

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MATHEUS LEMOS BAHIA

Análise multicritério de sistema de aeronaves remotamente pilotadas para a condução de fogos de artilharia de campanha do Corpo de Fuzileiros Navais

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

**RIO DE JANEIRO, RJ
2023**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

MATHEUS LEMOS BAHIA

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE
PILOTADAS PARA A CONDUÇÃO DE FOGOS DE ARTILHARIA DE CAMPANHA
DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

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

TÍTULO: ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE SISTEMA DE AERONAVES
REMOTAMENTE PILOTADAS PARA A CONDUÇÃO DE FOGOS DE ARTILHARIA
DE CAMPANHA DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

AUTOR: MATHEUS LEMOS BAHIA

ORIENTADOR: MARCELO ESCOBAR ARAGÃO

RESUMO

Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) são uma grande tendência na condução dos conflitos do século XXI, a sua melhor utilização pode fornecer aos beligerantes uma grande vantagem tática, principalmente se utilizado em conjunto com outras armas, dentro do conceito de armas combinadas. Sendo assim uma das combinações de grande efeito que se tem observado é a utilização conjunta dos SARP com a artilharia de campanha, onde os SARP realizam a observação e condução do tiro e a artilharia desencadeia os fogos. Sendo assim, de forma a contribuir com um melhor emprego da combinação dessas armas, este artigo busca fazer uma análise multicritério, utilizando o método AHP, para determinar o melhor SARP para a condução de fogos da artilharia de campanha do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), tendo em vista as características do emprego do CFN, sua doutrina e a sua artilharia, chegando em um resultado com uma lista ordenada, entre três SARP distintos, a ser empregado para esse fim.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas, Artilharia de Campanha, Condução de Fogos, Corpo de Fuzileiros Navais, AHP.

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS PARA A CONDUÇÃO DE FOGOS DE ARTILHARIA DE CAMPANHA DO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

Matheus Lemos Bahia

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

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

RESUMO – Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) são uma grande tendência na condução dos conflitos do século XXI, a sua melhor utilização pode fornecer aos beligerantes uma grande vantagem tática, principalmente se utilizado em conjunto com outras armas, dentro do conceito de armas combinadas. Sendo assim uma das combinações de grande efeito que se tem observado é a utilização conjunta dos SARP com a artilharia de campanha, onde os SARP realizam a observação e condução do tiro e a artilharia desencadeia os fogos. Sendo assim, de forma a contribuir com um melhor emprego da combinação dessas armas, este artigo busca fazer uma análise multicritério, utilizando o método AHP, para determinar o melhor SARP para a condução de fogos da artilharia de campanha do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), tendo em vista as características do emprego do CFN, sua doutrina e a sua artilharia, chegando em um resultado com uma lista ordenada, entre três SARP distintos, a ser empregado para esse fim.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas, Artilharia de Campanha, Condução de Fogos, Corpo de Fuzileiros Navais, AHP.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de balões não tripulados em prol dos conflitos armados é reportada desde os anos de 1860, já as aeronaves não tripuladas têm sido usadas por militares desde a Primeira Guerra Mundial, quando os britânicos usaram biplanos modificados como torpedos aéreos remotamente pilotados. Porém, com o avanço da tecnologia e o aumento das possibilidades e confiabilidade dos sistemas não tripulados tem-se observado cada vez mais a intensificação da utilização dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) por parte das Forças Armadas.

Por este motivo os SARP são considerados um proeminente vetor dentro do campo de batalha do século XXI, possuindo capacidades de atingir objetivos nos campos estratégicos, operacionais e táticos (OLIVEIRA, 2023), uma vez que ampliam a consciência situacional do comandante por meio da inteligência, vigilância e reconhecimento, além de, muitas vezes, também possuírem capacidade de atuação direta (USA, 2006)

Por outro lado, a artilharia é uma das armas que mais necessitam ter informações sobre alvos, bem como sua observação para a condução de tiros sobre o alvo. A observação e condução dos fogos de artilharia são de extrema importância para o sucesso das missões de tiro. Essas atividades desempenham um papel fundamental na obtenção de informações do campo de batalha, permitindo o direcionamento preciso dos disparos e a maximização do impacto dos ataques de artilharia. Através da observação e da comunicação eficiente, é possível ajustar e adaptar os fogos de acordo com as necessidades táticas, proporcionando uma vantagem estratégica às forças amigas (BRASIL, 2017).

Dessa forma a utilização dos SARP juntamente com a artilharia permite uma maior eficiência, eficácia dos tiros, menor consumo de munição (BRASIL, 2020) e diminuição dos danos colaterais bem como acelerar o ciclo OODA (Ciclo de Boyd ou Ciclo Decisão – Observação, Orientação, Decisão e Ação) (OLIVEIRA, 2021), uma vez que estes sistemas conseguem realizar as tarefas de observação a uma grande distância, com alta velocidade, sem colocar em risco a vida do operador e com uma grande precisão dos sistemas eletrônicos embarcados, tudo isso mantendo o sigilo e a surpresa (RONYMO, 2018).

Atualmente, dentro do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), os SARP são utilizados juntamente com o subsistema de ligação e observação (PEREIRA, 2020) ,

entretanto em outras forças armadas já há a utilização do sistema juntamente com o subsistema de busca de alvos (SANTOS 2017), para o nosso estudo foram consideradas as duas hipóteses.

Porém, para que possa ser efetivo na consecução das missões do CFN o SARP deverá estar alinhado ao caráter da força, definida na Doutrina Militar Naval, uma vez que o Corpo de Fuzileiros Navais possui um caráter anfíbio distintivo, sendo capaz de realizar operações em terra, no mar e no ar. Sua principal característica é a capacidade de projetar poder militar a partir de navios de assalto anfíbios, desembarcando suas forças e equipamentos em praias hostis ou em áreas costeiras de difícil acesso. Essa capacidade anfíbia permite que os Fuzileiros Navais atuem em uma ampla variedade de ambientes, desde selvas densas até desertos áridos, fornecendo uma resposta rápida e eficaz em cenários de combate, assim como deverá operar o SARP (BRASIL, 2017).

Além disso, o CFN possui capacidade expedicionária e de pronto emprego, com isso, deve sempre estar pronto para operar rapidamente em qualquer lugar do mundo para cumprir missões de interesse nacional e conduzir operações militares complexas em ambientes de alta incerteza (BRASIL, 2021). Essa capacidade de desdobramento rápido e flexível é possível devido à sua organização, treinamento especializado e logística eficiente.

Sendo assim, este trabalho realizou uma análise multicritério de apoio à decisão como suporte ao processo decisório da escolha do SARP mais adequado para realizar a condução de fogos de artilharia de campanha para o Corpo de Fuzileiros Navais, tendo como base as características do CFN e sua artilharia de campanha, bem como as necessidades do sistema para que um SARP realize a sua condução de fogos.

Para isso foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) que serve como um processo para o auxílio a decisão complexas, e que além de determinar a decisão com melhor compromisso, o AHP ajuda os decisores a escolher e justificar suas escolhas. Esse método, desenvolvido na década de 1970 pelo Prof. Thomas Saaty, combina princípios da matemática e da psicologia (SAATY, 1980)

Tendo como objetivo geral deste trabalho, estabelecer o SARP que possui as melhores características (atributos), de acordo com o método, para que se possa utilizar em operações de condução de tiro de artilharia de campanha do Corpo de Fuzileiros Navais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A artilharia de campanha do CFN e a condução de fogos

A artilharia é uma das armas de apoio de fogo do Corpo de fuzileiros navais, sendo assim ela é capaz de produzir grandes volumes de fogos que são atirados em grande profundidade, para atingir alvos distantes do local de disparo. Em específico a artilharia de campanha do CFN deve apoiar ao assalto anfíbio e às operações subsequentes em terra, tendo para si as seguintes tarefas: (BRASIL, 2020)

- a) apoiar os elementos de manobra, com fogos sobre os escalões avançados do inimigo;
- b) realizar fogos de contra-bateria dentro do alcance de suas armas; e
- c) aprofundar o combate, pela aplicação de fogos sobre instalações C 3 I e logísticas, sobre as tropas em reserva e outros alvos situados na área de influência da força.

A artilharia do CFN é nucleada pelo Batalhão de Artilharia de Fuzileiros Navais (BtlArtFuzNav) e este contém uma Bateria de Obuseiros 155mm, três baterias de Obuseiros 105mm, arma ilustrada na figura 1, e uma bateria de comando e serviço (BRASIL 2020).

Figura 1 - Obuseiro 105mm do Corpo de Fuzileiros Navais



Fonte: Wiltgen (2022)

Como os impactos dos disparos dos tiros ficam distantes da linha de tiros é necessário que haja um subsistema de observação para conduzir e corrigir os disparos, esse subsistema é composto por observadores avançados (OA) que acompanham os elementos de manobra, além dos observadores do Grupo de Artilharia, ou então observadores aéreos, que se encontram em aeronaves (BRASIL, 2020).

A principal função dos observadores é fornecer informações acuradas sobre os alvos, permitindo que os artilheiros ajam com eficiência e reduzam o consumo de munição. Com observadores bem treinados e uma comunicação efetiva, a artilharia pode engajar diversos tipos de alvos de maneira eficaz, atingindo-os com precisão e otimizando o uso dos recursos disponíveis (BRASIL, 2020).

Além disso, o fato de pertencer ao CFN, demanda que o BtlArtFuzNav possua as características de ser um batalhão expedicionário, de pronto emprego e caráter anfíbio, devendo seus meios ter a capacidade de embarcar em navios da Esquadra Brasileira, que muitas vezes possuem restrições de espaço dado o vulto do emprego de uma tropa com essas características.

Além disso, observa-se que com a evolução do campo de batalha, artilharia de campanha tem passado por melhorias ao longo do tempo, resultando em maior precisão no acerto do alvo. A especialização em localizar e destruir o inimigo, por meio de fogos de contrabateria e aprofundamento do combate, tem se tornado importante e os SARP podem desempenhar esse papel, porém a doutrina da utilização deste meio em conjunto com as armas de poio de fogo ainda dificulta a operacionalização de emprego (SANTOS, 2017).

Antes de iniciar uma missão de tiro, o observador precisa localizar o alvo. Existem três métodos principais para fazer isso: por Coordenadas, Localização Geográfica ou por Transporte. É importante ressaltar que é imprescindível enviar a localização precisa do alvo para a realização do disparo. (SANTOS, 2017).

Na observação terrestre tipicamente empregada, um binóculo graduado em milésimos é utilizado para determinar os desvios de direção (esquerda ou direita) do arrebetamento em relação à linha de observação, onde o alvo está localizado. Em seguida, a paralaxe (fórmula do milésimo) é aplicada em relação à distância de observação (DO) para medir o afastamento. Os dados coletados são enviados à Central de Tiro como correções. A partir disso, a Central de Tiro (CTir) realiza cálculos e os envia à Linha de Fogo para executar os disparos. O observador continua a observar os arrebetamentos da granada no solo e envia Mensagens Subsequentes à CTir, fornecendo correções de tiro. Esse processo de correções é repetido até que o objetivo seja atingido e a missão de tiro seja concluída, momento em que o observador envia a Mensagem Final. (SANTOS, 2017).

Assim, uma vez que os *payloads* dos ARP sejam capazes de levantar os dados de localização do arrebetamento da granada em relação ao alvo, o que é essencial para observar os tiros, esses sensores poderiam desempenhar um papel fundamental ao fornecer informações precisas para a central de tiro, permitindo uma observação efetiva do alvo, visto que essa é a principal missão do observador (SANTOS, 2017).

A condução dos tiros tem como objetivo atingir o alvo com tiros eficazes, por meio dos ajustes realizados com base nas observações feitas em disparos anteriores. Um tiro é considerado ajustado quando atinge o alvo com o projétil ou seus estilhaços, ou quando está dentro dos limites adequados definidos. (SANTOS, 2017).

Quando empregado a Observação Aérea, o helicóptero altera sua posição de observação de forma contínua, o que requer que o observador aéreo envie à Central de Tiro o azimute magnético da posição em relação ao alvo. Em seguida, as correções em uma missão de tiro são enviadas com base nos valores obtidos através do binóculo e dos cálculos relacionados à paralaxe, de maneira semelhante ao exemplo anteriormente mencionado. (SANTOS, 2017)

Caso seja feito por um SARP o sensor pode continuamente fornecer, com precisão, a posição do alvo ou da arrebentação da granada após o primeiro disparo, fornecendo dados que servirão de subsídios a Central de Tiro para realizar a correção e condução dos fogos. Além disso, o fato de poder enviar o SARP a frente, sem a necessidade de desviar de obstáculos terrestres e em alta velocidade, garante a segurança dos observadores, o aumento da velocidade para a solicitação do tiro, bem como uma maior flexibilidade de zona de ação para a observação, uma vez que o SARP consegue cobrir uma área bastante superior que a do observador terrestre.

2.2 Os SARPS e suas características

Apesarem de não serem uma tecnologia tão nova, os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) são considerados como um novo componente da aviação mundial, no qual os operadores, indústria e várias organizações ainda estão em grande processo de entendimento e evolução dos procedimentos de operação. (BRASIL, 2023)

No Brasil, as Aeronaves Não Tripuladas são popularmente conhecidas como "drones", outro termo que já foi bastante utilizado porém atualmente está em maior desuso é o de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), uma nomenclatura traduzida do termo "*Unmanned Aerial Vehicle*" (UAV) e considerada obsoleta na comunidade aeronáutica internacional. Outro termo usado é "Aeronave Remotamente Pilotada" (ARP).

Neste trabalho foi considerado a definição do Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP), utilizada pela Força Aérea Brasileira (FAB) que consiste em:

“Subconjunto do Sistema de Aeronave Não Tripulada, que seja capaz de interagir com o Controle de Tráfego Aéreo em tempo real, composto pela aeronave remotamente pilotada

(RPA), sua(s) estação(ões) de pilotagem remota, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente associado à sua operação” (BRASIL, 2023)

Além dessa definição utilizarem a definição de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) como:

“Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera, a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra, e que se pretenda operar sem piloto a bordo” (BRASIL, 2023)

Também deve-se ressaltar que o propósito dessas aeronaves é carregar uma carga útil (ou carga paga, “payload”) e este sim tem objetivo de cumprir uma missão específica, tipicamente essas cargas consistem em câmeras, para realizar a observação de um ponto específico, ou então um material que está sendo transportado de um ponto a outro.

Dessa forma a capacidade do SARP pode ser determinado pela capacidade operacional da aeronave, juntamente com o seu sistema de controle e a estação de controle em terra, que estabelecem o limite de efetivo comando e controle, e o seu Payload, que dá a essa aeronave a possibilidade de cumprir a missão.

Os RPA, assim como as aeronaves tripuladas podem ser divididas por tipos que determinam o seu princípio de operação. As classificações de tipo dos ARP podem ser: Asa Fixa, Asa Rotativa e Asa Combinada.

Os ARP de asa fixa possuem asa fixas as a fuselagem da aeronave e ganham sustentação a partir da velocidade relativa da aeronave com o ar que é gerada pela propulsão, podendo esta ser feita por um motor e hélices ou uma turbina, como por exemplo a aeronave ilustrada na figura 2.

A principal característica das aeronaves de asa fixa é que as mesmas não possuem a capacidade de se manter em voo parada sobre um ponto estacionário no terreno, visto necessitam se manter em movimento para gerar a sua sustentação.

Figura 2 - ARP de asa fixa



Fonte: Gore (2016)

Os ARP de asa rotativa possuem hélices conectadas a rotores que ao girarem criam a sustentação para a aeronave, sendo que para se manter estáveis no ar é necessário que possuam pelos menos duas hélices ortogonais, sendo uma com passo variável, de forma a permitir a movimentação da aeronave nos três eixos.

A principal característica das aeronaves de asa rotativa é que as mesmas possuem a capacidade de se manter em voo parada sobre um ponto estacionário no terreno, visto que para se manterem em voo só necessitam do movimento das suas hélices que são geradas pelos próprios motores. Uma aeronave deste tipo é ilustrada na figura 3.

Figura 3 - ARP de asa rotativa



Fonte: Ball (2018)

Os ARP de asa híbrida são aeronaves que possuem mecanismos de alternar seu modo de voo entre o voo de aeronaves de asa rotativa e o voo de aeronaves de asa fixa, para isso elas podem possuir dois sistemas de sustentação diferentes, de forma a um sistema permitir o voo como a asa fixa e o outro sistema permitir o voo com asa rotativa, ou então podem possuir apenas um sistema de sustentação porém funcionando sobre atuadores que permitem alternar a forma do seu emprego.

A principal característica dessas ARP é que elas podem realizar voo de características de asa fixa e asa rotativa a depender do que for de mais vantajoso para a missão, entretanto, tipicamente essas aeronaves só utilizam o sistema de asa rotativa para realizar a decolagem e o pouso (VTOL - Vertical Take Off and Landing) , uma vez que costumeiramente o sustentação por asa rotativa não possui muita autonomia.

Essas aeronaves possuem a vantagem de operarem em terrenos não preparados, devido a característica de pouso e decolagem, bem como um grande alcance e autonomia devido as vantagens fornecidas pela sustentação em asas fixa, permitindo um grande ganho operacional e tático, uma aeronave deste tipo é ilustrada na figura 4.

Figura 4 - ARP de asa híbrida



Fonte: Xrobots (2023)

Além do tipo de operação dos ARP, os SARP podem ser categorizados de diferentes maneiras, e assim são, por diferente órgãos e setores da sociedade, de acordo com as suas necessidades e melhor forma de padronizá-los, como se pode observar na Tabela 1, sendo assim há diversas formas de categorizar os SARP.

Tabela 1 - Diferentes Classificações dos SARP

Categorias MD	Classes adotadas pela OTAN	Classes conforme ANAC	Classificações indústria	Nível de Emprego	Características de altitude alcance	Operações em que são empregados
0	A <150 Kg	Classe 3 - Peso máximo de decolagem menor que 25 kg	Micro-VANT <2 Kg	Tático	Até 1000 ft AGL/5km	Sistemas de pronto-emprego em suporte à Unidades Táticas até o nível Força Componente. Em geral lançados de posição próxima das unidades apoiadas, com a mínima estrutura de suporte.
1			Mini-VANT 2- 25 Kg		Até 3000 ft AGL/25km (Linha Visada)	
2			Classe 2 - Peso entre 25 kg e 150 kg		Até 5000 ft AGL/100km (Linha Visada)	
3	B 150 - 600 Kg	Classe 1 - Peso maior que 150 Kg	Baixa Altitude e Curto Alcance	Operacional	Até 18000 ft AGL/250km (Linha Visada)	Podem possuir capacidades ofensivas, com emprego de armamento.
4	C > 600 Kg		Média Altitude e Longo Alcance	Estratégico	Até 45000 ft AGL/1000km (Satélite)	Suporte a operações de grande vulto, envolvendo Comandos Conjuntos, Forças Tarefas Interagências, Inteligência Operacional e Estratégica. Necessitam de considerável estrutura de suporte.
5 ou superiores			Alta Altitude e Longo Alcance		Até 65000 ft AGL/> 1000km (Satélite)	

Fonte: Brasil (2023)

A marinha do Brasil utiliza a classificação do Ministério da Defesa (MD) como a referência a ser utilizada no âmbito da sua força, conforme mostra a tabela 2 o padrão utilizado, na qual se observa que para valores de massa acima de 25kg requerem requisitos mais elevados para operação.

Tabela 2 - Classificação do SARP na Marinha do Brasil

Categoria MB	Massa
0	< 2 kg
1	entre 2 kg e 25 kg
2	entre 25 kg e 150 kg
3	entre 150 kg e 600 kg
5	> 600 kg Até 45.000 ft
6	> 600 kg Até 45.000 ft

Requisitos mais simples para operação em determinadas condições.

Requisitos mais elevados para operação.

Fonte: Brasil (2023)

2.3 O método AHP

O Método de Análise Hierárquica (AHP-*Analytic Hierarchy Process*) é um dos principais métodos desenvolvidos no ambiente do apoio à tomada de decisão e das Decisões Multicritério Discretas. Este método é simples e contável, permitindo o uso de critérios qualitativos bem como quantitativos no processo de avaliação. Talvez, o maior avanço desse método é permitir a inclusão de tanto aspectos tangíveis, quanto intangíveis tais como experiência, preferências subjetivas e intuição de forma lógica e estruturada.

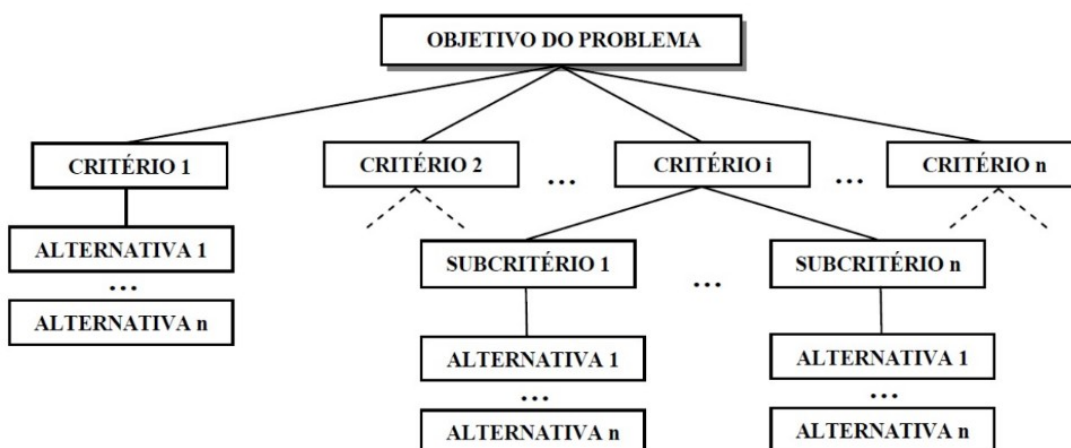
A ideia principal deste método consiste em dividir o problema de decisão em níveis hierárquicos, facilitando assim, sua compreensão e avaliação, o que permite dividir o problema em subproblemas de menor complexidade e analisá-los separadamente. Para isso o método utiliza de um procedimento cartesiano que decompõe o problema em novos fatores até um nível que possa ser utilizado para se estabelecer relações, e após isso ele sintetiza todas as informações (COSTA, 2002).

A implementação deste método é baseada em 3 etapas que devem ser seguidas sequencialmente sendo elas:

1 – Estruturação da Hierarquia: nesta etapa é definido uma estrutura hierárquica com critérios, subcritérios e na base da estrutura as alternativas, de forma a facilitar a compreensão e a avaliação do problema, de tal maneira que deve

ser possível avaliar as alternativas a partir dos níveis hierárquicos superiores, de forma clara, pelo nível mais baixo dessa estrutura. A estrutura hierárquica permite que haja um melhor entendimento do problema e após as avaliações em níveis mais baixos, é possível sintetizar as avaliações subindo na hierarquia, chegando ao final em uma decisão sintetizada (BORNIA e WERNKE,2001),conforme mostra a figura 5.

Figura 5 - Estrutura Hierárquica do Problema



Fonte: Passos (2010)

2 – Definição das Prioridades: neste momento o decisor deve realizar uma relação de comparação paritária (dois a dois) entres os elementos do mesmo nível da hierarquia de forma a decidir entre qual elemento possui uma prioridade em relação ao outro. Para facilitar a comparação Saaty definiu uma escala fundamental que facilita o estabelecimento das prioridades dos elementos em uma comparação par a par. Esta escala é definido tabela 4, onde para cada valor há uma definição de importância de um item sobre o outro.

Tabela 3 - Escala Fundamental de Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Ambos elemento são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro	Um elemento é fortemente favorecido
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro
9	Extrema importância de um	Um elemento é favorecido pelo

	elemento sobre o outro.	menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Saaty (1980)

Sendo assim, a definição das prioridades é realizado da seguinte forma (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009):

(i) Julgamentos paritários: julga-se par a par, todos os elementos de um nível da hierarquia, dado o objeto imediatamente superior em hierarquia, estabelecendo assim matrizes de julgamento com o uso das escalas que forem adotadas (TREVIZANO & FREITAS, 2005).

Sendo assim, seja A , uma matriz genérica de julgamentos, onde n é o número de elementos a serem comparados, podemos definir A de prioridade dos elementos i sobre o elemento j , como:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & & & \\ a_{i1} & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & & \\ a_{n1} & \cdots & & & 1 \end{pmatrix}$$

Onde:

$$a_{ij} > 0$$

$$a_{ii} = 1$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

(ii) Normalização da matriz de julgamentos: Realiza-se a conversão linear dos valores da matriz a de julgamentos de forma que a soma dos elementos de cada coluna retorne um valor unitário.

(iii) Cálculos das prioridades: realiza-se a média das linhas da matriz de julgamentos normalizada de forma a obter qual critério terá uma prioridade em relação ao outro.

(iv) Cálculo das prioridades globais: a partir da matriz de julgamentos e das prioridades de mais baixo nível, são sintetizadas as informações e são estabelecidos uma prioridades globais no qual se estabelece qual alternativas que possuem a maior prioridade de escolha.

3 – Verificação de consistência lógica: no momento que o decisor está realizando as comparações paritárias por meio de uma escala, ele pode introduzir pequenas incoerências, que são esperadas, dado a natureza da avaliação humana. Porém, para saber se essas incoerências estão dentro de um limite aceitável é necessário realizar uma verificação de consistência lógica, de forma a validar o julgamento. Para isso, o método propõe o cálculo da razão de consistência, que tipicamente deve ser menor que 10%, para se considerar uma consistência lógica aceitável (TREVIZANO & FREITAS, 2005).

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Sendo:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Onde:

λ_{max} é o maior autovalor da matriz de julgamentos;

IR é o Índice de Consistência Randômico, estabelecido pela seguinte tabela:

Tabela 4 - Índice de Consistência Randômico

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1980)

3. MÉTODO

3.1 Os SARPS avaliados

Para a decisão dos melhores SARP para a condução de fogos da artilharia de campanha do CFN, foram escolhidos sistemas que efetivamente atendem aos requisitos desta artilharia, sendo assim, estes SARP possuem, subsistemas que podem observar, guiar e corrigir os tiros de artilharia, além de, um alcance compatível com a área de cobertura da artilharia, sendo assim, podem ser operados centralizados e possuem autonomia suficiente para fazer a observação do alvo enquanto ocorre a preparação para o tiro e após isso conseguem fazer a avaliação do dano, para se necessário solicitar uma nova missão de tiro.

Além disso, os SARP possuem um tamanho compatível com uma força expedicionária, de pronto emprego e anfíbia, ou seja, são capazes de serem transportado e operado a qualquer momento, tanto por navio, quanto em terra.

Dessa forma, escolheu-se sistemas de Categoria MB 1 e 2, de nível de emprego tático com PMD de aproximadamente 25kg, alcance com mais de 25km, porém em linha de visada, nível de emprego tático, capaz de decolar e pousar em um pequeno espaço, sem a necessidade de uma pista preparada.

Com base nas características levantadas para o SARP, decidiu-se comparar o SARP que atualmente é utilizado pela aviação aeronaval o Boeing ScanEagle, o SARP Nauru 500c ISR, que foi desenvolvido e é fabricado para defesa e segurança pela maior empresa de ARP nacional, e que também é uma Empresa Estratégica de Defesa e é a maior empresa de SARP da América Latina, a Xrobots. E foi comparado o drone DragonFish Pro, da Autel Robotics, que é uma empresa chinesa, e uma das maiores fabricantes de drone do mundo, possuindo soluções principalmente para o mundo corporativo e para o uso pessoal.

Apesar de os sistemas estarem em categorias parecidas, estes apresentam diferentes formas de operação, bem como, diferentes soluções para o controle e transportabilidade, gerando um amplo espectro de características operacionais, que serão mais bem detalhadas para cada sistema individualmente.

3.1.1 – Boeing ScanEagle

A utilização prática do ScanEagle teve início em 2004, quando começou a ser empregado em operações realizadas pelos Fuzileiros Navais dos Estados Unidos no Oriente Médio. Desde então, houve um aumento considerável no seu uso em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (ISR), devido à sua capacidade altamente eficiente na coleta de dados (PEREIRA, 2020), principalmente devido a sua grande variedade de payloads, entre eles ressaltam-se câmera eletro-óptica de alta definição com telescópio de zoom de 170x, em uma torre giro estabilizada e uma câmera infravermelho de onda média (INSITU, 2023).

Este SARP, ilustrado na figura 6, foi recentemente incorporado a Marinha do Brasil e em 2022 foi ativado o 1º Esquadrão de Aeronaves remotamente Pilotadas (QE-1) pelo Comando da Força Aeronaval (WILTGEN, 2022), onde possui em sua

dotação 6 aeronaves ScanEagle, dois lançadores e dois recolhedores, sendo um para operação embarcada e o outro para Operação Terrestre.

Figura 6 - SARP ScanEagle



Fonte: Airway (2023)

Observa-se que esse este SARP é do tipo asa fixa, possui um motor a combustão para a propulsão e sua decolagem é realizado por meio de uma catapulta (figura 7). Já seu recolhimento é feito por meio de um equipamento recolhedor (figura 8), o que permite que esta aeronave seja operada em um terreno não preparado, entretanto necessita-se um espaço sem obstáculos para a aproximação para o pouso e para a decolagem.

Figura 7 - Sistema de lançamento do ScanEagle



Fonte: Das (2017)

Figura 8 - Sistema de recolhimento do ScanEagle



Fonte: Caiafa (2022)

É possível observar pelas figuras 7 e 8 que os sistemas lançador e recolhedor possuem um peso e volume bastante considerável, bem superiores ao da aeronave

em si, o que faz com que os encargos logísticos, de transporte para este sistema, sejam maiores.

Para transporte o sistema é composto de 3 containers de 20 pés e 01 volume de aproximadamente 10m³ sendo:

- Contêiner da Estação de Controle: 3300 kg;
- Contêiner do Lançador: 1910 kg;
- Contêiner do Recolhedor: 1710 kg;
- Volume de Extras: 1000 kg.

A tabela 6 indica os parâmetros gerais do SARP ScanEagle.

Tabela 5 - Parâmetros do SARP ScanEagle

Peso Máximo de Decolagem (PMD)	23,4kg
Peso Máximo de Payload	3,4 kg
Velocidade de Cruzeiro	60 kt
Velocidade Máxima	80kt
Teto	19.500 ft
Autonomia	20h
Raio de Ação	100 km
Vento Máximo (Pouso/Decolagem)	35 nós
Peso do Sistema para transporte	7920 kg
Volume do Sistema para transporte	81,8 m ³

Fonte: Pereira (2020)

3.1.2 – XMobots Nauru 500c ISR

O Nauru 500c ISR, ilustrado pela figura 9, é um SARP desenvolvido pela empresa brasileira XMobots, cujo projeto foi adaptado da versão deste sistema de uso agrícola. Com o projeto datado de 2012 foi primeiro ARP a receber o Certificado de autorização de Voo Especial (CAVE) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), bem como o primeiro SARP de propulsão híbrida (combustão e elétrico) produzido no Brasil, sendo este contando com um motor a combustão para o deslocamento da aeronave e quatro motores elétricos para realizar o pouso e a decolagem vertical (VTOL) (XMOBOTS, 2023).

Figura 9 - ARP Nauru 500c ISR



Fonte: Xmobots (2022)

O fato de a aeronave contar com um sistema de pouso e decolagem verticais garante uma grande flexibilidade de emprego, podendo ser utilizado em ambientes hostis e com uma área não preparada, como por exemplo florestas e cidades, além disso reduz encargos logísticos devido ao fato de não precisar transportar lançadores e recolhedores para a aeronave.

Como payload, a plataforma permite embarcar um sistema completo de inteligência, reconhecimento e vigilância, e apesar de a aeronave ter uma autonomia de 4 horas, dificultando a vigilância, o mesmo pode ser alcançado com o emprego de duas plataformas. Seu sistema é composto por dois sensores principais, uma câmera eletro-óptica giro-estabilizada com zoom de 30x, capaz de identificar uma pessoa a 1,5km de distância, reconhecer a 2,7km e detectar a 9,9km. Uma câmera infravermelha de onda longa, estabilizada com capacidade de zoom de 30x. Além disso o sistema do SARP, possui módulo de inteligência artificial que permite reconhecer e rastrear pessoas, barcos e carros tanto no período diurno quanto noturno (XMOBOTS, 2023).

Para o transporte, todo o sistema pode ser contido em um Shelter (figura 10), rebocável, de operações de 2,5 toneladas, que durante a operação da aeronave, também serve como estação de solo. Este Shelter é capaz de transportar 3 ARP, 2 terminais de dados e 3 estações de solo (XMOBOTS, 2023).

Figura 10 - Shelter Rebocável do SARP Nauru 500c



Fonte: X-mobots (2023)

A tabela 7 indica os parâmetros gerais do SARP Nauru 500c ISR.

Tabela 6 - Parâmetros do SARP Nauru 500c ISR

Peso Máximo de Decolagem (PMD)	5kg
Velocidade de Cruzeiro	80 km/h
Velocidade Máxima	110 km/h
Teto	13.000 ft
Autonomia	4h
Raio de Ação	60 km
Vento Máximo (Pouso/Decolagem)	60 km/h
Peso do Sistema para transporte	2500 kg
Volume do Sistema para transporte	9 m ³

Fonte: X-mobots (2023)

3.1.3 – Autel Robotics DragonFish Pro

O DragonFish Pro, ilustrado pela figura 11, é um SARP desenvolvido pela empresa chinesa Autel e diferentemente dos outros dois SARP esta aeronave é totalmente elétrica, a mesma possui um sistema de giro de rotor (tilt-rotor), que altera a inclinação dos motores da ponta das asas, alternando o modo de voo da aeronave, que quando estão na horizontal, permite um voo de asa fixa, já quando estão na

vertical, juntamente com mais dois motores que ficam no corpo da aeronave, alterna para um voo de asa rotativa, sendo este modo utilizado apenas para pouso e decolagem da aeronave (VTOL) (ROBOTICS, 2023).

Figura 11 - SARP Dragonfish Pro



Fonte: Robotics (2023)

Assim como o Nauru 500c ISR, o fato de a aeronave ser VTOL também garante uma grande flexibilidade de emprego, podendo ser utilizado em ambientes hostis e com uma área não preparada, porém o pouso e a decolagem dessa aeronave possuem um protocolo de mudança de forma voo que torna o controle deste SARP quando em modo de pouso e decolagem bastante limitados.

A plataforma suporta até 2,5kg de carga, entre os payloads disponíveis pela fabricante é possível configurar a aeronave com 5 tipos diferentes de câmeras, a mais robusta dela possui três sensores, um eletro ótico 4k com zoom de 50x, um infravermelho, sem zoom, full-HD e uma telêmetro laser. Os sensores são montados sobre um sistema gimbal estabilizado em 3 eixos. Além do zoom ótico é possível chegar com o zoom digital até o valor de 240x, podendo observar alvos até uma

distância de 2km de distância. A aeronave também possui um sistema de inteligência artificial que permite seguir carros (ROBOTICS, 2023).

Para o transporte o sistema não possui como os outros dois já analisados containers de transporte ou *shelter*, sendo suas partes armazenadas em volumes padrões de menor volume e peso. Para o transporte de 3 aeronaves e duas estações de controle é utilizado aproximadamente 3 m³ de volume e 100 kg de peso, bem menos que os outros, devido ao fato de o sistema ser todo portátil e elétrico, sem partes mecânicas pesadas. (ROBOTICS, 2023)

A tabela 8 indica os parâmetros gerais do SARP DragonFish Pro.

Tabela 7 - Parâmetros do SARP DragonFish Pro

Peso Máximo de Decolagem (PMD)	17kg
Peso Máximo de Payload	2,5 kg
Velocidade de Cruzeiro	17m/s
Velocidade Máxima	30m/s
Teto	19.500 ft
Autonomia	15 8min
Raio de Ação	30 km
Vento Máximo (Pouso/Decolagem)	12m/s
Peso do Sistema para transporte	100 kg
Volume do Sistema para transporte	3 m ³

Fonte: Robotcs (2023)

3.2 Critérios Adotados

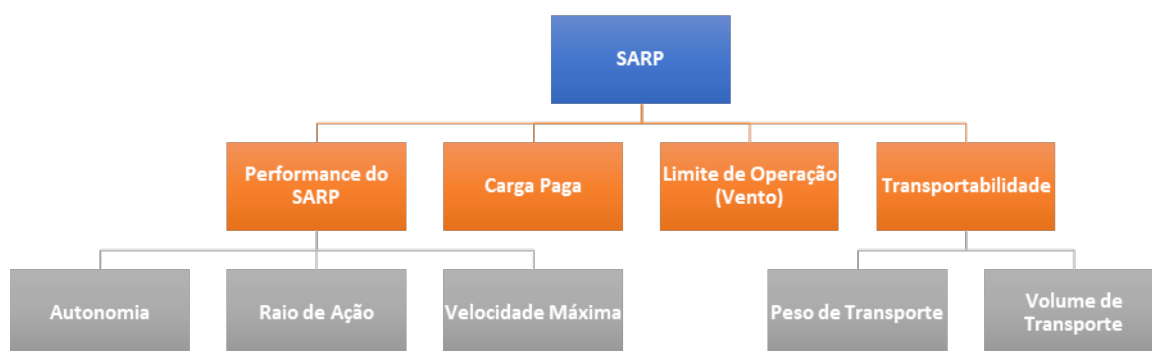
De forma a se obter o melhor SARP para a condução de fogos da artilharia de campanha do CFN, foram adotados alguns critérios considerados importantes no processo decisório que são abordados a seguir. Entretanto, ressalta-se que os critérios foram pensados são para o sistema como um todo, não somente a aeronave.

Os critérios foram adotados dado as características do CFN e da sua artilharia de campanha, levando em conta as necessidades específicas que estes possuem, tal qual a capacidade expedicionária e anfíbia, bem como o tipo de missão de tiro da artilharia, e os alvos que este pode engajar.

Sendo assim foi adotado os quatro critérios representados esquematicamente na estrutura hierárquica apresentada na Figura 12.

O primeiro critério seria a performance do SARP que é constituído de 3 subcritérios, a autonomia (tempo) de voo da aeronave, o Raio de Ação (distância) que a aeronave atua e a Velocidade Máxima de voo. O segundo critério foi a carga paga que podem ser alocadas as aeronaves e as suas capacidades. O Terceiro foi o limite de operação do vento. O quarto é a transportabilidade do sistema, que é composto de dois subcritérios, peso de transporte e volume de transporte.

Figura 12 - Hierarquia dos Critérios



3.2.1 – Performance do SARP

A Performance do SARP inclui os critérios de Autonomia, Raio de Ação e velocidade Máxima do ARP, esses critérios são importantes, uma vez que quanto maior esses indicadores, melhor, mais rápido, mais longe e por mais tempo as aeronaves conseguem observar os alvos, garantindo uma vantagem tática para o CFN em um confronto. Ressalta-se que quanto maior, melhor são esses critérios para o SARP, porém apesar disso, os critérios Autonomia e Raio de Ação não apresentam tanta vantagem a mais a partir de certo valor, uma vez que a própria artilharia possui limitações de raio de ação e uma observação permanente pode ser

obtida com o emprego combinado de mais de uma aeronave, não necessitando de uma autonomia excessiva.

Dessa forma esses critérios devem ser maximizados, porém observando que a vantagem que eles oferecem não representam uma proporcionalidade linear com os seus valores de catálogo.

3.2.2 – Carga paga

Este critério observa as capacidades dos payloads das aeronaves de forma a valorizar aqueles que possuem maiores capacidades, permitindo que a observação e correção do tiro seja feito com mais precisão e possa ser feita uma melhor avaliação de danos após o tiro.

Este critério deve levar em conta todos os tipos de operações, tanto noturna quanto diurna, bem como a estabilização e qualidade das imagens, e as capacidades extras que podem auxiliar o cumprimento da missão.

Tipicamente, quanto maior o payload melhor ele será, porém neste critério também deve-se analisar as características de software que não possuem essa relação.

3.2.3 – Limite de Operação (Vento)

Este item visa identificar os critérios que podem limitar as operações, dessa forma quanto maior forem esses limites maior será a possibilidade de uso dos SARP, dentre os critérios visualizados observou-se o teto de operações e o limite de vento, porém foi percebido que os limites de teto estão bem acima da altitude de emprego para esse tipo de aeronave, não constituindo assim um limite de operação, sendo assim estabelecendo como critério a velocidade máxima de vento no momento mais crítico, o pouso e a decolagem, que é o momento limitador da operação.

Considerar a velocidade máxima de vento permitida por um drone, estamos avaliando sua capacidade de operar de forma consistente e eficaz, proporcionando uma vantagem tática significativa, principalmente pelo fato das características do CFN de operar em ambientes hostis e com condições climáticas adversas. Ressalta-se ainda que as condições de chuva os SARP possuem resistência IP43 o que permitem voar em condições de chuva leve (em chuvas mais pesadas as condições de vento são limitantes).

3.2.4 – Transportabilidade

O critério de transportabilidade inclui o peso para transporte do sistema e o volume que o sistema ocupa quando transportado, esses aspectos são importantes pelo fato da característica expedicionária do CFN que tem que possuir a capacidade de transportar esse sistema para que possa empregá-lo em qualquer parte do mundo, sendo assim um menor peso e um menor volume diminuem os encargos logísticos desse meio e facilitam sua operação sendo uma vantagem.

Além disso, o fato da característica anfíbia da tropa e de ser transportada por navios, que possuem espaço limitado é outro aspecto relevante para que se adote esse critério.

Sendo assim quanto mais leve e menor, ou seja, mais transportável for o sistema completo melhor ele é.

4 RESULTADOS

Uma vez estabelecidos os critérios, sua hierarquia e as alternativas a serem analisadas foram estabelecidas as matrizes de prioridades dos níveis mais altos para os níveis mais baixos da hierarquia.

Para a análise intracriterial foi utilizado a escala de Saaty, sendo assim temos com base os julgamentos do decisor, e c do nível mais alto.

Tabela 8 - Matriz de julgamentos de Prioridades do nível 1

	Performance do SARP	Carga Paga	Limite de Operação	Transportabilidade	Prioridade Relativa
Performance do SARP	1	2	2	2	0,38
Carga Paga	1/2	1	1/3	2	0,17
Limite de Operação	1/2	3,00	1	3	0,33
Transportabilidade	1/2	1/2	1/3	1	0,12
SOMA	2,50	6,50	3,67	8,00	

Observando a tabela 9, observa-se que não houve uma elementos com importância grandes ou essenciais sobre o outro, sendo os índices que mais se sobrepõe indicam uma importância pequena sobre a outra, escala 3, ou seja, a um favorecimento simples de um critério sobre o outro, tendo a maioria dos elementos ficando com uma escala 2 o que indica que não há critério com relevância desprezível.

Além disso pela soma dos critérios já é perceptível que aqueles com menor valor são os que irão receber maior prioridade relativa, ou seja, Performance do SARP é o critério de maior prioridade, seguido respectivamente por Limite de Operação, Carga Paga e Transportabilidade.

Uma vez que todas as alternativas analisadas possuem capacidade de realizar a observação, foi estabelecido pelo método, após as comparações paritárias do decisor que os critérios que permitem o ARP realizar as operações com maior flexibilidade e disponibilidade os fatores preponderantes. Além disso o critério transportabilidade foi o menos prioritário, ressaltado o fato que a própria artilharia já possui uma logística robusta, visto que seus meios são pesados e volumosos, sendo assim o impacto de mais um meio pesado e volumoso não seria tão demandante.

Sendo assim o critério Performance do SARP compreende por 38% do peso da avaliação das alternativas, Limite de Operação por 33%, Carga Paga por 17% e Transportabilidade por 12%. Esses valores estão de acordo com o esperado após a análise feita na tabela 9 no qual foi utilizado a escala da tabela 3.

Realizando o cálculo de verificação de consistência obteve-se o seguinte resultado.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,215 - 4}{4 - 1} = 0,07179$$

$$RC = \frac{0,07179}{0,9} = 0,0798 < 10\%$$

Sendo assim a razão de consistência indicou uma consistência lógica adequada para os julgamentos realizados.

Posteriormente estabeleceu-se as matrizes de prioridade dos subcritérios do segundo nível, no caso para o critério de Performance do SARP e Transportabilidade, que na cadeia hierárquica são os critérios que possuem dois níveis de hierarquia, com isso obteve-se o resultado mostrado na tabela 10 com a matriz de julgamentos de prioridades da performance do SARP e na tabela 11 com a matriz de julgamento de prioridades da transportabilidade.

Tabela 9 - Matriz de julgamentos de Prioridades da Performance do SARP

	Autonomia	Raio de Ação	Velocidade Máxima	Prioridade Relativa
Autonomia	1,00	1/3	5	0,30
Raio de Ação	3	1	5	0,61
Velocidade Máxima	1/5	1/5	1	0,09

SOMA	4,20	1,53	11,00
-------------	------	------	-------

Tabela 10 - Matriz de julgamentos de Prioridades da Transportabilidade

	Peso	Volume	Prioridade Relativa
Peso	1	1/2	0,33
Volume	2	1	0,67
SOMA	3,00	1,50	

Observando a tabela 10 percebe-se que os subcritérios Autonomia e Raio de Ação possuem uma importância grande ou essencial sobre o critério Velocidade Máxima, uma vez que a função de realizar a observação do tiro não requer muita agilidade por parte do observador aéreo, além disso, essas aeronaves já possuem velocidade muito superior aos meios de observação terrestres, que tipicamente são utilizadas para a condução do tiro de artilharia.

Com relação a comparação Raio de Ação x Autonomia, o Raio de Ação foi considerada um pouco mais importante do que a autonomia, de que a observação mais afastada dos alvos pode trazer vantagens táticas para uma futura missão de tiro, bem como mesmo com uma autonomia menor é possível manter uma contínua observação do alvo com o emprego alternado de mais de uma aeronave, ao custo, de um maior esforço, obviamente.

Sendo assim de forma geral a Raio de Ação é o subcritério que terá maior peso dentro da performance do SARP, seguido por Autonomia e por fim o Velocidade Máxima.

Já em relação a tabela 11 o subcritério Volume foi classificado levemente mais prioritário que o Peso, observando-se que quanto menor forem esses dois subcritérios, melhor será, ou seja, uma alternativa menos volumosa vai ser levemente prioritária a uma alternativa mais leve, tendo em vista que ambos são um fator limitante, porém a característica anfíbia do CFN muitas vezes impõe restrições de volume nos navios que pode ser um quesito levemente mais restritivo que o limite de peso das viaturas que irão transportar o sistema.

Sendo assim dentro do critério Performance do SARP, o subcritério Raio de Ação compreende por 61% do peso da avaliação das alternativas, Autonomia por 30% e Velocidade Máxima 9%. Esses valores estão de acordo com o esperado após a análise feita na tabela XX, no qual foi utilizado a escala de Saaty.

Já dentro do critério Transportabilidade, o subcritério Volume compreende por 67% do peso da avaliação das alternativas e o Peso pelos 33% restantes, considerando que quanto menor o Peso e o Volume melhor serão a avaliação dessas alternativas.

Após estabelecidos todos os valores de prioridades relativas dos critérios e subcritérios foram calculadas as prioridades relativas das alternativas em cada um desses critérios e subcritérios.

Para estabelecer as prioridades relativas das alternativas dentro do Limite de Operação e Transportabilidade, foram utilizados os valores numéricos da resistência do vento, peso e volume, respectivamente em cada um dos seus critérios e subcritérios e após isso normalizado os seus valores, pois entende-se que, dentro desse contexto, há uma relação linear entre suas propriedades físicas e de operação, com a vantagem que esta proporciona a atividade desejada.

Sendo assim temos tabela 12 como os dados de catálogo das SARP analisadas para que possam ser comparadas em cada critério e subcritério.

Tabela 11 - Dados de Catálogo das SARP analisadas

	ScanEagle	Nauru 500c	DragonFish Pro
Resistencia ao vento (km/h)	18	60	43,20
Peso de Transporte (kg)	7920	1000	100
Volume de Transporte (m ³)	81,804	9	3

Para a resistência ao vento, como deseja-se maximiza, para se obter a prioridade relativa será feita a normalização dos dados e este representara a prioridade no critério Limite de Operação. A tabela 13 apresenta os resultados da normalização dos dados de limite de operação, indicando a prioridade relativa neste critério.

Tabela 12 - Limite de operação (vento) dos SARP

SARP	Velocidade de Vento Limite (km/h)	Prioridade Relativa (Normalização)
ScanEagle	18	0,1485
Nauru 500c	60	0,4950
Dragonfish	43,20	0,3564

Já para os subcritérios da Transportabilidade, como se deseja minimizar esses valores, primeiramente os valores serão invertidos e após isso serão normalizados, sendo assim aqueles que apresentarem um maior peso e um maior

volume, possuirão uma menor prioridade relativa. As tabelas 14 e 15 apresenta os resultados das operações realizadas com os dados de peso e volume, respectivamente, indicando a prioridade relativa nestes subcritérios.

Tabela 13 - Peso de Transporte dos SARP

SARP	Peso de Transporte (kg)	Inverso do Peso de Transporte (kg)	Prioridade Relativa (Normalização)
ScanEagle	7920	0,00012626	0,01199501
Nauru 500c	2500	0,0004	0,03800019
Dragonfish	100	0,01	0,9500048

Tabela 14 - Volume de Transporte dos SARP

SARP	Volume de Transporte (m ³)	Inverso do Volume de Transporte (kg)	Prioridade Relativa (Normalização)
ScanEagle	81,80	0,012224382	0,026768593
Nauru 500c	9	0,111111111	0,243307852
Dragonfish	3	0,333333333	0,729923555

Já para os critérios de Performance do SARP e Carga Paga, foi utilizado o método de comparação paritário com a escala de Saaty (tabela 3), pois é entendido que dado o contexto e a finalidade da operação não uma relação exata entre os parâmetros exatos das SARP e a importância dela para o cumprimento da missão, como exemplo pode-se citar que uma aeronave com o raio de ação três vezes maior que a outra, não possui uma prioridade relativa três vezes maior nesse aspecto, pois desde que as duas atendam os aspectos mínimos, a vantagem de uma em relação a outra não é tão superior quanto se leva a crer.

Dessa forma, utilizando a escala Saaty o decisor consegue estabelecer de forma mais acurada a prioridade relativa dos SARP nesses critérios.

Ressalta-se ainda para a análise da carga paga, foi levado em consideração não só a capacidade de peso de payload que a aeronave suporta, mas também as características físicas das câmeras (*hardware*) das aeronaves e como elas afetam o cumprimento da missão, bem como seus softwares.

Sendo assim, as tabelas 16, 17 e 18 mostram as decisões de prioridades relativas das alternativas nos subcritérios de Performance do SARP, sendo respectivamente os Autonomia, Raio de Ação e Velocidade Máxima. Já a tabela 19 mostra as decisões de prioridade relativas das alternativas no critério de Carga Paga.

Tabela 15 - Prioridade relativa dos SARP com relação a Autonomia

	ScanEagle	Nauru 500c	DragonFish Pro	Prioridade Relativa
ScanEagle	1	2	4	0,571428571
Nauru 500c	1/2	1	2	0,285714286
DragonFish Pro	1/4	1/2	1	0,142857143
SOMA	1,75	3,50	7,00	

Tabela 16 - Prioridade relativa dos SARP com relação ao Raio de Ação

	ScanEagle	Nauru 500c	DragonFish Pro	Prioridade Relativa
ScanEagle	1	1	2	0,4
Nauru 500c	1	1	2	0,4
DragonFish Pro	1/2	1/2	1	0,2
SOMA	2,50	2,50	5,00	

Tabela 17 - Prioridade Relativa dos SARP com relação à Velocidade Máxima

	ScanEagle	Nauru 500c	DragonFish Pro	Prioridade Relativa
ScanEagle	1	2	2	0,5
Nauru 500c	1/2	1	1	0,25
DragonFish Pro	1/2	1	1	0,25
SOMA	2,00	4,00	4,00	

Tabela 18 - Prioridade Relativa dos SARP com relação a Carga Paga

	ScanEagle	Nauru 500c	DragonFish Pro	Prioridade Relativa
ScanEagle	1	4	6	0,68529412
Nauru 500c	1/2	1	3	0,22132353
DragonFish Pro	1/6	1/3	1	0,09338235
SOMA	1,42	5,33	10,00	

Observa-se, pelas tabelas de 16 a 19 que de forma geral nesses critérios o ScanEagle obteve uma preferência geral em relação aos outros dois sistemas, e entre o Nauru 500c e o DragonFish Pro houve uma vantagem do Nauru 500c, isso se dá pelo tamanho das aeronaves e dos seus sistemas, o ScanEagle é a maior de todas aeronaves e que possui uma estação de solo mais robusta e potente, o que permite como que o sistema em geral tenha uma performance melhor em relação aos outros além disso possui maior capacidade de carga paga e uma câmera projetada para integrar esse sistema o que permite obter uma melhor performance também nesse quesito.

O DragonFish por ser a menor aeronave e a mais portátil de todas acaba perdendo um pouco em performance, além disso sua propulsão totalmente elétrica faz com que sua autonomia seja bastante reduzida.

Com todas as prioridades relativas estabelecidas é possível realizar a sintetização das prioridades relativas dos subcritérios de níveis mais baixos para o estabelecimento da prioridade relativa nos critérios de níveis superiores hierárquicos, ponderados pelas prioridades já estabelecidas previamente.

Dessa forma a tabela 20 indica a prioridade global das alternativas no critério de Performance do SARP, com base nas prioridades relativas das alternativas no subcritérios, bem como dos subcritérios em si.

Tabela 19 - Prioridade com relação a Performance do SARP

	Autonomia	Raio de Ação	Velocidade máxima	Prioridade Global
Prioridade Relativa	0,30	0,61	0,09	
ScanEagle	0,571428571	0,4	0,5	0,4609673
Nauru 500c	0,285714286	0,4	0,25	0,351884
DragonFish Pro	0,142857143	0,2	0,25	0,1871488

Observa-se que conforme esperado, pelo fato do ScanEagle se sobrepôr em todos os subcritérios da Performance do SARP este foi o que obteve a maior prioridade Global neste critério com aproximadamente 46,09%, já o Nauru 500c ficou com 35,19% e o DragonFish Pro com 18,71%

Já a tabela 21 indica a prioridade global das alternativas no critério de Transportabilidade, com base nas prioridades relativas das alternativas no subcritérios, bem como dos subcritérios em si.

Tabela 20 - Prioridade com relação a Transportabilidade

	Peso de Transporte	Volume de Transporte	Prioridade Global
Prioridade Relativa	0,33	0,67	
ScanEagle	0,01199501	0,026769	0,0218441
Nauru 500c	0,038000192	0,243308	0,174872
DragonFish Pro	0,950004798	0,729924	0,803284

Como também era esperado o fato de ser mais leve e possuir um menor volume fez com que o DragonFish Pro tivesse uma maior prioridade relativa dentro do critério transportabilidade e conseqüentemente o ScanEagle a menor prioridade neste quesito dado seus grandes volumes e pesos a serem transportados.

Após a síntese das prioridades relativas nos níveis mais baixos em uma prioridade global nos níveis mais altos, estas prioridades globais se tornam a prioridade relativa do critério de forma a serem sintetizadas junto com as outras prioridades relativas dos outros critérios para se obter a prioridade global do SARP mais adequado a condução de fogos da artilharia de campanha do CFN conforme é apreentado pela tabela 22.

Tabela 21 - Prioridade dos SARP para a condução de fogos da artilharia de campanha do CFN

	Performance do SARP	Carga Paga	Limite de Operação	Transportabilidade	Prioridade Global
Prioridade Relativa	0,37578671	0,173688811	0,327316434	0,12320804	
ScanEagle	0,460967259	0,685294118	0,148514851	0,0218441	0,34355601
Nauru 500c	0,351883968	0,221323529	0,495049505	0,174872	0,35425821
DragonFish Pro	0,187148773	0,093382353	0,356435644	0,803284	0,30218578

Ao final do método observa-se que o SARP com maior prioridade é o Nauru 500c com aproximadamente 35,4% da prioridade global, e muito próximo desta prioridade se encontra o ScanEagle com 34,3% e por último não muito distante o DragonFish Pro com 30,2%

4.1 - Análise de Sensibilidade

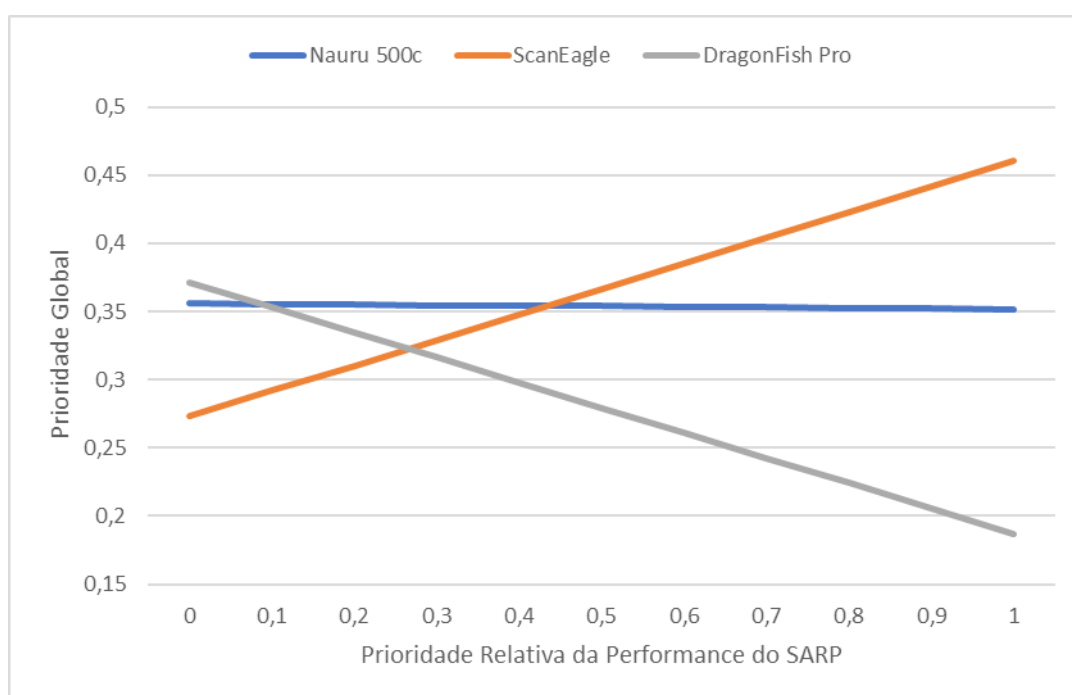
Devido à proximidade dos valores encontrados na resposta do método decidiu-se realizar uma análise de sensibilidade aos valores de prioridade relativa para o critério de maior prioridade, que no caso é a Performance do SARP, para isso, manteve-se os outros critérios com valores proporcionais ao que eles possuíam com a sobra da prioridade relativa, retirando-se o valor da Performance do SARP.

Sedo assim temos que a Performance do SARP possui 37,578% da prioridade relativa, sobrando aos outros critérios 62,421%, dessa porcentagem a carga paga possui 27,287%, o Limite de Operação possui 52,436% e Transportabilidade possui 19,738%. Variando o valor de Performance do SARP de 0 até 1 e mantendo constantes essas porcentagens de sobra dos outros critérios tem-se o gráfico de prioridade global da figura 13.

Observa-se na figura 13 que em valores baixos de prioridade para a Performance, até aproximadamente 10% o DragonFish Pro se sobressai aos outros SARP, devido a sua alta transportabilidade, que possui uma grande dominância em

relação aos outros sistemas, porém quando a prioridade da performance começa a aumentar o valor DragonFish cai e o Nauru 500c se torna o SARP com maior prioridade Global e se mantém assim até aproximadamente 43% da prioridade relativa da performance, a partir de então com a crescente do valor do ScanEagle ele se torna dominante até o fim do gráfico, o que é esperado dado a sua dominância no quesito performance.

Figura 13 - Prioridades Globais com relação a importância da Performance



Ressalta-se que a performance influencia principalmente o ScanEagle que aumenta sua prioridade global com o aumento da prioridade relativa da performance e o DragonFish Pro que reduz sua curva de prioridade global, já o Nauru 500c pouca influência recebe e se mantém praticamente constante a variação da prioridade relativa da performance.

Assim, dentro da faixa 10% até 43% o SARP Nauru 500c é aquele que, por este método e com essas escolhas de decisão, foi o que obteve maior prioridade, ressalta-se que dado os quatro critérios possuírem significativa importância para o cumprimento da missão, e que em uma divisão igualitária de pesos, a 25% cada, o Nauru 500c seria o SARP mais adequado, bem como, também foi com o peso de 37,57% encontrado para este critério após as decisões neste trabalho conforme tabela 9.

5 CONCLUSÃO

No presente estudo, foi realizado um processo de priorização de Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) para a condução de fogos da artilharia de campanha do Corpo de Fuzileiros Navais, utilizando o método de apoio à decisão AHP. Foram comparados três modelos de SARP: ScanEagle, Nauru 500c e DragonFish Pro.

Os critérios de análise utilizados foram Performance do SARP, Carga Paga, Limite de Operação e Transportabilidade. Com base nos resultados obtidos, foi observado que o ScanEagle se destacou em termos de Performance do SARP e Carga Paga, porém apresentou limitações em relação à Transportabilidade e ao Limite de Operação. De forma geral o que permitiu o ScanEagle ter uma boa Performance e uma boa capacidade com sua Carga Paga foi o que limitou ele transportabilidade e limite de operação.

O Nauru 500c foi o melhor em Limite de Operação, enquanto ficou em uma posição intermediária nos demais critérios. De forma geral o Nauru foi o sistema que ficou em posição mediana na maioria dos critérios nem se destacando positivamente nem negativamente.

Por sua vez, o DragonFish Pro obteve a melhor pontuação em transportabilidade, mas apresentou desempenho inferior nos outros dois critérios. Contrariamente ao ScanEagle o DragonFish Pro por ser uma aeronave menor e com sistema mais leve acabou tendo sua performance deteriorada em comparação ao outros.

Portanto, de forma geral todos os sistemas pontos positivos compensados com pontos negativos o que gerou uma certa paridade no resultado final, porém o Nauru 500c foi determinado como o sistema com a maior prioridade para atender às necessidades de condução de fogos da artilharia de campanha dos Fuzileiros Navais com aproximadamente 35,4%. O ScanEagle ficou em segundo lugar com aproximadamente 34,3%, seguido pelo DragonFish Pro com 30,2%.

É importante ressaltar que esta análise se concentrou exclusivamente nos critérios considerados essenciais para o cumprimento da missão, sem levar em conta outros fatores relevantes, como custos de aquisição e operação dos sistemas e aspectos logísticos de manutenção, tais como reparos de maior escalão, aquisição de sobressalentes e rotinas básicas de prevenção. Para uma eventual aquisição

desses meios, é crucial considerar esses fatores adicionais, uma vez que podem ter um impacto significativo na viabilidade e sustentabilidade do sistema escolhido.

Dada a proximidade dos resultados obtidos entre os SARP's avaliados, é provável que os fatores financeiros, operacionais e logísticos desempenhem um papel importante na decisão final caso se tenha a intensão de compra. Recomenda-se que, em estudos futuros, esses aspectos sejam abordados de forma a fornecer uma análise mais abrangente e aprofundada, a fim de facilitar uma tomada de decisão informada e holística sobre a aquisição de meios.

6 REFERÊNCIAS

Airway. Scaneagle. Disponível em: <https://www.airway.com.br/marinha-do-brasil-cria-seu-primeiro-esquadrao-de-aeronaves-nao-tripuladas/scaneagle/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

BALL, Mike. **United States Marine Corps Selects InstantEye Multi-Mission UAS.** Unmanned System Technology em 06 de fevereiro de 2018. Disponível em: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2018/02/united-states-marine-corps-selects-instanteye-multi-mission-uas/> Acesso em: 19 jul. 2023.

BRASIL. Comando da Aeronautica ,Departamento de Controle do Espaço Aéreo, Publicação ICA 100-40. **Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro.** Brasília, 2023.

_____.Exercito Brasileiro, Comando de Operações Terrestres, Publicação CI 6-135/1. **CONDUÇÃO DO TIRO DE ARTILHARIA PELO COMBATENTE DE QUALQUER ARMA.** Brasília, 2023.

_____.Exercito Brasileiro, Comando de Operações Terrestres, Publicação EB70-MC-10.346. **PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO DE FOGOS.** Brasília, 2017.

_____.Exercito Brasileiro, Estado Maior do Exercito, Publicação EB20-MC-10.206. **FOGOS.** Brasília, 2015.

_____.Exercito Brasileiro, Estado Maior do Exercito, Publicação C6-130. **TÉCNICA DE OBSERVAÇÃO DO TIRO DE ARTILHARIA DE CAMPANHA.** Brasília, 1990.

_____.Marinha do Brasil, Estado Maior da Armada, Publicação EMA-305. **Doutrina Militar Naval.** Brasília, 2017.

_____.Marinha do Brasil, Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais, Publicação EMA-50.2.**Manual de Artilharia de Campanha de Fuzileiros Navais.** Rio de Janeiro, 2020.

_____. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa.** Disponíveis em:https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/politica-nacional-de-defesa. Acesso em: 29 maio 2021.

BORNIA, Antonio Cezar; WERNKE, Rodney. **A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais**. Revista Contabilidade & Finanças. FIPECAPÍ – FEA – USP. v.14, n. 25, p. 60- 71, jan./abr. 2001.

CAIAFA, Roberto. **Marinha do Brasil ativa 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas**. Infodefesa em 14 de julho de 2022 Disponível em: <https://www.infodefesa.com/texto-diario/mostrar/3821737/marinha-do-brasil-ativa-1-esquadro-aeronaves-remotamente-pilotadas-esqdqe-1> Acesso em: 19 jul. 2023.

COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica – Análise Multicritério no Auxílio à Decisão**, Niterói; Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF, 2002.

DAS, Pushan. **India Quest for armed drones**. Mint em 05 de julho de 2017 Disponível em: <https://www.livemint.com/Opinion/hpxdEflKwLNevb0oQ997kl/Indias-quest-for-armed-drones.html> Acesso em: 19 jul. 2023.

ECKSTEIN, Megan. RIMPAC 2016: **Marines Test UAVs for Artillery Calls for Fire, Close Air Support**. USNI News, Havaí, 1 ago. 2016. Disponível em: <https://news.usni.org/2016/08/01/rimpac-2016-includes-shadow-uavs-for-artillery-calls-for-fire-close-air-support>. Acesso em: 19 jul. 2023.

GORE, Leada. *Al.com* em 09 de março de 2016. Disponível em: https://www.al.com/news/2016/03/pentagon_admits_using_drones_t.html Acesso em: 19 jul. 2023.

INSITU, Boeing. **Sistemas de aeronaves não tripuladas ScanEagle®**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.boeing.com.br/resources/po_BR/LAAD-2015/Bkgd_ScanEagle.pdf. Acesso em: 19 jul. 2023.

JUNIOR, Cezar A R L. **A Seção de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP) da Bateria de Busca de Alvos da Artilharia de Corpo de Exército**. Orientador: Flávio Zylberberg Balbino Figueira. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Defesa Nacional) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, [S. l.], 2022.

LEMONS, Roe S. **The World's Best Military Needs a Facelift: The Implications of Contemporary Russian Strategy on the U.S. Military's Preparedness**. 2016. Master's Thesis (MASTER OF MILITARY STUDIES) - Marine Corps University, [S. l.], 2017.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. **O uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: Um estudo de caso**. XLI SBPO - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, [S. l.], p. 1778-1788, 4 set. 2009.

MESSIAS, Carlos. *Forbes* em 20 de novembro de 2019 Disponível em: <https://forbes.com.br/negocios/2019/11/mercado-global-de-drones-agita-players-brasileiros/> Acesso em: 19 jul. 2023.

Oliveira, Ricardo Carvajal. **Emprego das Aeronaves Remotamente Pilotadas em prol da Segurança Marítima: segundo os ensinamentos da teoria de John Boyd**. Rio de Janeiro, 2021.

OLIVEIRA, Mauricio José Lopes. **SARP: uma nova ameaça no campo de batalha do século XXI**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2021. Disponível em: <https://eblog.eb.mil.br/index.php/menu-easyblog/sarp-uma-nova-ameaca-no-campo-de-batalha-do-seculo-xxi.html>. Acesso em: 19 jul. 2023.

PASSOS, A. C. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PEREIRA, Alessandro Pires Black. **As novas asas da Marinha: o SARP-E ScanEagle e a 5ª fase da Aviação Naval**. Revista da Aviação Naval v.50 nº80. Rio de Janeiro, 2020

QUADROS, Marcelo Maza. **Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP): A Capacitação de Pessoal para Operação dos SARP na Marinha do Brasil**. Monografia (Curso de Estado Maior para Oficiais Superiores) - Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, 2014.

ROBOTICS, Autel. **Dragonfish Series: Command The Future**. Disponível em: <https://www.autelrobotics.com/productdetail/dragonfish-series-drones.html#jsgs>. Acesso em: 19 jul. 2023.

RONYMO, Eduardo Jorge. **O Emprego do SARP em Operações Militares - Capacidades**. 2018. Projeto de pesquisa (Pós-graduação lato sensu em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Resende, 2018.

SAATY, Thomas Lorie. **The Analytic Hierarchy Process**. N. York, USA McGraw-Hill. 1980

SANTOS, Thales Magalhães dos. **TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (SARP) NA CONDUÇÃO E OBSERVAÇÃO DOS FOGOS DE ARTILHARIA**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharel em Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2017.

USA, Headquarters, Department of the Army. **Army Unmanned Aircraft System Operations**. Washington, DC, 2006.

WILTGEN, Guilherme. *Defesa Aérea & Naval* em 09 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/operacao-formosa-2022-marinha-realiza-treinamento-com-mais-de-3-mil-militares-no-centro-oeste> Acesso em: 19 jul. 2023.

_____. *Defesa Aérea & Naval* em 29 de junho de 2022 Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/aviacao/comando-da-forca-aeronaval-realizara-cerimonia-de-ativacao-do-1o-esquadrao-de-aeronaves-remotamente-pilotadas-qe-1> Acesso em: 19 jul. 2023.

XMOBOTS, Nauru 500. **Incomparável Nauru 500 ISR**. [S. /], Disponível em: <https://xmobots.com.br/nauru500c-isr/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

_____. **Em treinamento para o Exército Brasileiro, examinadores XMobots credenciados pela ANAC realizam check de operadores do sistema**. Em 08 de março de 2022 disponível em: <https://xmobots.com.br/em-treinamento-para-o-exercito-brasileiro-examinadores-xmobots-credenciados-pela-anac-realizam-check-de-operadores-do-sistema/> Acesso em: 19 jul. 2023.