas e restritivas para a Defesa Antiaérea no Espaço Aéreo, o estabelecimento de Zonas de Engajamento Conjunto requerem ampla coordenação, controle e consciência situacional do ambiente aeroespacial envolvido, com o propósito de se evitarem os casos de fogo amigo envolvendo aeronaves e mísseis, portanto para ser necessário a implantação de Zonas com o uso de sistemas com maior alcance é fundamental que exista a integração dos meios de Comando e Controle do SISDABRA, bem como a existência da síntese radar das Defesas Antiaéreas com os demais radares.

As necessidades de interoperabilidade, integração e redundância do Sistema de Comando e Controle, fundamentais para a Coordenação do Espaço Aéreo, estão sendo testadas com uma solução por meio de radiofrequência HF, o *HF Data Link*. Os primeiros testes a longa distância foram executados no enlace ionosférico de 932 km de distância entre Brasília e Rio de Janeiro. A estação de Brasília está instalada no prédio do Ministério da Defesa e a do Rio de Janeiro está instalada no 1º/1º GCC na ALA12. Foram utilizados os transceptores XK2100L (*Rohde Schwarz*) e RF-5800H-MP (*Harris*), respectivamente em Brasília e Rio de Janeiro. Foram trafegadas mensagens de texto livre e envio de arquivos em diversos formatos (TXT, PDF e JPG) e o enlace permaneceu estável durante todo o teste e nos períodos de desvanecimento do sinal, o aplicativo mostrou-se bastante eficiente na detecção de erros.

A consciência situacional é outro desafio que deve ser sanado, buscando a integração dos radares utilizados pelo Controle do Espaço Aéreo integrados às Defesas Antiaéreas, particularmente as de maiores alcances, ao adaptar a estrutura de comando e controle do futuro Sistema de Artilharia de Média Altura ao protocolo ASTERIX, seria possível estar integrando a Defesa Aérea, a Defesa Antiaérea e o controle de tráfego aéreo, importantíssimo para se poder estabelecer a coordenação da média altura na plenitude.

Analisando-se os meios já existentes, as características do enlace de dados radar na faixa de rádio frequência em HF se encaixam no contexto de agilidade, eficiência e segurança exigidos e é um meio promissor para compor uma estrutura de defesa antiaérea, quer seja como meio principal ou redundante, para sua implementação seria necessário que os meios adquiridos fossem adaptados para a

compatibilização com o sistema atual dos meios do controle de tráfego do espaço aéreo e os meios de defesa aérea.

Conforme listado anteriormente, pode-se inferir que os maiores desafios para se obter um emprego de sistemas com maior alcance no espaço aéreo, ficam assim elencados:

- 1) Deficiências na habilidade de distinguir aeronaves amigas de aeronaves inimigas e mísseis;
- 2) Comunicações integrada, uma vez que nem todos os elementos no campo de batalha têm atualização da Situação Aérea em tempo real;
- 3) Arquitetura dos sistemas de comunicações de voz e dados, visando a eficiência do comando e controle; e
- 4) Capacidade de processar dados oriundos de diferentes tipos de sensores e plataformas em um amplo e complexo cenário operacional.

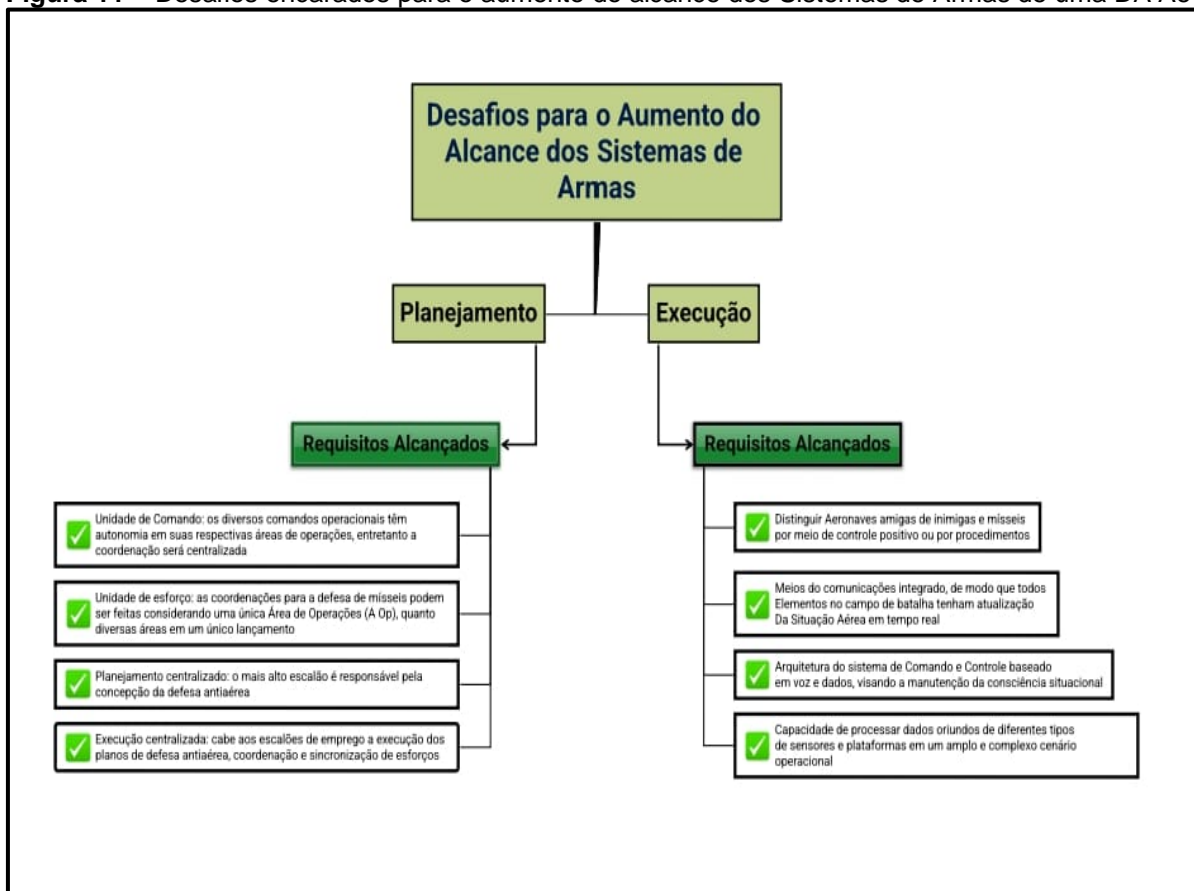
No que se refere ao planejamento conjunto de sistemas de Média Altura/ Médio Alcance, o planejamento da Defesa Aeroespacial baseia-se nos seguintes princípios:

- 1) Unidade de comando: os diversos comandos operacionais têm autonomia em suas respectivas áreas de operações, entretanto a coordenação para a defesa de mísseis antiaéreos será centralizada;
- 2) Unidade de esforço: as coordenações para a defesa de mísseis podem ser feitas considerando tanto uma única área de operações, quanto o cruzamento de diversas áreas em um único lançamento;
- 3) Planejamento centralizado: o mais alto escalão é o responsável pela concepção da defesa de mísseis antiaéreos; e
- 4) Execução descentralizada: cabe aos escalões de emprego a execução dos planos de defesa antiaérea, coordenações e sincronização de esforços

Ao se analisar a doutrina conjunta de países que já possuem a capacidade em questão verifica-se que o planejamento e coordenação centralizado devem estar aliados a uma execução descentralizada que será sustentada pelos meios já debatidos, além da capacidade de prover o maior nível de consciência situacional a todos usuários do Espaço Aéreo.

A figura 11 resume os desafios para o planejamento e execução no uso de sistemas com maior alcance, estando diversos pontos relacionados com o comando e controle e capacidade de coordenação do espaço aéreo.

Figura 11 – Desafios encarados para o aumento do alcance dos Sistemas de Armas de uma DA Ae



Fonte: AUTOR (2022)

3 CONCLUSÃO

Após a análise completa de como se é realizada a coordenação do espaço aéreo na doutrina militar conjunta brasileira, os métodos de coordenação e as soluções para desconflito de áreas por meio de Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo, e consolidar os requisitos operacionais que se esperam de um futuro sistema de Defesa Antiaérea de Média Altura/Médio Alcance por meio do ROC nº 54/2020, bem como a verificação de um sistema de detecção e comando e controle já existente no país, que pode ser compatibilizado com a ampla maioria dos meios de comunicações das Forças Armadas de modo a prover interoperabilidade, integração e redundância.

Percebe-se que na aquisição de capacidades com alto nível de complexidade e emprego conjunto, é fundamental a unidade de esforço em buscar soluções que sejam duradouras e que possam prover a troca de informações entre as forças durante operações conjuntas.

Ao final da pesquisa, foi possível reunir evidências para corroborar a hipótese inicial deste trabalho, pois se observou que os processos organizacionais e decisórios necessários para a operação eficiente e segura dos sistemas estudados estão entre os principais desafios para sua adequada implantação, bem como a necessidade de se adquirir meios que sejam absorvidos pela estrutura atual de Comando e Controle existente no SISDABRA e SISCEAB.

É possível chegar à conclusão que o emprego de sistemas com maiores alcances e que se confundem com a Defesa Aérea, será necessário cada vez mais a integração e distinção dos usuários do espaço aéreo, sendo necessário portanto que o sistema provenha aos seus usuários a habilidade de distinguir aeronaves amigas de aeronaves inimigas e mísseis, desafio que com o emprego dos radares secundários e o data-link integrado é solucionado.

O emprego do IFF Modo 4 nacional deve atender às Forças Armadas e ser complementado pelas medidas de coordenação e controle do espaço aéreo, comuns às Forças irmãs, com a padronização de normas e procedimentos e a necessária integração das Forças Armadas no nível operacional, coordenada pelo Ministério da Defesa.

Em relação à necessidade de comunicação integrada é possível integrar todos os rádios em operação nas Forças Armadas por meio de conversor já em utilização

na Força Aérea Brasileira (FAB), bem como a arquitetura do sistema de comunicações precisa ser padronizada e absorver os novos elementos de Comando e Controle (C²).

A capacidade de processar dados oriundos de diferentes tipos de sensores e plataformas em um amplo e complexo cenário operacional será possibilitada por um sistema de controle e alerta que estará integrado por um protocolo somente, sendo possível apresentar em qualquer interface a síntese radar do espaço aéreo operacional.

Em se tratando de contribuição para o campo de defesa nacional, este trabalho possibilita identificar a necessidade de intensificação na cultura de interoperabilidade entre as Forças Singulares, e entre essas e o MD, com foco no desenvolvimento da arquitetura de C² e processos decisórios comuns necessários para o emprego conjunto de novas capacidades de defesa antiaérea, com eficiência e segurança.

O presente artigo não encerra o assunto, podendo o tema ser aprofundado no seu aspecto jurídico à luz da Constituição Federal, uma vez que haverá a capacidade de utilização da defesa antiaérea de médio e longo alcance para a proteção de pontos ou áreas sensíveis também em tempo de paz.

4 REFERÊNCIAS

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. Resende: Acadêmica, 2008.

AZENHA, M. L. **A coordenação do espaço aéreo no Território Nacional com o emprego do Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura**. Rio de Janeiro, RJ, 2020.

_____. Estado-Maior do Exército. Portaria nº 341, de 17 de dezembro de 2015 – Republicação. **Aprova Diretriz de Educação e Cultura do Exército Brasileiro 2016-2022 (EB-20-D-01.031)**. Boletim do Exército nº 6, Brasília, DF 12 fev 2016.

_____. Ministério da Defesa. MD33-M-02: **Manual de abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas**. 3. ed. Brasília, 2008.

_____. PORTARIA nº 4181/GM-MD, de 11 de Dez 2020. **Aprova os Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) para o Sistema de Artilharia de média altura/médio alcance das Forças Armadas – ROC nº 54/2020**. 2020.

_____. PORTARIA Nº 038-EME, DE 8 DE MARÇO DE 2018. **Aprova a Diretriz de Iniciação do Projeto de Obtenção e Integração do Subsistema de Controle e Alerta do Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea (EB20-D-08.015)**. 2018.

_____. Ministério da Defesa. **Doutrina de Operações Conjuntas**. MD30-M-01. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2011.

_____. **Glossário das Forças Armadas**. MD35-G-01. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2015.

_____. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.231 Manual de Campanha - Defesa Antiaérea 1ª edição**. 2017.

_____. PORTARIA Nº 200-EME, DE 3 DE SETEMBRO DE 2014. **Adota o Sistema de Armas Míssil de Baixa Altura Telecomandado (Sist A Msl Bx Altu Tele Cmdo) RBS-70, da empresa SAAB Dynamics AB**. 2014.

_____. Ministério da Defesa. **EB60-MT-23.454: Manual Técnico - Guerra Eletrônica de Não-Comunicações**. 1. ed. Brasília, 2015.

_____. Ministério da Defesa. **Medidas de Coordenação do Espaço Aéreo nas Operações Conjuntas**. MD33-M13. 2. ed. Brasília, DF, 2022.

_____. Ministério da Defesa. **EB60-MT-23.460 Manual Técnico – Operação do Sistema de Mísseis RBS-70 1ª Edição** 2015.

_____. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. EME. **EB 10-P-01.007: Plano Estratégico do Exército**. ed. Brasília-DF, 2019.

_____. **Plano Estratégico do Exército 2020-2023**. EB 10-P-01.007. Brasília: EME, 2019.

_____. Exército. COTER. **Defesa Antiaérea**. EB70-MC-10.231. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2017.

_____. COTER. **Defesa Antiaérea nas Operações**. EB70-MC-10.235. 1. ed. Brasília, DF: COTER, 2017.

PROENÇA, T. A. **Um estudo sobre o emprego da artilharia antiaérea em grandes eventos, com foco dirigido para os Jogos Olímpicos de 2016**. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

JUNIOR, Edson Ribeiro dos Santos. **A Estruturação da AAAe de Média Altura no Exército Brasileiro: Desenvolvimento e Implantação**. Informativo Antiaéreo Nr 03 p.39. Rio de Janeiro: 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea e EsACosAAe, 2007.

CALDAS, JULIO CESAR SPÍNDOLA. **Conhecendo o Sistema Pantsir S1/SA-22**. Revista Força Aérea Nr 86, Action Editora, 2014.

RAMOS, Mário Gonçalves; ARRAES, Pablo Pontes. **Transmissão de Dados Radar por meio de Rádio Frequência na Faixa de HF**. SIGE, ITA, 2020.

RAMOS, Mário Gonçalves; ARRAES, Pablo Pontes. **A Interoperabilidade nas Comunicações de Dados por meio de Radiofrequência em HF**. SIGE, ITA, 2018.

JOINT CHIEFS OF STAFF (Estados Unidos da América). **Joint Airspace Control**. In: JOINT CHIEFS OF STAFF (Estados Unidos da América). Joint Chiefs of Staff *et al.* **Joint Airspace Control**. [S. l.: s. n.], 2014.

JOINT CHIEFS OF STAFF (Estados Unidos da América). **Countering Air and Missile Threats** In: JOINT CHIEFS OF STAFF (Estados Unidos da América). Joint Chiefs of Staff *et al.* **Joint Airspace Control**. [S. l.: s. n.], 2014.

NATO STANDARD (Estados Unidos da América). **Allied Joint Doctrine for Airspace Control** In: AJP – 3.3.5. NATO Standard *et al.* **Allied Joint Publication**. [S. l.: s. n.], 2013.

SEMINÁRIO DECEX. **Artilharia Antiaérea nas Operações Conjuntas**. Anuais eletrônicos. Rio de Janeiro, RJ. 2019.

WURTS, Erick. **A Identificação amigo-inimigo nativa do Brasil: perguntas e respostas**. JATM, São José dos Campos, SP, 2010.

