



**ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**

**Cap Com Ewerton Santiago dos Santos**

:

**POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DE SARP COMO PLATAFORMA DE  
COMANDO E CONTROLE NO NÍVEL TÁTICO**

**Rio de Janeiro**

**2021**

**Cap Com Ewerton Santiago dos Santos**

**POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DE SARP COMO PLATAFORMA DE  
COMANDO E CONTROLE NO NÍVEL TÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de  
Aperfeiçoamento de Oficiais como  
requisito parcial para a obtenção do grau  
especialização em Ciências Militares.

**Orientador:**  
**Cap Com Ivo Leandro Botelho Lima**

**Rio de Janeiro**

**2021**

**Cap Com Ewerton Santiago dos Santos**

**POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DE SARP COMO PLATAFORMA DE  
COMANDO E CONTROLE NO NÍVEL TÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de  
Aperfeiçoamento de Oficiais como  
requisito parcial para a obtenção do grau  
de especialização em Ciências Militares.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

---

**CARLOS ANDRÉ DOS SANTOS MEIRELLES DE ANDRADE** – Maj  
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército  
Presidente

---

**IVO LEANDRO BOTELHO LIMA** – Cap  
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército  
Membro

---

**ROGÉRIO GOMES BARBOSA JÚNIOR** – Cap  
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda a equipe de instrutores do Curso de Comunicações pelo apoio irrestrito durante o transcurso de meu aperfeiçoamento na Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais e pelo exemplo de profissionalismo e dedicação, fatores fundamentais para a boa condução dos estudos realizados para a produção desse trabalho de conclusão de curso.

Em especial, agradeço a minha esposa Ana Paula pelo sacrifício realizado em prol dos meus estudos ao assumir uma maior carga nos cuidados dos nossos filhos, Vitor e Felipe, aos quais agradeço pela alegria com que iluminam minha vida.

## RESUMO

Esse trabalho consiste em uma análise bibliográfica sobre as capacidades e limitações do uso de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) como plataformas de comando e controle no Exército Brasileiro. Foi analisada a evolução do exercício de comando e controle e do uso de plataformas aéreas como ferramentas para aquisição de consciência situacional nos teatros de operações. Devido a grande complexidade e a diversidade de modelos e categorias de SARP existentes, foi realizada a análise objeto dessa pesquisa levando em consideração as características táticas, técnicas e logísticas desse tipo de meio de emprego militar. Além disso, esse é um material que se encontra em estágio embrionário de implementação na Força Terrestre, portanto sua doutrina de emprego e logística encontra-se em constante atualização, estudo e desenvolvimento, sendo necessário recorrer-se a bibliografia estrangeira e experiências de emprego de exércitos em que os SARP encontram seu uso consolidado, testado em combate e com doutrina, capacitação operacional e cadeia logística bem estabelecida.

Palavras chaves: SARP, C2, comando e controle, aviação, comunicações, consciência situacional, UAV.

## **ABSTRACT**

This work consists of a bibliographic analysis on the capabilities and limitations of the use of remotely piloted aircraft systems (RPAS) as command and control platforms in the Brazilian Army. The evolution of the command and control exercise and the use of aerial platforms as tools for acquiring situational awareness in theaters of operations was analyzed. Due to the great complexity and diversity of existing SARP models and categories, the analysis object of this research was carried out taking into account the tactical, technical and logistical characteristics of this type of military employment. In addition, this is a material that is in an embryonic stage of implementation in the Ground Force, therefore its doctrine of employment and logistics is constantly updated, study and development, making it necessary to resort to foreign bibliography and employment experiences of armies in which the SARPs find their use consolidated, tested in combat and with doctrine, operational training and well-established logistics chain.

Key words: RPAS, C2, command and control, aviation, communications, situational awareness, UAV.

## 1. INTRODUÇÃO

*“Todo período de paz se parece. Mas cada guerra é guerreada a sua maneira”* (TOLSTOI). Podemos considerar adequada essa paráfrase da abertura marcante do romance “Anna Kariênina”, de Liev Tolstói, se considerarmos os conflitos na história da humanidade.

A “maneira que cada guerra é guerreada” tem como fator de grande impacto o implemento de novos armamentos e tecnologias. As metralhadoras e os carros de combate da I Guerra Mundial ou a bomba atômica da II Guerra Mundial são alguns exemplos mais recentes. Um novo implemento de tecnologia bélica no campo de batalha exige capacidade de pronta resposta tecnológica do lado oposto para que, no mínimo, seja mantida a capacidade de combater a ameaça.

Os conflitos mais atuais, particularmente a partir da Guerra do Afeganistão (2001), apresentaram a implementação do uso em massa de SARP e indicaram que esses meios podem fornecer uma grande vantagem militar, principalmente nas funções de inteligência, comando e controle e na atividade de interdição do campo de batalha.

Diante dessa realidade e consciente da obrigação de desenvolver tecnologia e manter atualizadas as capacidades militares da nação, o Exército Brasileiro vem realizando pesquisas e experimentações técnicas e doutrinárias com SARP no âmbito da Força Terrestre.

Esse trabalho se contextualiza justamente na atual fase de experimentação e implementação desses meios no Exército Brasileiro, particularmente sobre as possibilidades e limitações para a função de combate Comando e Controle dos SARP categorias 0, 1 e 2.

## 1.1 PROBLEMA

O uso de SARP tem se mostrado cada vez mais decisivo nos combates atuais. Seja como plataformas de observação, comunicações ou ataque, a disponibilidade desse meio proporciona uma grande vantagem à Força que a possui.

### 1.1.1 Antecedentes do Problema

Apesar da relevância e do grande impacto do uso de SARP nos combates mais atuais, essa é uma tecnologia que ainda se encontra em processo inicial de implantação no Exército Brasileiro e bastante desconhecida no âmbito da tropa em geral.

Os SARP vem sendo alvo de diversos estudos de engenharia e pesquisas de desenvolvimento tecnológico no Exército Brasileiro, inclusive em parceria com a iniciativa privada. Nesse contexto, esse trabalho pretende apresentar de forma clara, simples e objetiva as atuais capacidades desses meios no Exército Brasileiro, particularmente no que se refere a função de combate Comando e Controle dos SARP categorias 0, 1 e 2.

### 1.1.2 Formulação do Problema

Diante dessa conjuntura, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: **Quais são as possibilidades e limitações dos SARP cat 0, 1 e 2 quanto à função de combate Comando e Controle no Exército Brasileiro?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Esse projeto tem como objetivo apresentar as possibilidades e limitações dos SARP categorias 0, 1 e 2 para a função de combate Comando e Controle no Exército Brasileiro.



### 1.2.2 Objetivos Específicos

Com a finalidade de delimitar e alcançar o desfecho esperado para o objetivo geral, foram levantados objetivos específicos que conduzirão à consecução do objetivo deste estudo, os quais são transcritos abaixo:

- a) Compreender a função de combate Comando e Controle e suas interações com as demais funções de combate;
- b) Apresentar o uso dos vetores aéreos como plataformas de Comando e Controle ao longo da história no mundo e no Brasil;
- c) Apresentar a evolução e o impacto do uso dos SARP nos combates modernos;
- d) Apresentar a doutrina do uso de SARP no Exército Brasileiro;
- e) Apresentar as possibilidades e limitações táticas dos SARP categoria 0, 1 e 2 para a função de combate Comando e Controle no Exército Brasileiro;
- f) Apresentar as possibilidades e limitações técnicas dos SARP categoria 0, 1 e 2 para a função de combate Comando e Controle no Exército Brasileiro;
- g) Apresentar as possibilidades e limitações logísticas dos SARP categoria 0, 1 e 2 para a função de combate Comando e Controle no Exército Brasileiro;
- h) Apresentar os SARP na Força Terrestre atualmente.

### 1.3 Hipótese

H1: O uso de SARP categoria 0, 1 e 2 pode fornecer uma vantagem relevante para o exercício da função de combate Comando e Controle.

H2: O uso de SARP categoria 0, 1 e 2 não pode fornecer uma vantagem relevante para o exercício da função de combate Comando e Controle.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Objeto formal de estudo

O objeto de estudo dessa pesquisa são as capacidades e limitações dos SARP categorias 0, 1 e 2 para a função de combate Comando e Controle no âmbito do Exército Brasileiro.

Pretende-se compreender o objeto pela análise dos fatores táticos, técnicos e logísticos inerentes ao uso dos SARP e como eles fornecem capacidades e impõem limitações ao uso desses meios como plataformas de Comando e Controle.

### 1.4.3 Delineamento da pesquisa

A pesquisa será do tipo “básica” e será dividida em três fases:

Na primeira fase se buscará o aprofundamento do conhecimento sobre o tema utilizando-se da técnica de pesquisa bibliográfica.

A crítica realizada durante a pesquisa bibliográfica despertará naturalmente mais questionamentos e possibilitará a identificação mais clara dos fatores táticos, técnicos e logísticos a serem analisados.

Dessa forma será iniciada a segunda fase da pesquisa., que consistirá na compilação dos fatores levantados e na reflexão sobre as capacidades e limitações que os mesmos impõe a operação dos SARP como plataformas de Comando e Controle.

Por fim, de posse dos dados obtidos, se dará a terceira fase, na qual se realizará a análise da implementação dos SARP no âmbito do Exército Brasileiro no viés doutrinário, logístico e técnico.

### 1.4.4 Procedimentos para revisão da literatura

As ações para a busca das informações consistirão basicamente na obtenção de livros e manuais doutrinários e técnicos, pesquisas nos meios digitais e consultas a publicações em periódicos especializados.

Particularmente na internet, há uma grande oferta de material. Porém a pluralidade de produções faz necessário um cuidado adicional com a credibilidade das fontes. Com isso, a estratégia a ser utilizada nesse meio será a priorização da consulta a acervos digitais de periódicos reconhecidos por sua credibilidade. Para as outras matérias relevantes será procedida a avaliação da autoridade de conhecimento das fontes, buscando-se artigos de autoria de especialistas reconhecidos e matérias jornalísticas apoiadas em fontes primárias e de veículos de imprensa de maior porte.

#### 1.4.5 Procedimentos Metodológicos

Cronograma de atividades:

ATIVIDADE	ABR	MAIO	JUL	AGO
FROTA 1	X			
FROTA 2	X			
FROTA 3		X		
FROTA 4			X	
Entrega do trabalho				X

#### 1.4.6 Instrumentos

Os instrumentos de pesquisa a serem utilizados serão a observação participante e a entrevista. Serão objetos desse instrumento os manuais técnicos e doutrinários e publicações que tratem do assunto e será entrevistado um militar especialista do Exército responsável pela formulação dos requisitos operacionais para a compra de SARP cat 2.

#### 1.4.7 Análise dos Dados

A análise dos dados será qualitativa. Espera-se poder tabular os fatores técnicos, táticos e logísticos e compreender suas influências nas capacidades e limitações dos SARP como plataformas de Comando e Controle.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

O estudo e reflexão sobre o uso de SARP em proveito da função de combate Comando e Controle **se justifica pela vantagem militar que esses sistemas podem fornecer e por ser um meio ainda em processo de estudo, pesquisa, experimentação e implemento em estado inicial no âmbito do Exército Brasileiro.**

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A função de combate C2 e sua integração com as demais funções

Para que seja possível compreender por completo o assunto desse trabalho, faz-se necessário que primeiro sejam esclarecidos alguns conceitos e a maneira com que eles se relacionam.

A utilização de SARP em proveito da função de combate Comando e Controle (C2) se trata de um novo sistema para o exercício das atividades inerentes a ela, com certeza é uma inovação tecnológica que traz grande incremento ao poder de combate da força militar que a utiliza, mas que no fundo é apenas uma nova plataforma para o exercício do mesmo C2 de sempre com mais eficiência.

E do que se trata o “mesmo C2 de sempre”? Basicamente é **garantir aos comandantes o exercício da autoridade e a direção das ações** (EB20-MF10-102), essa função, essencial para o sucesso de qualquer empreitada militar, se faz presente desde os primeiros combates. A figura de um comandante militar da Idade Antiga, situado em um posto de observação (PO) com visão privilegiada sobre o campo de batalha, dirigindo a manobra de suas tropas através da utilização de estandartes, bandeirolas e tambores é um exemplo disso.

É claro que o avanço tecnológico das guerras passou a conceber teatros de operações cada vez mais complexos, amplos e dinâmicos. Com isso o PO no alto da colina e os tambores e bandeirolas deixaram de ser suficientes para condução do comando das operações, impulsionando a evolução dos meios de comunicações para aquisição da consciência situacional e exercício do comando e controle.

Os telefones de campanha, os equipamentos rádio, radares e diversos outros meios de comunicações destinados ao exercício do comando e controle se tratam dessa adaptação dessa função de combate à realidade dos combates modernos. Esse processo foi imposto pela realidade dos campos de batalha, a qual exige rapidez e precisão no processo decisório, muitas vezes fazendo com que as ordens sigam do posto de comando (PC) de uma operação diretamente para a ponta da linha.

A partir do entendimento do objetivo fundamental da função de combate C2, pode-se destrinchar a sua estrutura. Para garantir aos comandantes o exercício da autoridade e a direção das ações, o C2 é composto de: Tarefas, atividades e sistemas inter-relacionados (EB20-MC-10.205). É justamente nesse último componente que os

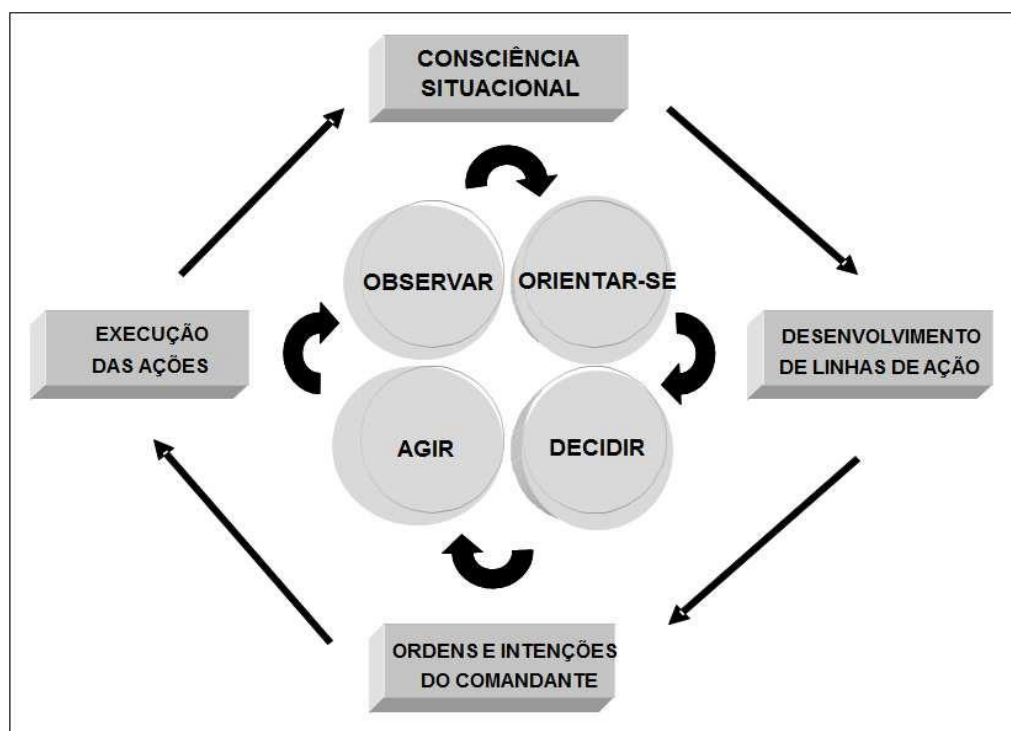
SARP produzem seu impacto. Essas plataformas aéreas são mais um sistema nesse conjunto, vindo a incrementar de eficiência o desenvolvimento das tarefas e atividades. Mas a questão é: Em que grau se dá esse incremento? Esse é o escopo desse trabalho. Elaborar uma base para a quantificação dos ganhos fornecidos por esse meio à função C2 com base no estudo das suas capacidades e limitações.

## 2.2 O uso de vetores aéreos como plataforma de C2

Para o exercício do Comando e Controle se faz necessário o estabelecimento da consciência situacional pelo comandante. Um conceito simples, porém muito esclarecedor é o de que consciência situacional consiste na percepção dos elementos do ambiente, a compreensão do seu significado e a projeção de seu estado num futuro próximo (ENDSLEY, 1995).

A obtenção desse requisito básico é um dos pilares que baseia o uso de vetores aéreos como plataformas de C2.

A importância da consciência situacional pode ser observada por sua presença nas duas primeiras etapas do ciclo OODA. O comandante que possuir a melhor capacidade de observação e orientação poderá decidir com mais precisão e rapidez e agir primeiro, obrigando o inimigo a reiniciar seu ciclo devido as mudanças geradas no campo de batalha pela ação de seu oponente, causando assim a paralisia estratégica.



Ciclo OODA (EB20-MC-10.205)

Portanto, pode se afirmar que a obtenção da consciência situacional é um fator crítico para o sucesso, pois dá ao comandante a iniciativa das ações.

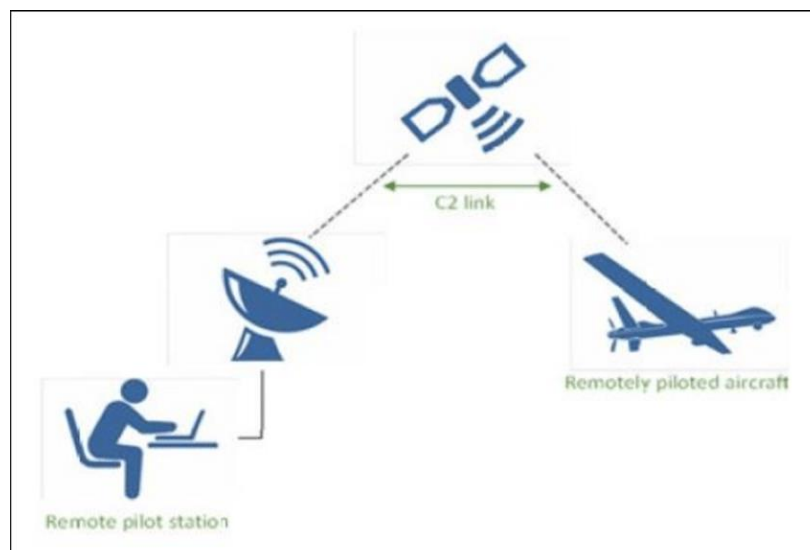
O acesso a imagens aéreas da zona de ação em tempo real é uma das formas mais eficientes de se obter a consciência situacional e o SARP é uma ferramenta vocacionada para fornecer essa capacidade ao comando.

O valor da observação militar por meio de plataformas aéreas foi percebido no final do século XVIII, quando balões cativos foram utilizados para observação do campo de batalha na França. Posteriormente, na Guerra de Secessão dos Estados Unidos e na Guerra do Paraguai, os balões substituíram os mangrulhos, que eram torres de madeira precárias de cerca de quinze metros erguidas em cima de pontos de comando (WANDERLEY, 2017).

Com o advento dos dirigíveis e dos aviões esse uso foi intensificado com o objetivo de propiciar o acompanhamento da dinâmica do campo de batalha.

A modernização dos sistemas ópticos e de imageamento e dos sistemas de comunicações possibilitou que as imagens pudessem ser transmitidas para postos de comando afastados, assim já não se fazia mais necessária a presença do comandante *in loco*.

Por fim, os sistemas de automação de voo passaram a dispensar até mesmo a presença do piloto na aeronave, essa podendo ser controlada remotamente, em alguns casos de um ponto em outro continente pelo uso de enlaces satelitais. Além da segurança proporcionada pelos SARP, essas plataformas são extremamente flexíveis, uma vez que podem ser equipadas com sensores diferentes de acordo com a necessidade da missão (YACOOUB, 2020).



Além disso, os SARP podem ser utilizados como plataformas de apoio às comunicações táticas, especialmente em terrenos compartimentados, onde os enlaces rádio por visada direta são dificultados pela altimetria do terreno.

Nesses casos, pode ser embarcada uma estação repetidora do sistema de comunicações tático usado pela tropa como *payload* dos SARP, que, por sua posição de comando absoluto, proporcionará visada direta a todos os equipamentos rádio da tropa desdobrada no terreno, aumentando consideravelmente a confiabilidade do sistema.

Porém, esse tipo de uso requer alguns cuidados. Devido a dependência do sucesso das comunicações depositada sobre o uso do SARP, é necessária a garantia da segurança de operação dessas plataformas por uma supremacia ou superioridade aérea, evitando a interceptação da aeronave pela aviação inimiga e estar a uma distância segura da artilharia antiaérea inimiga.

Deve ser considerada a capacidade da Guerra Eletrônica inimiga. A aeronave deve possuir tecnologias de MPE que previnam o ataque eletrônico para garantir a continuidade do voo e das comunicações. As emissões a serem retransmitidas devem possuir MPE compatíveis com as capacidades da MAGE inimiga, negando o acesso aos dados e mensagens nelas contidas.

Para garantir a continuidade das comunicações, serão necessárias pelo menos três aeronaves, uma para realizar o revezamento por ocasião do reabastecimento da primeira e outra em reserva. Além disso, deve ser planejado e mobiliado um sistema redundante em solo, para que não ocorra de todo o sistema de comunicações repousar sobre uma única plataforma, o que o deixaria extremamente frágil (BAEK, 2018).

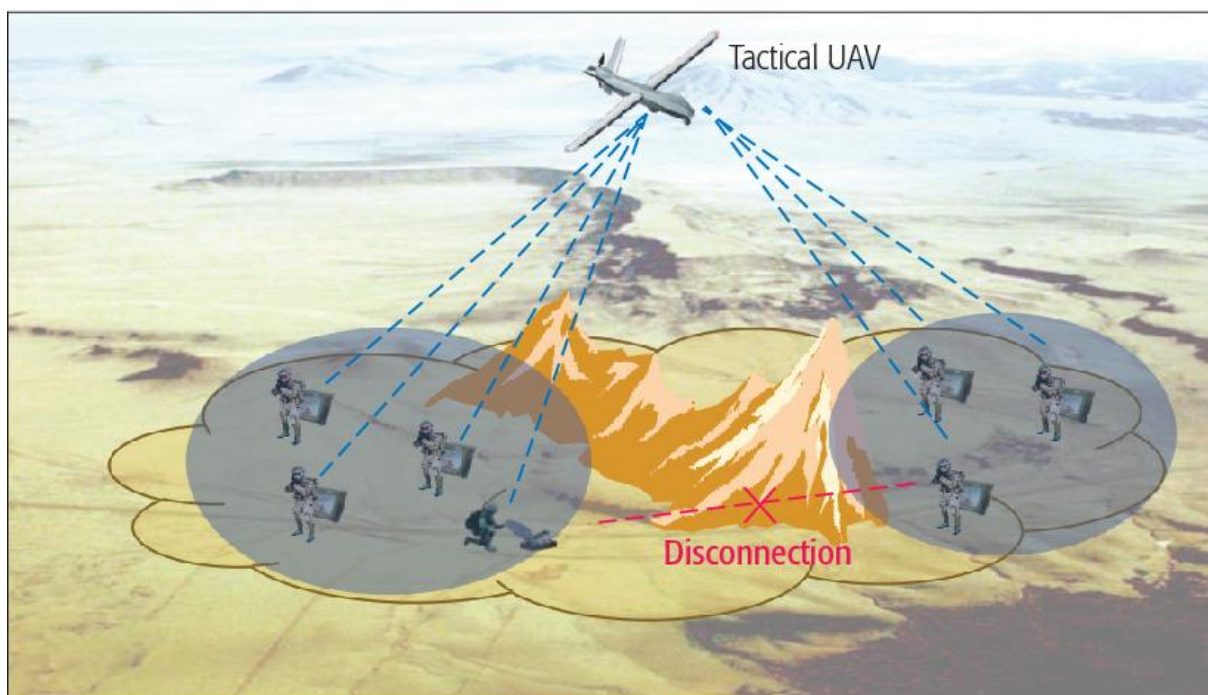


Figure 1. Network topology of Link-SAC.



## 2.3 A doutrina dos SARP no Exército Brasileiro

SARP é o conjunto de meios que constituem um elemento de emprego de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para o cumprimento de determinada missão aérea e é composto de três elementos essenciais: o módulo de voo, o módulo de controle em solo e o módulo de comando e controle. Inclui, ainda, a infraestrutura de apoio e os recursos humanos necessários a sua operação (EB20-RO-04.054).

O emprego de SARP em operações terrestres está relacionado à capacidade que esses sistemas têm de permanecer em voo por longos períodos, particularmente, sobre áreas hostís, tanto sob o ponto de vista dos beligerantes quanto das condições ambientais. Essa capacidade permite aos comandantes, nos diversos níveis e escalões, obter informações, selecionar e engajar objetivos e alvos terrestres além da visada direta e em profundidade, no campo de batalha (EB20-MC-10.214).

Os SARP são categorizados de nível 0 a nível 6 (conforme tabela a seguir), sendo os de categoria 0, 1 e 2 objetos de estudo desse trabalho.

Categoria	Nomenclatura Indústria	Atributos				Nível do Elemento de Emprego
		Altitude de operação	Modo de Operação	Raio de ação (km)	Autonomia (h)	
6	Alta altitude, grande autonomia, furtivo, para ataque	~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	MD/EMCFA <sup>3</sup>
5	Alta altitude, grande autonomia	até ~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	
4	Média altitude, grande autonomia	até ~ 30.000 ft (9.000m)	LOS/BLOS	270 a 1.110	25 - 40	C Op
3	Baixa altitude, grande autonomia	até 18.000 ft (5.500m)	LOS	~270	20 - 25	F Op
2	Baixa altitude, grande autonomia	até 10.000 ft (3.300m)	LOS	~63	~15	GU/BiaBa/Rgt <sup>2</sup>
1	Pequeno	até 5.000 ft (1.500m)	LOS	27	~2	U/Rgt <sup>1</sup>
0	Micro	até 3.000 ft (900m)	LOS	9	~1	Até SU

1. Orgânicos de Grande Unidade.  
2. Atuando em proveito da F Op ou na vanguarda de GU.  
3. No contexto da Estrutura Militar de Defesa.

## **2.4 Possibilidades e limitações táticas dos SARP por categorias**

### **2.4.1 Observação aérea**

O principal recurso dos SARP cat 0, 1 e 2 é sua vocação para realização de observação aérea. Equipados com os sensores ópticos apropriados esses meios podem fornecer a visualização panorâmica da área sobrevoada, inclusive à noite (sensores termais e de amplificação de luz residual). Fornecendo, ao comandante, informações em tempo real quanto ao terreno e ao inimigo. Essas informações são essenciais para o estabelecimento da consciência situacional e para as tomadas de decisão.

Jerônimo (2018), ao falar sobre as categorias 0 e 1, resume bem as capacidades táticas dessas plataformas: “Essas duas categorias têm o seu emprego no nível tático, em OM de valor unidade ou inferior. São capazes de cumprir tarefas de inteligência, reconhecimento, vigilância , aquisição de alvos (IRVA) e controle de danos, tudo com a finalidade de apoiar a consciência situacional.”

Apesar da flexibilidade e segurança que os SARP fornecem, como todos os meios aéreos, eles possuem algumas limitações e fragilidades. Do ponto de vista tático podemos elencar, inicialmente, para os SARP categorias 0, 1 e 2, algumas delas:

### **2.4.2 Artilharia antiaérea**

A artilharia antiaérea é, por motivos óbvios, uma das preocupações dos operadores de plataformas aéreas.

Os SARP das categorias de estudo voam a baixa altitude portanto são particularmente vulneráveis a artilharia antiaérea. Cabe ao piloto avaliar o que é mais vantajoso em cada situação: Voar mais baixo, estando no alcance das armas individuais e coletivas, porém mais protegido da artilharia antiaérea e com menor tempo de exposição ao observador (dificultando a pontaria) , ou voar mais alto, ficando além do alcance da maioria das armas individuais e coletivas porém mais exposto a artilharia antiaérea e por mais tempo na visada do observador.

Essa vulnerabilidade afetará a segurança da operação do SARP, o tipo e a duração da observação e a técnica de pilotagem empregada, o que poderá exigir maior perícia do piloto.

Para os aspectos de C2 relacionados a obtenção da consciência situacional especificamente, um voo em maior altura favorece a observação panorâmica da área de interesse.

#### 2.4.3 Guerra Eletrônica e Cibernética

A maior vulnerabilidade dos SARP é a sua proteção limitada contra ataques eletrônicos e cibernéticos. A utilização de recursos de criptografia são fundamentais para diminuir os riscos relativos a esse tipo de ataque, porém criptografias assimétricas (mais fortes) exigem um maior processamento computacional e podem gerar latência nos comandos da aeronave, especialmente em links estabelecidos por satélite (YACOOUB, 2020).

A guerra eletrônica inimiga pode atuar sobre os SARP com medidas de ataque eletrônico (MAE) repelindo as aeronaves, as desorientando ou mesmo destruindo seus sistemas de voo. Ou com medidas de apoio à guerra eletrônica (MAGE), podendo, em conjunto com ações de guerra cibernética, acessar as imagens captadas pelos sensores óticos em assumir os comandos de voo das aeronaves em alguns casos.

Exemplos da vulnerabilidade à guerra eletrônica e cibernética podem ser constatado nos casos de capturas de SARP ucranianos em 2016 no conflito que ocorre nesse país (HARTMANN, 2016). Utilizando-se da técnica de GPS *spoofing* em uma ação conjunta de guerra eletrônica e cibernética, os separatistas conseguiram ter acesso a suas câmeras e controles de voo de alguns SARP ucranianos.

#### 2.4.4 Força Aérea inimiga

Os SARP cat 2 são alvos fáceis para aeronaves de ataque inimigas, portanto sua utilização pode estar condicionada a capacidade de conquista da superioridade aérea na área de operações. Os SARP cat 0 e 1, por seu porte reduzido e baixa altitude, dificilmente serão alvos minimamente compensadores para a aviação inimiga.

## **2.5 Possibilidades e limitações técnicas dos SARP por categorias**

Diversos aspectos técnicos existem para serem levados em consideração. Porém, os principais a serem avaliados inicialmente são a autonomia, a capacidade de carga paga, o raio de ação e a altitude.

### **2.7.1 Autonomia**

Os SARP de categoria 0 e 1 possuem baixa autonomia (BRASIL, 2014).

Os SARP cat 0 possuem autonomia inferior a uma hora e são viáveis para reconhecimentos específicos, principalmente visando a segurança da tropa que o emprega (Pel ou SU), isso pode ser feito através da observação de contra encostas, perímetros de pontos em que a tropa fique vulnerável a emboscadas e de vias de acesso, zona de ação logo após a LP imediatamente antes do ataque ou com voos esporádicos além da LAADA durante uma defesa de área, por exemplo.

Os SARP Cat 1 possuem autonomia entre uma e duas horas e possuem utilização semelhante aos cat 0, porém são utilizados no nível unidade e possuem raio de ação estendido, além disso podem ser utilizados para acompanhamento de ações específicas de frações da unidade (reconhecimentos por exemplo), possibilitando que o observador possa orientar o comandante da fração sobre a situação imediata de ameaças e pontos de interesse para o reconhecimento.

Os SARP Cat 2 possuem grande autonomia, em torno de 15 horas, e são orgânicos das Grandes Unidades. Devido ao seu grande raio de ação, podem ser operados do PCP de uma brigada, por exemplo, dispondo assim de um aparato logístico estruturado e podendo fazer revezamento com outra aeronave semelhante ao findar sua autonomia, possibilitando uma visualização permanente da zona de ação e incrementando sobremaneira a consciência situacional do comandante. Além disso, por possuírem uma capacidade razoável de carga paga, podem conduzir plataformas de comunicações como repetidoras, o que se reveste de grande eficiência para apoiar as comunicações táticas da tropa especialmente em terrenos compartimentados onde a comunicação em visada direta se torna muito precária e em ações ofensivas, situação que não permite a instalação de repetidoras terrestres em pontos adequados devido a presença do inimigo.

## 2.7.2 Carga paga

Os SARP Cat 0 e 1 possuem capacidade de carga paga basicamente limitada a seus próprios sistemas de voo, comunicações e imageamento. Dessa forma ficam restritos às missões de observação aérea e com raio de ação reduzido (BRASIL, 2014).

A capacidade de carga paga dos SARP Cat 2 não os torna capazes de carregar sistemas de armas porém possibilitam uma modularidade em seu emprego. De acordo com a necessidade da missão, além dos seus sistemas orgânicos de voo, comunicações e imageamento, podem transportar sensores de GE e serem utilizados como retransmissores de sistemas rádio, implementando à função C2 não somente o aspecto da consciência situacional mas também como uma plataforma de guerra eletrônica e comunicações a ser utilizada pela tropa de solo. Com a disponibilidade de mais de um SARP dessa categoria pode ser estabelecida uma cobertura rádio durante todo o período da operação através do revezamento das aeronaves. Para isso bastaria decolar a segunda aeronave retransmissora antes do fim da autonomia da primeira, a qual seria reabastecida e disponibilizada para continuar o revezamento.

## 2.7.3 Raio de ação e altitude

O raio de ação e a altitude de operação dos SARP cat 0, 1 e 2 são adequados ao nível a que cada um se destina.

Os cat 0 e 1 se destinam ao emprego das unidades e suas frações, estando mais próximas da área a ser observada, que por sua vez é menor, são bem supridas com um voo de menor altitude, o qual possibilita a observação da área por completo e fornece mais detalhes, tal qual ocorre com a relação da escala de uma carta.

Já o cat 2 é empregado pelo comando da Grande Unidade. Possui maior raio de ação devido a estar a uma maior distância da área de interesse, a qual possui maior dimensão. Portanto também opera a uma maior altitude para fornecer ao comando uma visão panorâmica da manobra e de toda a zona de ação.

## **2.6 Possibilidades e limitações logísticas dos SARP por categorias**

Toda plataforma aérea se trata de uma máquina complexa e detalhada, naturalmente esses meios geram uma demanda logística que também é complexa e detalhada.

### **2.8.1 Manutenção e suprimento**

A complexidade e o alto custo dos materiais aeronáuticos exigem uma manutenção preventiva judiciosa, dotada de suprimentos específicos, instrumentais e pessoal altamente especializado (PETRITOLI, 2018). Todo componente da aeronave é certificado em seu processo de fabricação e engenharia (até mesmo os parafusos e arruelas), não podendo ser substituído por similares e muitas vezes é necessário ferramental especial para a realização da manutenção.

Além disso, muitos componentes sofrem inspeções ou trocas por horas voadas, o que exige um grande controle do operador para evitar a todo custo que esse potencial seja extrapolado.

### **2.8.2 Infraestrutura**

De acordo com as dimensões e peso de cada aeronave se faz necessária uma infraestrutura específica. Uma das razões que limita as Unidades e SU a usarem SARP de categorias superiores é essa.

Os SARP de categoria 0 e 1 são operados por apenas dois homens (um piloto e um operador de sensores de imagem) e não exigem nenhuma infraestrutura adicional. Decolam mediante lançamento manual e não precisam de pista para pousar (BRASIL, 2014).

Além disso, são facilmente transportáveis por possuírem tamanho e peso reduzido, sendo possível conduzi-los em duas mochilas individuais. Essa característica, apesar de reduzir sua capacidade de carga paga aos seus próprios sistemas, fornece a vantagem da flexibilidade e da mobilidade.

Os SARP categoria 2 por sua vez necessitam de pista (mesmo que improvisada) para pouso e decolagem, estações de controle de solo (maior raio de ação), maior

quantidade de pessoal e elementos mais especializados, terminais de transmissão de dados, viaturas para transporte da aeronave e da carga paga e geradores de energia.

Ou seja, voar mais longe (raio de ação), mais alto (altitude), por mais tempo (autonomia) e com mais capacidades (carga paga) demanda um custo logístico muito maior.



EB-MC-10.214

## 2.7 Os SARP na Força Terrestre atualmente

Atualmente os SARP estão em fase inicial de implantação no Exército Brasileiro, existem projetos de desenvolvimento em parceria com o DCT (departamento de ciência e tecnologia) e instituições privadas de plataformas que atendam aos requisitos operacionais necessários.

Algumas experimentações e testes já são realizados, especialmente com pelotões de exploradores (CIBld – Santa Maria), no Comando de Aviação do Exército, que será o responsável por gerenciar esse meio no Exército e nas unidades e subunidades especializadas em Inteligência no Exército (6º BIM – Campo Grande).

Além disso, a doutrina dos SARP foi inserida no recente EB-MC-10.214-Vetores Aéreos da Força Terrestre.

Apesar da fase inicial de implantação, o Exército vem avançando em pesquisas e desenvolvimento nesse assunto já há algum tempo, mostrando visão de futuro e preocupação em adequar-se aos novos requisitos dos conflitos modernos.

#### **4. ENTREVISTA**

O Cap RAFAEL LOPES DE OLIVEIRA é oficial da arma de Comunicações da turma de 2011 e bacharel em ciências militares pela Academia Militar das Agulhas Negras, realizou o Curso Básico de Guerra Eletrônica e o curso de Inteligência do Sinal no Centro de Instrução de Guerra Eletrônica, em Brasília (DF). Foi membro da equipe encarregada de confeccionar os requisitos operacionais para a aquisição de SARP cat 02.

**Pergunta:** Na fase de levantamento dos requisitos operacionais, quais foram as aplicações vislumbradas para o SARP cat 2?

**Resposta:** Para o levantamento dos requisitos operacionais básicos foram levados em conta os dados previstos para SARP cat 2 no EB20-MC-10.214 – Vetores aéreos da Força Terrestre, referentes ao alcance dos enlaces da estação de solo, autonomia e raio de ação. O uso do SARP cat 2 vislumbrado não foi de caráter modular, ou seja, o SARP foi concebido especificamente para imageamento.

**Pergunta:** Já havia alguma experiência prévia no uso de SARP, seja de outras categorias ou de propriedade de outras instituições?

**Resposta:** Houve uma cooperação com a Polícia Federal nesse assunto. Inicialmente foi operado um SARP cat 0, oportunidade na qual foi adquirida certa experiência que possibilitou uma maior precisão no levantamento das capacidade que o SARP cat 2 deveria oferecer.

**Pergunta:** Quais serão os maiores desafios para implementar, operar e manter essas plataformas, na sua opinião?



**Resposta:** A parte doutrinária ainda é bem insipiente no âmbito do Exército Brasileiro, essa é uma dificuldade. Além disso, é necessária uma infraestrutura específica para operar o SARP, com hangar, pista de pouso e decolagem, estação de solo e ferramental de manutenção. Essa necessidade pode tornar necessária uma cooperação com as unidades da Aviação do Exército ou com a Aeronáutica ou outras instituições em guarnições onde não exista nenhuma OMAvEx.

**Pergunta:** Quais serão os principais ganhos operacionais fornecidos pelo SARP cat 2, na sua visão?

**Resposta:** O SARP possibilita que se monitore uma região de interesse de forma contínua, sigilosa e sem expor a risco os recursos humanos, essas são as grandes vantagens que esse vetor oferece.

**Pergunta:** Como está sendo a formação do pessoal especializado?

**Resposta:** A formação dos pilotos ocorre em empresas civis contratadas, onde é ensinado, além da operação do vetor aéreo, toda a parte de regulamentação de controle do espaço aéreo pelos órgãos da Aeronáutica e da ANAC.

**Pergunta:** Você acredita ser viável utilizar a aeronave como plataforma de comando e controle na condução de operações de guerra convencionais?

**Resposta:** Sim, uma vez que a célula, motorização e sistemas de voo e de controle já foram desenvolvidos, é plenamente possível que a fabricante produza SARP para essa finalidade específica.

### **Considerações sobre a entrevista**

Foi observado que o desenvolvimento do SARP cat 02 está sendo feito por uma empresa nacional, esse fator é bastante positivo por facilitar a logística e a manutenção das aeronaves. Além disso, constitui um incentivo para o desenvolvimento tecnológico nacional nesse setor, altamente estratégico. Possuir a capacidade de produzir SARP na indústria de defesa nacional, de forma que atenda os requisitos operacionais específicos solicitados pelas Forças Armadas do Brasil é uma vantagem estratégica para a defesa nacional.

A formação do pessoal especializado está ocorrendo em estabelecimentos civis de ensino, com o natural desenvolvimento doutrinário do emprego militar dos SARP no Exército Brasileiro e o crescimento do emprego desses vetores na força se espera que a formação dos quadros, em algum momento, passe a ocorrer no Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), onde poderá ser formado o profissional não somente no que diz respeito a operação técnica e ao conhecimento da legislação que

regulamenta as atividades aéreas mas também do viés do emprego tático dos SARP em proveito da Força Terrestre.

A necessidade de uma infraestrutura específica para o emprego dos SARP cat 2 fomentará maior integração entre o Exército Brasileiro e as demais Forças ou ainda com outras agências, uma vez que Grandes Unidades e Grandes Comandos, ou ainda algumas OM específicas, empregarão esses vetores e precisarão utilizar a infraestrutura de alguma OM da Aviação do Exército, da Aeronáutica, da Aviação Naval ou ainda de alguma outra agência que a possua, a depender da localidade onde se dará o emprego

Inicialmente está sendo vislumbrado o emprego básico dos SARP, ou seja, a utilização de meios optrônicos embarcados para as atividades de inteligência e consciência situacional. Porém, com o desenvolvimento nacional da plataforma, será possível a fabricação de outros SARP especializados, mediante o levantamento dos requisitos operacionais próprios, podendo, futuramente, ser desenvolvido um SARP com arquitetura modular, onde se possam instalar diferentes *payloads* específicos para cada missão.

### 3. ANÁLISE E RESULTADOS

A utilização de SARP de diversas categorias já é uma realidade irrefutável nos combates modernos. Seja como plataformas de observação ou como sistemas de armas de alta precisão e letalidade. O Exército Brasileiro iniciou a implantação dessas plataformas multiplicadoras do poder de combate em suas fileiras de forma progressiva.

Alguns SARP cat 0 e 1 estão sendo empregados em caráter experimental em pelotões de exploradores em proveito principalmente das atividades de reconhecimento.

Já os SARP cat 2, que possuem um patamar muito superior de capacidades, estão em fase inicial de emprego e experimentação no sistema de inteligência do exército, sendo o 6º Batalhão de Inteligência Militar a organização militar responsável por essa vanguarda. Essa categoria de SARP possui como característica a versatilidade em seu uso, a depender dos equipamentos embarcados como carga paga essas aeronaves podem atuar como plataformas de observação, comunicações e guerra eletrônica.

As capacidades de imageamento dos SARP cat 2 aliadas a sua maior autonomia e raio de alcance permitem o seu uso tanto para as atividades de inteligência, ao realizar a vigilância de regiões de interesse para a inteligência e o levantamento de dados do terreno e do inimigo em determinada faixa do terreno como para as atividades de comando e controle. A diferença nesses casos se dá basicamente no momento e objetivo que a plataforma é utilizada.

Normalmente as atividades de inteligência serão realizadas em um momento anterior para levantar o dispositivo, composição, valor e demais atividades de interesse do inimigo e características do terreno para subsidiar o planejamento das ações militares do comando apoiado, atividades essa para a qual os SARP cat 2 podem constituir uma valiosa ferramenta.

Após a alimentação do comando apoiado com as informações levantadas pela inteligência militar serão planejadas e iniciadas as ações militares propriamente ditas. No momento em que as manobras e ações militares começam o SARP cat 2 passa a constituir uma plataforma de comando e controle, uma vez que sua utilização se dará para o acompanhamento do desencadear das ações em tempo real, fornecendo a consciência situacional para o comandante, o qual se utilizará das imagens para reajustar as ações necessárias, conduzir as manobras e fazer fluir o ciclo de tomada de decisões afim de manter a vantagem militar e a iniciativa das ações.

Aliado a isso, se o SARP possuir plataformas de comunicações embarcadas, como repetidoras por exemplo, além de fornecer a consciência situacional ao comandante ele também será um dos meios através do qual as ordens serão transmitidas aos escalões subordinados.

Foram evidenciadas as grandes vantagens e possibilidades que os SARP podem fornecer ao exercício do comando e controle, porém essas plataformas possuem diversas limitações e vulnerabilidades.

Por isso, a aquisição e desenvolvimento dessas plataformas devem ser realizados levando todos esses fatores em consideração.

A vulnerabilidade à artilharia antiaérea, por exemplo, demanda o estudo de proteções passivas, que visem diminuir a assinatura radar e dificultar a visualização direta, e ativas, como interferidores de guerra eletrônica de não comunicações.

A vulnerabilidade à aviação inimiga exige o estudo da situação tática quanto ao nível de domínio do espaço aéreo possuído.

A vulnerabilidade à guerra eletrônica inimiga demanda medidas de proteção eletrônicas que protejam os dados trafegados da MAGE inimiga e os sistemas de navegação e controle da aeronave da MAE inimiga.

As limitações logísticas demandam um criterioso estudo e investimento em recursos humanos e infraestrutura para garantir a disponibilidade e continuidade da operação das aeronaves.

Esses são somente alguns pontos levantados nesse trabalho que levam a conclusão que **o estudo da situação tática é imperioso para o emprego eficiente dos SARP em combate e que essas plataformas não devem ser o único recurso de comando e controle e obtenção de consciência situacional do comando** uma vez que possuem muitos pontos vulneráveis que condicionam seu emprego.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Foi observado que a utilização de SARP no Exército Brasileiro ainda é muito insipiente, porém é um assunto ao qual a instituição tem dado prioridade e direcionado recursos.

Essa preocupação institucional em desenvolver doutrina e operar essas plataformas está alinhada com a dinâmica dos conflitos ocorridos no mundo nesse século, nos quais os SARP se mostraram plataformas decisivas no combate, seja no levantamento prévio de informações (inteligência), aquisição de consciência situacional (comando e controle) ou como plataformas especializadas de guerra eletrônica, ataque, e comunicações.

No que se refere ao comando e controle, as SARP podem atender com a aquisição e manutenção da consciência situacional no campo de batalha com uso de seus recursos oprônicos, desde os níveis pelotão até os maiores escalões, de forma escalonada em categorias de SARP, quanto como plataformas embarcadas com repetidoras de sistemas de comunicações de comando, respeitando as limitações da situação tática e de domínio do espaço aéreo.

Sem dúvidas ficou confirmada a hipótese 1:

“O uso de SARP categoria 0, 1 e 2 pode fornecer uma vantagem relevante para o exercício da função de combate Comando e Controle.”

Porém, foi observado que essas plataformas possuem limitações diversas que condicionam sua operação. Com destaque para a vulnerabilidade à ataques eletrônicos e cibernéticos, os quais já se mostraram eficazes em diversos conflitos onde SARP foram capturados, repelidos e destruídos por ações dessa natureza. Portanto, ao mesmo tempo que os SARP têm sido empregados em larga escala as ferramentas para combate-los (*conter-drone warfare*) também estão em plena evolução.

Dessa feita, hoje em dia é necessária uma preocupação que vai além das capacidades fornecidas pela plataforma e passa pela proteção do SARP às ações de ataque, especialmente eletrônico e cibernético e se torna imperioso o desenvolvimento da capacidade de realizar ataques cibernéticos e eletrônicos aos SARP inimigos.

Por fim, o Brasil tradicionalmente possui um parque industrial aeronáutico pujante, seja em desenvolvimento e pesquisa quanto em fabricação e montagem. A parceria do Exército Brasileiro com empresas nacionais para desenvolvimento dessas plataformas pode ser decisiva para o estabelecimento e consolidação do setor estratégico de SARP militares na industrial de defesa nacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAEK. Hoki – Design of future UAV-Relay Tactical Data Link for Reliable UAV Control and Situational Awareness. 2018. IEEE Communications Magazine. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design-of-Future-UAV-Relay-Tactical-Data-Link-for-Baek-Lim/fb56791fdfdb14e780d305366b75215fe454418d>

BAURN. Derick – Impact Assesment of UAS Operations on airport capacity applying contingency operations. 2017. SITRAER. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/UAV-and-remote-pilot-via-satellite-access-ICAO-2015\\_fig2\\_320625583](https://www.researchgate.net/figure/UAV-and-remote-pilot-via-satellite-access-ICAO-2015_fig2_320625583)

BRASIL. EB20-RO-04.054 – Sistema de aeronaves remotamente pilotadas categoria 2. Brasília , DF, 2019.

BRASIL. EB20-MC-10.214 – Vetores aéreos da Força Terrestre. Brasília, DF, 2014.

BRASIL. EB20-MC-10.205 – Comando e Controle. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. EB20-MF-10.102 – Doutrina Militar Terrestre. Brasília, DF, 2019.

ENDSLEY. Mica R – *Toward a theory of situational awareness in dynamic systems*. 1995. USA, Texas Tech University, Texas – Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872095779049543>

HARTMANN, 2016 – 8th International Conference of Cyber Conflict (CYCON). USA, Indiana University. Disponível em: <https://www.repository.law.indiana.edu/facbooks/220/>

JERONIMO. Eduardo Jorge – O emprego do SARP em operações militares. Escola de Comando e Estado Maior do Exército Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/3756/1/MO%205944%20-%20JERONYMO.pdf>

PETRITOLI. Enrico. *Reliability and Maintenance Analysis for Unmanned Aerial Vehicles*. 2018. Switzerland, Basel. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6165073/>

TOLSTOI. Liev – Anna Karienina. 1837. Companhia das Letras. São Paulo, SP.

WANDERLEY. Nelson Freire Lavanere – Os balões de observação na Guerra do Paraguai. 2017. Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: [https://www2.fab.mil.br/incaer/images/eventgallery/instituto/Opusculos/Textos/opusculos\\_baloes.pdf](https://www2.fab.mil.br/incaer/images/eventgallery/instituto/Opusculos/Textos/opusculos_baloes.pdf)

YACOOUB. Jean-Paul – Security analysis of drones systems: Attacks – limitations and recommendations. 2020. USA, PMC – Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7206421/#bib0143>