



ESCOLA NAVAL



talant de bi-faire

Tiago Alexandre Vieira Amador

**Emprego de SNT-Aer (sistemas não tripulados aéreos) na segurança de
unidades navais**

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha**



Alfeite

2024



ESCOLA NAVAL



la sainte & biefaire



Tiago Alexandre Vieira Amador

Emprego de SNT-Aer (sistemas não tripulados aéreos) na segurança de unidades navais

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na especialidade de Marinha

Orientação de: 2TEN M Emanuel Rodrigues Marante

Coorientação de: CMG Santos Martinho

O Aluno Mestrando,

O Orientador,



Assinado por: Tiago Alexandre
Vieira Amador
Identificação: B130047775
Data: 2024-06-22 às 20:33:08

Tiago Alexandre Vieira Amador

Assinado por: **Emanuel Rodrigues Marante**
Num. de Identificação: 14321727
Data: 2024.06.20 23:02:43 +01'00'

Emanuel Rodrigues Marante

Alfeite
2024

Agradecimento

Gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Tenente Rodrigues Marante, pela sua inestimável ajuda, disponibilidade e atenção ao longo de todo o trabalho. O seu conhecimento e orientação foram essenciais para a concretização e finalização deste projeto, que desde o início abraçou com entusiasmo.

Aos Senhores Oficiais que apresentaram disponibilidade nas diversas entrevistas e intervenções com o signatário, que tanto ajudaram a realização deste projeto. Assim agradeço aos Srs. Oficiais: CMG Santos Martinho, CFR Neves Simões, CFR Faias Martins, CTEN Silva Precioso, 1 TEN Santos Bica, 1TEN Varela Simões, 1TEN Sampaio Pereira, 1 TEN Castro Fernandes, 2TEN Lobo Sénica, 2TEN Hipólito Lopes.

À minha família e namorada pelo constante apoio durante esta fase final da Escola Naval. Finalmente, aos camaradas e amigos, por estarem sempre presentes e proporcionarem “momentos de incentivo”.

Esta conquista é, em grande parte, fruto da vossa presença e colaboração.

Resumo

A evolução tecnológica dos últimos anos tem remodelado profundamente as estratégias em operações militares. Os Sistemas não tripulados aéreos (SNT-Aer), também conhecidos como “*Drones*” e originalmente criados para fins militares têm-se mostrado recursos valiosos, oferecendo vantagens estratégicas, táticas e operacionais às forças que utilizam os mesmos nos mais diversos teatros de operação.

Este estudo tem como objetivo analisar o impacto de sistemas não tripulados aéreos na dinâmica bélica, explorando as suas capacidades no contexto da segurança de unidades navais. Compreender as suas potencialidades e limitações, destacando tanto as vantagens quanto as desvantagens dos diversos tipos de sistemas já utilizados a nível nacional e internacional em vários cenários militares.

Para a realização deste estudo, o signatário, propõe explorar o sistema de desenvolvimento e integração *DOTMLPF-I*, utilizado na *NATO* para a edificação de novas capacidades, com o intuito de propor um sistema que melhor se adeque na segurança de unidades navais e a respetiva implementação desta capacidade em navios da marinha portuguesa.

Palavras-Chave

Evolução tecnológica, SNT-Aer, *DOTMLPF-I*, Unidades Navais, Teatros de Operação

Abstract

In recent years, rapid technological progress has notably transformed the strategies employed in military operations. Unmanned Aerial Systems (UAS), commonly known as “drones” and initially designed for military purposes, have proven to be valuable assets, offering strategic, operational, and tactical advantages to the forces employing them across various operational theaters.

This dissertation presents a study to examine the impact of drones on the dynamics of warfare, delving into their strategic and tactical influences within the context of naval unit security. The objective is to comprehend their capabilities and limitations, shedding light on both the advantages and disadvantages of various types of systems used nationally and internationally across different military scenarios.

For the accomplishment of this study, the undersigned proposes to explore the DOTMLPF-I development and integration system, used by NATO for the construction of new capabilities, with the aim of proposing a system that best suits the security of naval units and the respective implementation of this capability in Portuguese navy ships.

Keywords: Technological evolution, UAS, *DOTMLPF-I*, Naval Units, Operational Theaters

Índice

INTRODUÇÃO	1
PERTINÊNCIA DO TEMA	1
METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO	2
OBJETIVOS	6
1. CRIAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO DOS SNTS-AER	9
2. ATUALIDADE DOS SISTEMAS NÃO TRIPULADOS	13
2.1 CONCEITO DE SISTEMA NÃO TRIPULADO	13
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SNTs	19
2.3 AUTONOMIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	24
2.4 SISTEMAS NÃO-TRIPULADOS AÉREOS PELA MARINHA PORTUGUESA	26
2.4.1 Exercício <i>Dynamic Messenger</i>	30
2.5 INVESTIGAÇÃO DE SISTEMAS/APLICAÇÕES ESTRANGEIRAS COM USO DE SNT-AER	32
2.5.1 Conflito Ucrânia- Rússia	32
2.5.2 Países NATO e SNTs	40
3. UTILIZAÇÃO DE SNTS-AER EM DIVERSOS TIPOS DE CENÁRIO	45
3.1 INTELLIGENCE, SURVEILLANCE AND RECONNAISSANCE	47
3.2 ANTI-SUBMARINE WARFARE	51
3.3 ANTI-SURFACE WARFARE (ASUW)	52
3.4 NAVAL FIRE SUPPORT (NFS)	53
3.5 AMPHIBIOUS OPERATIONS	54
3.6 CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO MARÍTIMO E ANTI-AIR WARFARE (AAW)	55
3.7 OUTROS TEATROS DE OPERAÇÃO	56
3.8 VULNERABILIDADES	57
3.8.1 Condições Meteorológicas	57
3.8.2 Limitações tecnológicas	57
3.8.3 Countermeasures UAS (C-UAS)	58
4. EDIFICAÇÃO DOS SNT NA MARINHA PORTUGUESA	63
4.1 DOCTRINA	63
4.2 ORGANIZAÇÃO	64
4.3 TREINO	65
4.4 MATERIAL	66
4.5 LIDERANÇA	66

4.6 PESSOAL	67
4.7 INFRAESTRUTURAS E INTEROPERABILIDADE	67
ANÁLISE DE DADOS	69
<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>	72
<i>Anti-Submarine Warfare</i>	74
<i>Anti-Surface Warfare (ASUW)</i>	77
<i>Outros teatros de operação</i>	79
<i>Vulnerabilidades e C-UAS</i>	80
<i>Edificação da capacidade UAS na Marinha Portuguesa</i>	81
CONCLUSÃO	85
BIBLIOGRAFIA	91
APÊNDICES	99
APÊNDICE A – LISTA DE ENTREVISTAS ESTRUTURADAS E SEMI-ESTRUTURADAS	99
APÊNDICE B- GUIA DE ENTREVISTA X-31	100
APÊNDICE C- GUIA DE ENTREVISTA CEOV	101
APÊNDICE D- GUIA DE ENTREVISTA SR. TENENTE RODRIGUES MARANTE	102
APÊNDICE E– CARACTERÍSTICAS DOS UAS DA MARINHA PORTUGUESA	103
APÊNDICE G – SNTs USADOS NO CONFLITO UCRÂNIA-RUSSIA	104
ANEXOS	107
ANEXO A – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DIFERENTES TIPOS DE SENSORES	107
ANEXO B- NÍVEIS DE AUTONOMIA PARA SISTEMAS AÉREOS NÃO TRIPULADOS AÉREOS.	108
ANEXO C – EXEMPLO DE EQUIPAMENTO C-UAS	109
<i>Smart Shooter</i>	109
<i>Drone Buster</i>	110
<i>MODI</i>	111
<i>Bal Chatri 2</i>	111
<i>Borisoglebsk-2</i>	112
ANEXO D – VISÃO DA NATO PARA A CAPACIDADE UAS	113
ANEXO E – NÍVEIS DE INTEROPERABILIDADE ESTABELECIDOS NO STANAG 4586	116
ANEXO F- CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS NÃO TRIPULADOS DAS FORÇAS ARMADAS	117

Índice de figuras

Figura 1- Etapas da estratégia de investigação qualitativa.	3
Figura 2- UAS Elements.	15
Figura 3- Arquitetura Funcional do UAS.	15
Figura 4- UAS communication links.	18
Figura 5- Esquema de operações UAS Classe III.	23
Figura 6- Níveis de autonomia para sistemas aéreos não tripulados.	25
Figura 7- Relação entre número de UASs em relação ao tempo de conflito.	32
Figura 8- Kropyva Defense Mapping Software.	34
Figura 9- Russia's reconnaissance fire and reconnaissance strike concepts.	36
Figura 10- Lancet UAV.	39
Figura 11- Shahed 136 UAV.	39
Figura 12- UAS Russos utilizados e objetivos de emprego.	39
Figura 13- Human Dependence vs Autonomy Dependence.	42
Figura 14- Scouting Discretion.	48
Figura 15- Maritime Operational Area.	50
Figura 16- UAS Supporting ASW.	52
Figura 17- UAS Supporting ASUW for a Non-LOS engagement.	53
Figura 18- UAS Supporting Amphibious Ops and Naval Fire Support.	54
Figura 19- Theatre/Battle Group UAS C2.	55
Figura 20- Ciclo de operações C-UAS	59
Figura 21- Contramedidas usadas em sistemas UAV (C-UAV).	60
Figura 22- Desafios e facilidades para sensores e efetores C-UAS.	61
Figura 23- Revisão das etapas da estratégia de investigação qualitativa.	69
Figura 24- Sistema Smart Shooter.	109
Figura 25- Sistema C-UAS Drone Buster.	110
Figura 26- Sistema portátil MODI.	111
Figura 27- Sistema C-UAS russo Borisoglebsk-2.	112

Índice de tabelas

Tabela 1- Classificação pela intensidade do vento.	19
Tabela 2- Classificação por altitude máxima.....	19
Tabela 3- Classificação por alcance e autonomia.	19
Tabela 4- Classificação por peso.	20
Tabela 5- Classificação NATO dos Sistemas não tripulados.....	21
Tabela 6- Vantagens e limitações de UAVs de asa fixa e rotativa.	77
Tabela 7- Lista de entrevistas estruturadas e semi-estruturadas.....	99
Tabela 8- Características de SNTs da Marinha Portuguesa	103
Tabela 9- SNTs usados no conflito Ucrânia-Russia.	106
Tabela 10- Vantagens e desvantagens de diferentes tipos de sensores.	107
Tabela 11- Níveis de autonomia para UAS dos EUA.	108
Tabela 12- Modelo DOTMPLII-I pela NATO.....	115
Tabela 13- Níveis de Interoperabilidade estabelecidos no STANAG 4586.	116
Tabela 14- Caracterização dos principais UAS do DoD.	123

Índice de ilustração

Ilustração 1- Caracterização das 3 principais áreas na escolha de UAS.	49
--	----

Lista de abreviaturas e Acrónimos

AAW- Anti-Air Warfare

ABCS- Army Battle Command System

ACO- Airspace Control Order

ACO- Allied Command Operations

ACP- Airspace Control Plan

ATO- Air Tasking Order

ADP- Allied Data Publication

AFLC- Air Force Learning Committee

AMN- Autoridade Marítima Nacional
and Interoperability

ASUW- Anti-surface Warfare

ASVs- Autonomous Surface Vehicle

ASW- Anti-Submarine Warfare

ATO- Air Tasking Order

AUV- Autonomous Underwater Vehicle

BDA- Battle Damage Assessment

BLOS- Beyond Line of Sight

C2- Comando e Controlo

CAS- Close Air Support

CCD- Camouflage, Concealment, and Deception

CCI- Command and Control Interface

CCISM- Command and Control Interface Specific Module

CEMA- Chefe de Estado-Maior da Armada

CEO- Conceito de Emprego Operacional

CEOM- Centro de Experimentação Operacional da Marinha

CEOV- Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados

CGS- Common Ground System

COMAR- Centro de Operações Marítimas

COMNAV- Comando Naval

CONEMP- Concept of Employment

CONOPS- Concept of operations

C-UAS- Countermeasures UAS

CUCS- Core UCS

DLI- Data Link Interface

DoD- U.S. Department of Defense

DOTMLPFI- Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities and Interoperability

DYMS23- Dynamic Messenger 2023

EAU- Emirados Árabes Unidos

EEIN- Espaço Estratégico de Interesse Nacional

EMA- Estado Maior da Armada

EMGFA- Estado Maior General das Forças Armadas

EO- Eletro-Óticos

EUA- Estados Unidos da América

EW- Electronic Warfare

FAP- Força Aérea Portuguesa

FFAA- Forças Armadas

FMDC- Force Management Development Council

FMV- Full-Motion Video

FPV- First Person View

GBS- Global Broadcast System

GNSS- Global Navigation Satellite Systems

GPS- Global Position System

GT- Grupo de Trabalho

HCI- Human-Computer Interface

IA- Inteligência Artificial

ID&I- Ivestigação, Desenvolvimento & Inovação

IDA- Institute for Defense Analyses

INS- Inertial Navigation System

IOA- Instrução Operacional da Armada

IR- Sensores Infravermelhos

ISR- Intelligence, Surveillance e Reconnaissance

ISRT- Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, and Targeting

ISTAR- Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance

JAPCC- Joint Air Power Competence Centre

JSC- Joint Strategic Command

LIDAR- Light Detection and Ranging

LOI- Level of Interoperability

LOS- Line of Sight

LWIR- Long-Wave Infrared

MAD- Magnetic Anomaly Detector

MASINT- Measurement and Signature Intelligence

MLRS-Multiple Launch Rocket System

MP- Marinha Portuguesa

MWIR- Mid-Wave Infrared

NAI- Named Areas of interest

NATO- North Atlantic Treaty Organization

NFS- Naval Fire Support

NMUSI- NATO Maritime Unmanned Systems Initiative

NPO- Navio Patrulha Oceânico

OPEX- Operação de Experimentação Operacional

OSRVT- One System Remote Video Terminal

OTHT- Over the Horizont Targeting

PME- Professional Military Education

PR- Personnel Recover

REP- Recognized Environmental Picture Atlantic Exercise

REPMUS- Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime

RF- Radiofrequências

ROVER- Remotely Operated Video Enhanced Receiver

RPV- Remotely Piloted Vehicle

RVT- Remote video terminal

SAR- Synthetic Aperture Radar

SDS- Sonobuoy Dispensing System

SEAD- Suppression of Enemy Air Defences

SF- Sistema de Forças

SIGINT- Signals Intelligence

SNT-Aer- Sistemas Não Tripulados Aéreos

SODCIT- Strategic Operation for the Destruction of Critically Important Targets

STANAG- NATO Standardization Agreement.

SUAS- Small Unmanned Aerial Systems

SWIR- Short-Wave Infrared

TAI- Target Areas of Interest

TI- Thermal Imager

TTP- Táticas, Técnicas e Procedimentos

UA- Unmanned Aircraft

UAS- Unmanned Aircraft System

UAV- Unmanned Aerial Vehicles

UCS- Unmanned Aerial Vehicle Control System

UGS- Unmanned Ground Systems

USS- Unmanned Surface Systems

USV- Unmanned Surface Vehicle

UUS- Unmanned underwater systems

UUV- Unmanned Underwater Vehicle

VSM- Vehicle Specific Module

VTOL- Vertical Take-Off and Landing

Glossário

«Classificação» - *Classification*, Capacidade de determinar e caracterizar um contacto, de modo a determinar a sua classe e tipo (NATO, 2017a, pp.2-10).

«Core UCS» - Fornece ao operador UA a funcionalidade para operar todas as fases de uma missão UA (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Contramédidas» - *Countermeasures*, Emprego de dispositivos, táticas, técnicas ou procedimentos com o objetivo de prejudicar a eficácia operacional da atividade inimiga (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Comunicação de Dados» - *Data Communication*, Transferência de informações entre unidades funcionais por meio de transmissão de dados segundo um protocolo (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Data Link» - O meio que permite a transferência de dados de um local a outro (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Interface de link de dados» - *Data Link Interface (DLI)*, A interface entre o VSM e o elemento central do UCS. Fornece mensagens e formatos padrão para permitir a comunicação entre uma variedade de UAs e estações de controle padronizadas da NATO (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Guerra Eletrônica» - *Electronic Warfare (EW)*, Ação militar que explora o espectro eletromagnético. Através da procura, intercepção e identificação de emissões eletromagnéticas, o direcionamento de emissões para reduzir ou prevenir o uso hostil do espectro eletromagnético. (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Exercício» - *Exercise*, Operações simuladas com planeamento, preparação e execução com o objetivo de treinar e avaliar o desempenho de forças em operação (NATO, 2017a, pp.2-11).

«Inteligência» - *Intelligence*, Processamento de informações relativa a forças estrangeiras, hostis ou potencialmente hostis em áreas de operações reais (NATO, 2017b, pp.2-13).

«Interoperabilidade» - *Interoperability*, Capacidade de forças aliadas treinarem e operarem eficazmente em conjunto na execução das missões e tarefas atribuídas (NATO, 2017b, pp.2-13).

«Reconhecimento» - *Reconnaissance*, Operação realizada para obter, por observação visual ou outros métodos de deteção, informações sobre as atividades e recursos de um inimigo ou potencial inimigo; ou para obter dados relativos às características meteorológicas e hidrográficas de uma determinada área (NATO, 2017b, pp.2-15).

«Software» - Conjunto de procedimentos, programas e documentação relacionada à operação de um sistema de processamento de dados (NATO, 2017b, pp.2-16).

«Standardisation» - Desenvolvimento e implementação de conceitos, doutrinas, procedimentos e projetos para alcançar e manter os níveis necessários de compatibilidade nos campos operacional, processual, material, técnico e administrativo para alcançar a interoperabilidade (NATO, 2017b, pp.2-16).

«Surveillance» - Observação sistemática de áreas com o objetivo de monitorizar e recolher informações da mesma (NATO, 2017b, pp.2-16).

«Aquisição de Alvos» - *Target Acquisition*, Deteção, identificação e localização de um alvo para permitir o emprego eficaz de armas. Este progressivamente mais aplicado ao reconhecimento, seja para recolher informações ou para sinalizar diretamente os sistemas de armas (NATO, 2017a, pp.2-17).

«Targeting» - A capacidade de reportar a posição (pode incluir velocidade e direção) de um alvo detetado. As informações de posição devem ser suficientemente precisas para apoiar os requisitos de controle de fogo dos sistemas de armas (NATO, 2017a, pp.2-17).

«Sistema de Aeronave não tripulada» - *Unmanned Aircraft System (UAS)*, Sistema que inclui o UA, *payloads*, *data links*, equipamentos de lançamento e recuperação, *control stations*, estações de exploração de dados e suporte logístico (NATO, 2017a, pp.2-18).

«Battle Damage Assessment (BDA)» - Reconhecimento de danos causados num ataque anterior (NATO, 2017a, pp.2-9).

«*Command and Control Interface (CCI)*» - A interface entre o UCS Core e os sistemas externos C4I externos. Especifica os requisitos de dados que devem ser adotados para a comunicação entre o UCS Core e todos os utilizadores finais C4I através de uma interface comum e normalizada (NATO, 2017a, pp.2-10).

«*Command and Control Interface Specific Module (CCISM)*» - Software e/ou hardware de conversão entre a CCI e sistemas C4I incompatíveis (NATO, 2017a, pp.2-10).

«*Interface*» - Conceito que define a interconexão entre dois equipamentos ou sistemas. A definição inclui o tipo, a quantidade e a função dos circuitos de interconexão através desses circuitos (NATO, 2017a, pp.2-13).

«Operação à linha de vista» - Visual Line of Sight, operação segundo as regras de visual em que o piloto remoto ou o observador da aeronave pilotada remotamente mantém contato visual direto, sem ajuda, com a referida aeronave (DR 1093/2016, 14 de dezembro 2016).

«Operação além da linha de vista» - Beyond Visual Line of Sight, operação onde nem o piloto remoto nem o observador da aeronave pilotada remotamente conseguem manter contacto visual direto, sem ajuda, com a respetiva aeronave (DR 1093/2016, 14 de dezembro 2016).

Introdução

No âmbito do Mestrado Integrado em Ciências Militares Navais, surge a necessidade de explorar uma vertente tecnológica em crescimento no enquadramento operacional: Os Sistemas Não Tripulados Aéreos (SNT-Aer) e a capacidade dos mesmos em operações ofensivas e defensivas em contexto naval.

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida segundo o cumprimento das normas e requisitos definidos no documento *“Normas para Elaboração de Dissertações, trabalhos de projetos ou relatórios”* da Escola Naval.

Pertinência do Tema

A evolução tecnológica dos últimos anos tem revolucionado as estratégias de condução das operações militares, com os sistemas de veículos não tripulados emergindo como meios fundamentais nas estratégias defensivas e ofensivas de várias Forças Armadas (FFAA). Esta evolução resultou no aparecimento e desenvolvimento da utilização de sistemas não tripulados, tornando-se desta forma há vários anos, um dos principais instrumentos de estratégia militar de vários países, na qual salienta-se o exemplo do emprego destes no conflito na Ucrânia de 2022.

Assim é fundamental que tendo em conta as limitações financeiras, materiais e a falta de efetivos que o nosso país dispõe atualmente nas Forças Armadas, exista a capacidade de providenciar uma solução que consiga ser viável nestes mesmos pontos, e assim apresentar-se como financeiramente e pessoalmente vantajosa para as capacidades defensivas e ofensivas de unidades navais.

A presente dissertação encontra-se alinhada com o definido pelo Ex.^a Sr. Almirante CEMA e pela Autoridade Marítima Nacional nas Diretivas Estratégicas da Marinha, onde este referiu a necessidade de, e passo a citar, “Uma Marinha tecnologicamente avançada, que se capacite para a robotização da guerra e de outros domínios, nomeadamente no quadro da transição digital, catalisando o desenvolvimento económico e acelerando a mudança. [...] Potenciar as ciências do mar, contribuindo para o conhecimento multidimensional do espaço

marítimo, com enfoque no mapeamento de alta resolução do fundo marinho e na monitorização ambiental nos espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional, maximizando o emprego de veículos não tripulados para o efeito” (Diretiva Estratégica Da Marinha, 2022). Essas diretrizes destacam a necessidade de uma Marinha tecnologicamente avançada, capaz de se adaptar à robotização da guerra e de outros domínios, como parte fundamental da transição digital. Esse impulso estratégico no âmbito dos SNTs tem sido refletido no Sistema de Forças (SF) desde 2014. No entanto, e apesar desta capacidade ainda se encontrar em edificação, tanto a Marinha como a Força Aérea Portuguesa (FAP) já possuem diversos SNTs operacionais. No que diz respeito à Marinha Portuguesa (MP), além de estabelecer unidades como a Unidade de Sistemas Não Tripulados X-31, o Centro de Experimentação Operacional da Marinha (CEOM) e a Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV), esta tem participado e liderado diversos exercícios internacionais, como o *Dynamic Messenger*²³, *Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime Unmanned Systems* (REPMUS), projeto *ICARUS*, entre outros (Marinha Portuguesa, 2024).

Metodologias de investigação

Para tal, a dissertação adotará o método científico, definido no livro *“Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação”* do Instituto Universitário Militar como o “conhecimento racional, sistemático, exato e verificável da realidade, recorrendo, para tal, a procedimentos e regras baseados num método de investigação científica” (Sousa & Baptista, 2011, p. 6). Este tipo de conhecimento, apresenta-se como o único que gera ciência, destacando neste as seguintes características fundamentais: racional e objetivo; analítico; exige exatidão e clareza; comunicável; verificável; depende de investigação metódica; procura e aplica leis; explicativo; preditivo; aberto e útil (Sousa & Baptista, 2011, p. 7).

Para tal, e no contexto da presente dissertação, irá adotar-se uma “investigação aplicada” com o objetivo de encontrar uma aplicação prática para os novos conhecimentos adquiridos durante a sua realização (Carvalho, 2009, p. 42). Terá ainda em conta

considerações ontológicas, com uma abordagem objetiva às ciências e à realidade como uma estrutura concreta para a observação e estudo científico, sendo estas obtidas previamente através de um raciocínio hipotético-dedutivo desenvolvido por Karl Popper na qual só a partir de uma teoria é possível formular as questões que se pretendem estudar, as quais, por sua vez, irão determinar o tipo de dados a observar (Santos, L. et al, 2019).

Em função da natureza do problema que se pretende estudar no decorrer da dissertação, deve ainda ser adotada uma estratégia de investigação e o correspondente desenho de pesquisa adequado à mesma. Deste modo o signatário pretende seguir uma estratégia qualitativa, na qual pretende, através da exploração do comportamento das perspectivas e das experiências estudadas, desenvolver a capacidade de interpretação da realidade relativamente ao uso de sistemas não tripulados, e assim, alcançar conhecimentos mais profundos do objeto de estudo sem a necessidade de realizar medições e análises estatísticas. Na figura 1 é possível observar um esquema baseado nas etapas da estratégia de investigação qualitativa.

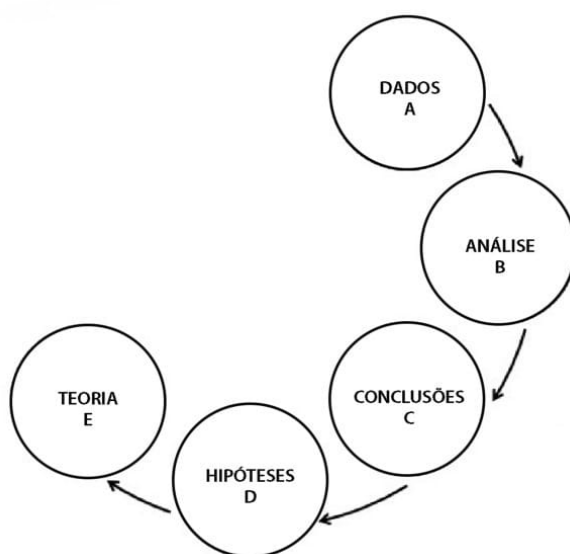


Figura 1- Etapas da estratégia de investigação qualitativa.

Fonte: Santos, L. et al, 2019.

Tendo por base as respetivas etapas, salientam-se as características que definem uma estratégia qualitativa nos seguintes pontos (Santos, L. et al, 2019):

- Apresenta um maior interesse pelo processo de investigação do que pelos resultados;
- O investigador desempenha um papel fundamental na recolha de dados, devendo revelar uma grande sensibilidade ao contexto em que decorre a investigação;
- Os dados da investigação são analisados indutivamente, na medida em que o investigador desenvolve conceitos e chega à compreensão dos fenómenos a partir de padrões encontrados nos dados (não recolhe dados para testar hipóteses);
- A investigação é holística, tendo em consideração a complexidade da realidade;
- O plano de investigação é flexível, uma vez que os sistemas estudados são dinâmicos;
- Utilizam-se procedimentos interpretativos, não experimentais, privilegiando-se a análise de caso ou de conteúdo;

Nas estratégias qualitativas a recolha de dados é efetuada maioritariamente recorrendo a análise de documentos, entrevistas e observação, sendo este o caminho que o signatário pretende seguir ao longo da dissertação. Relativamente às entrevistas, estas podem ser “não estruturadas”, na qual o entrevistador não se segue por um guião e na qual o entrevistador limita as suas intervenções a meras interjeições de incentivo para que o entrevistado continue a transmitir informações; entrevista semiestruturada, onde existe um guião com um conjunto de tópicos e perguntas na qual o entrevistador pretende abordar na entrevista; e entrevista estruturada, sendo que esta consiste na abordagem de assuntos previamente determinados, na qual as perguntas são estruturadas e ordenadas (Santos, L. et al, 2019, pp. 28-29).

A respeito aos tipos de observação, estes podem ser do tipo: observação participante, na qual o investigador integra o meio a observar e vive as atividades desenvolvidas; e observação não participante, sendo o investigador um ator externo que observa o fenómeno “do exterior” sem se integrar na comunidade que está a estudar. Finalmente, a análise documental centra-se na recolha de fontes documentais onde se encontram registados princípios, objetivos e metas (Sousa & Baptista, 2011, pp. 88-89).

Para efeito das presentes orientações metodológicas, o signatário irá ter por base o desenho de pesquisa “estudo de caso”, este enquadra-se no âmbito das estratégias de investigação qualitativas e apresenta uma natureza essencialmente empírica e descritiva, características também observáveis em investigações qualitativas, na qual consiste num “procedimento metodológico através do qual o investigador procura recolher informação detalhada sobre uma única unidade de estudo, podendo essa unidade ser o indivíduo, a comunidade ou até mesmo a nação. Este desenho não tem como objetivo manipular variáveis ou estabelecer relações entre elas, mas sim, descrever de forma rigorosa a unidade de observação, que é o centro da atenção do investigador. Para tal, deverá ser previamente selecionado o tipo de comportamento que se deseja estudar” (Freixo, 2011, p. 109).

Além do último referido, será ainda utilizado o desenho de pesquisa “Pesquisa Histórica”, com o intuito de alcançar os objetivos da pesquisa no contexto operacional. Este desenho de estudo é essencialmente dividido em três fases, correspondentes, de modo geral, às fases de qualquer outro percurso metodológico, sendo estas (Santos, L. et al, 2019, pp. 28-29):

- Heurística, parte preliminar que trata da pesquisa da bibliografia, das fontes, dos documentos, em suma, da reunião dos materiais que mais se ajustem à pesquisa pretendida;
- Análise dos dados, esta consistirá na conjugação da informação obtida das fontes com os estudos de outros autores sobre as mesmas problemáticas e ainda com o contributo de outras disciplinas;
- Síntese, última parte do trabalho histórico, que trata da elaboração sistemática dos elementos colhidos, de forma científica e criadora; corresponde à fase conclusiva.

Em suma, o signatário durante a dissertação utilizará um conjunto de métodos e ideologias de investigação para a realização da mesma, tendo por base o método científico e uma investigação aplicada. Na qual através do raciocínio hipotético-dedutivo de Karl Popper e de uma estratégia qualitativa pretende responder à questão principal e secundárias posteriormente definidas. Será ainda utilizado os desenhos de pesquisa “estudo do caso” e “pesquisa histórica” através da realização de análise documental, entrevistas e observações.

Objetivos

Assim sendo, este estudo tem como objetivo analisar o impacto de sistemas não-tripulados na dinâmica bélica, explorando as suas capacidades estratégicas e táticas no contexto da segurança de unidades navais; e ainda compreender as suas potencialidades e limitações, destacando tanto as vantagens quanto as desvantagens dos diversos tipos de sistemas já utilizados a nível nacional e internacional em vários cenários militares. Pretende-se ainda realizar o estudo da possível implementação dos SNT-Aer na segurança de unidades navais, analisando as suas capacidades e necessidades através da aplicação do sistema de análise *DOTMLPF-I*, um sistema desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*DoD*) e posteriormente adaptado na *NATO* no âmbito do processo de Desenvolvimento e Integração de Capacidades Conjuntas, sendo que este simboliza a *Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities and Interoperability (Joint Air Power Competence Centre, 2018)*, com o intuito de explorar um sistema que melhor se adegue na segurança de unidades navais e a respetiva implementação desta capacidade em navios da Marinha Portuguesa.

Deste modo, a presente dissertação de mestrado tem os seguintes objetivos principais:

- Compreender as capacidades dos SNT-Aer já existentes a nível nacional e internacional.
- Compreender aplicações em diversos teatros de operações.
- Compreender as funcionalidades do sistema *DOTMLPF-I* para a implementação de SNT-Aer na defesa de Unidades Navais a nível Nacional.

Face ao exposto e tendo por base os objetivos delineados pelo signatário, foi assim estabelecido uma questão central acompanhada por quatro questões secundárias com o intuito de delinear um caminho condutor para a dissertação.

QC: É possível o emprego de SNT-Aer na Marinha Portuguesa para defesa de Unidades Navais?

- QS01: Em que tipos de teatros de operação seria vantajoso a utilização de SNT-Aer?
- QS02: Que classes de sistemas teriam melhor aplicabilidade a serem utilizados nesta vertente?
- QS03: Que vantagens traz o emprego de SNT-Aer na defesa de Unidades Navais?

- QS04: Como implementar a utilização de SNT-Aer em Unidades Navais?

Tendo como base o caminho delineado para a realização desta dissertação mostra-se possível dividir o processo de realização da dissertação em três fases distintas:

- Na primeira fase, o signatário pretende realizar uma breve introdução histórica relativa à criação, investigação, desenvolvimento e inovação de SNTs-Aer, de como estes foram e têm sido utilizados nos diversos meios operacionais.
- Na segunda fase, o mesmo pretende investigar os sistemas aéreos não tripulados pelas forças armadas existentes e os diversos sistemas utilizados por países estrangeiros nos diversos meios operacionais, realçando as suas vantagens e desvantagens com o intuito de retirar o máximo proveitos e ideias que possam ser também utilizados para outras finalidades como a segurança de unidades navais.
- Na terceira fase, o signatário pretende explorar o sistema *DOTMLPF-I*, utilizado para a criação de uma nova capacidade e desse modo investigar as bases necessárias para a criação desta capacidade.

1. Criação, Desenvolvimento e Inovação dos SNTs-Aer

Com o intuito de melhor compreender o presente, o signatário constata uma necessidade de primeiramente conhecer o passado.

Deste modo, determinar com precisão quando foram utilizados os primeiros veículos não tripulados não é de facto simples; contudo estima-se que foram os Estados Unidos e a Grã-Bretanha que durante a 1.ª Guerra Mundial aprimoraram esta definição de veículos não tripulados para o âmbito bélico. Durante a mesma, salienta-se o teste do *Aerial Target* da Grã-Bretanha em março de 1917, sendo definido na época como uma pequena aeronave controlada por rádio, sendo posteriormente referenciado como o futuro dos conflitos militares “*It would be much more practical to a fight a modern war with mechanical robots*”. Este embora se tenha mostrado promissor em testes de voo, não foi usado operacionalmente durante a guerra (*Imperial War Museums*, 2019).

Durante o período entre guerras, o desenvolvimento e os testes de aeronaves não tripuladas continuaram. Em 1935, os britânicos produziram uma série de aeronaves controladas por rádio com o intuito de serem usadas como alvos em treinamento. Pensa-se que o termo “drone” começou a ser usado nesta época, inspirado no nome de um desses modelos, o *DH.82B Queen Bee*¹ (*Imperial War Museums*, 2019).

Após a implantação em larga escala dos UAVs de reconhecimento durante a Guerra do Vietnã², houve uma expansão significativa no uso de veículos não tripulados aéreos em diversas novas funções, como citado pela *A brief history of drones* “*Drones also began to be used in a range of new roles, such as acting as decoys in combat, launching missiles against fixed targets and dropping leaflets for psychological operations.*” (BÁLINT Márton, 2022).

¹ - Aeronave controlada por rádio, para treino e operações com artilharia antiaérea. Foram construídos mais de 380 veículos deste modelo, operadas pela *Fleet Air Arm* e pela *Royal Air Force*. (*A brief history of drones*, 2019).

² - Conflito entre os dois governos estabelecidos no país, localizados e definidos como Vietnã do Norte e Vietnã do Sul, teve influência da União Soviética e da China, do lado do Norte, e dos EUA, do lado do Sul (1959-1975).

(<https://www.history.com/topics/vietnam-war/vietnam-war-history>)

Com o sucesso e a crescente eficácia demonstrada durante e após a Guerra do Vietnã, outros países além da Grã-Bretanha e dos Estados Unidos começaram a explorar a tecnologia dos sistemas não tripulados. Essa expansão levou ao desenvolvimento de novos modelos de veículos não tripulados, na qual se observou uma constante evolução nas suas características operacionais (BÁLINT Márton, 2022).

Atualmente, os veículos não tripulados desempenham um amplo leque de funções, desde a monitorização das alterações climáticas até a realização de operações de busca e salvamento. No entanto, é importante destacar que a sua utilização mais reconhecida e debatida continua a ser a sua aplicação militar, principalmente para reconhecimento, vigilância e ataques direcionados (DeFrancesco, 2022).

A evolução contínua da tecnologia dos SNTs aliada ao crescente uso desses dispositivos além de demonstrar o potencial destas tecnologias, ainda oferece valiosas oportunidades para investigação, desenvolvimento e inovação em um cenário de rápida evolução (Imperial War Museums, 2019).

Nos conflitos do século XXI os sistemas não tripulados têm desempenhado um papel sucessivamente mais relevante, sendo nos conflitos Ucrânia-Rússia e Médio Oriente onde se observa um maior uso destes. Observa-se uma grande variedade de SNTs, abrangendo desde veículos não-tripulados de menor dimensão, como o *Black Hornet*³, com uma envergadura de apenas 12 centímetros, até veículos de maiores dimensões com envergaduras superiores a 15 metros (Luzin, 2023). Os Veículos não tripulados de menores medidas desempenham um papel crucial, sendo produzidos principalmente por empresas comerciais, como a chinesa *SZ DJI Technology*, permitindo que as forças militares localizem alvos inimigos e obtenham informações sobre movimentos de forças inimigas. Além disso, os SNTs têm sido cruciais na documentação de ataques; estes têm documentado a destruição de cidades e ataques contra navios, carros de combate e unidades terrestres. Por outro lado, sistemas ofensivos como é exemplo o *Bayraktar TB2*, de fabricação turca com capacidade de transporte de mísseis ou o

³ - Desenvolvido pela empresa norueguesa "Prox Dynamics AS", o *Black Hornet PRS* é um nano UAV de 16 por 2,5 centímetros com 1.3 kg peso. O veículo incorpora um *Thermal Imager (TI)* e um *Electro Optical (EO) camera*. (<https://www.flir.com/products/black-hornet-4/?vertical=uas&segment=uis>)

Shahed-136, de fabrico Iraniano, denominado como “*drone kamikaze*” são alguns dos muitos utilizados atualmente (Luzin, 2023).

Embora estes veículos apresentem-se geralmente como vulneráveis, uma vez que frequentemente podem ser abatidos com relativa facilidade, a sua neutralização pode ser um desafio para as unidades defensoras. “Além de frequentemente serem difíceis de detetar, combater estes requer o emprego de sistemas de defesa específicos, capazes de intercetar ou bloquear os sinais entre o veículo e o seu operador” (Glade, 2000, p.15). Assim, podemos observar duas abordagens principais para derrotar um veículo não tripulado: cineticamente, através do uso de munições físicas, como os sistemas *Gepards*, *Patriots* ou *Iris-T*⁴, ou eletronicamente, ao bloquear ou interferir nos sinais de comunicação do veículo.

Neste cenário de constante evolução e desafios complexos, a investigação, o desenvolvimento e a inovação dos sistemas não tripulados aéreos assume uma peça fulcral na evolução e apoio das operações militares.

⁴ - Sistemas automáticos de defesa aérea, sendo que o Sistema *Gepards* é composto por uma estrutura móvel composta por 2 canhões balísticos de 35mm. Os sistemas *Patriots* e *Iris-T* apresentam-se como sistemas de mísseis superfície-ar com componente radar incluído.

(<https://www.knds.de/en/systems-products/tracked-vehicles/air-defence-systems/gepard-1-a2/>;
<https://missilethreat.csis.org/system/patriot/>; <https://www.saab.com/products/iris-t>)

2. Atualidade dos Sistemas não tripulados

2.1 Conceito de Sistema não tripulado

No âmbito da presente dissertação focada nos sistemas não tripulados na Marinha Portuguesa, é primeiramente essencial compreender e distinguir os conceitos subjacentes a estes sistemas. *Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*, *Remotely piloted vehicles (RPVs)*, ou simplesmente “*drones*” são algumas das denominações que têm sido utilizadas para descrever esta tecnologia ao longo da história (Blank, 2012).

Definido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, *UAV* tornou-se o termo mais comum para os veículos aéreos, com motor, não tripulados, capazes de operar autónomamente ou serem pilotados remotamente, tendo a capacidade de transportar cargas letais ou não letais. A *NATO* salienta ainda que veículos balísticos ou semibalísticos, mísseis de cruzeiro e projéteis de artilharia não são considerados veículos aéreos não-tripulados (Bernardino, A., 2018). Com o avanço da tecnologia e a diversificação de aplicações, surgiu o conceito de *Unmanned Aircraft System (UAS)*, ou sistema não tripulado aéreo (SNT-Aer) em português, definido como um sistema cujos componentes incluem a aeronave não tripulada, a rede de apoio e todos os equipamentos e pessoal necessários para controlar a aeronave não tripulada (Bernardino, A., 2018). De acordo com Ergene (2016), estes destinam-se a operar em diferentes ambientes, sendo estes – ambientes aéreos, marítimos de superfície, marítimos de subsuperfície e terrestre, tendo em contas as respetivas designações:

- Aéreo – designados por *Unmanned Aerial Systems (UAS)*;
- Marítimo, de superfície – designados por *Unmanned Surface Systems (USS)*;
- Marítimo, de subsuperfície – designados por *Unmanned Underwater Systems (UUS)*;
- Terrestre – designados por *Unmanned Ground Systems (UGS)*

Para melhor compreender estes veículos, a *NATO* e o *Joint Air Power Competence Centre (JAPCC)* definem o *UAS* como um sistema composto por seis elementos, incluindo o *Unmanned Aircraft (UA)*, os *payloads*, o elemento humano, os elementos de controlo (*Unmanned Aerial Vehicle Control System (UCS)*), *data Links* e o apoio logístico, sendo estes definidos como (*Joint Air Power Competence Centre ,2010a*):

- *Unmanned Aircraft (UA)*- A aeronave não tripulada que constitui o componente principal do *UAS*.
- *Payloads*- Todos os equipamentos transportados pelo *UAS*, como sensores, câmaras, equipamento de comunicações, armamento, entre outros que permitam a execução da missão.
- Elemento Humano- Elemento crítico e necessário para definir e executar a missão. Incluem: operadores; pessoal responsável pela manutenção; comandante da missão e o analista de informações.
- *Unmanned Aerial Vehicle Control System (UCS)*: É o sistema responsável pelo controlo do *UAV*, podendo ser terrestre, aéreo ou marítimo, e integrando a funcionalidade de gerar, carregar e executar as missões do *UAS*.
- *Data Links*- Consiste em canais de comunicação entre um ou mais *UCS* e os respetivos *UAVs*, permitindo a transmissão de comandos e dados dos *payloads*.
- Apoio Logístico- Semelhante às aeronaves tripuladas, os *UAS* necessitam de apoio logístico, incluindo transporte, manutenção, lançamento, recuperação e comunicações.

Assim sendo, é adotada a sigla *UAS* para englobar todos os elementos que compõem este sistema, refletindo a sua natureza complexa e interligada. As compreensões destes conceitos mostram-se fundamentais para a seguinte análise relativa aos sistemas não tripulados aéreos e das suas aplicações na Marinha Portuguesa.

Através das publicações *STANAG 4586* e *AEP 84*, a *NATO* define as arquiteturas, *interfaces*, protocolos de comunicação, elementos de dados e identifica as conformidades necessárias para operar e gerir vários *UAVs* em um ambiente operacional. Na figura 2 é possível perceber a organização entre os vários elementos de um sistema não tripulado. Sendo que esta arquitetura estabelece a relação entre o operador, o respetivo lançamento/recolha do sistema e os seguintes elementos funcionais e interfaces (*NATO*, 2017):

- *Core UCS (CUCS)*
- *Data Link Interface (DLI)*
- *Command and Control Interface (CCI)*

- *Vehicle Specific Module (VSM)*
- *Command and Control Interface Specific Module (CCISM)*

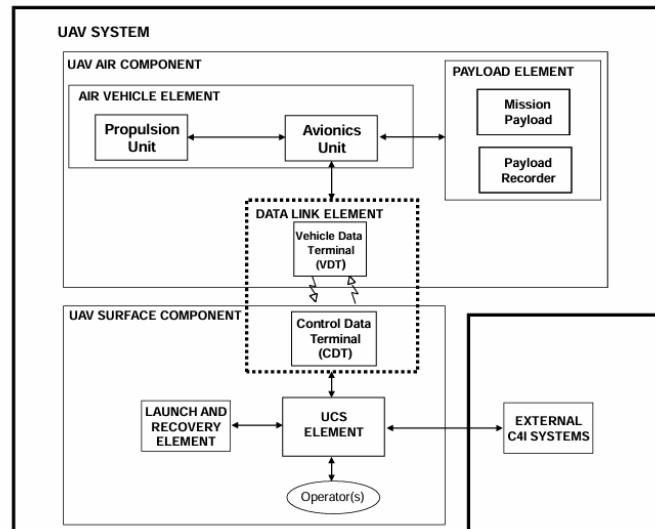


Figura 2- UAS Elements.

Fonte: NATO (2017), AEP 84.

Sendo que a arquitetura Funcional da *Control Station (UCS)* é apresentada no STANAG 4586 pelo seguinte esquema:

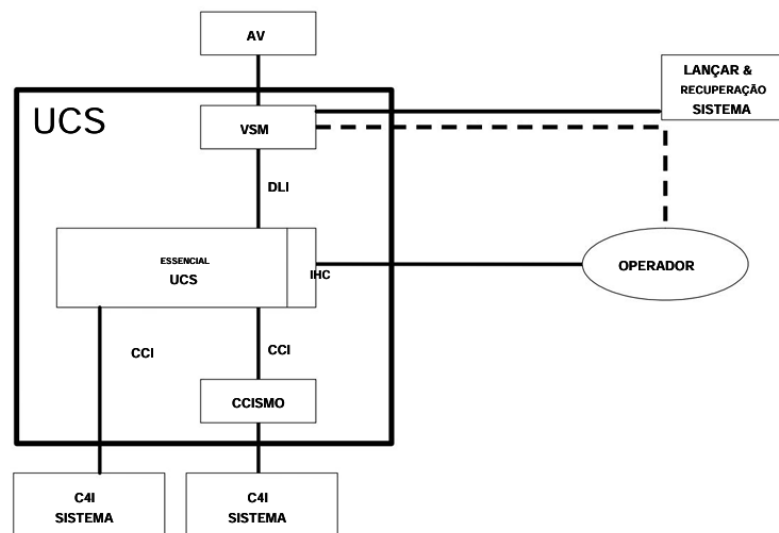


Figura 3- Arquitetura Funcional do UAS.

Fonte: NATO (2008), STANAG 4586.

Assim, os sistemas não tripulados proporcionam através destes componentes uma capacidade decisiva a todos os níveis da força conjunta, viabilizando uma distinta flexibilidade através da disposição de diversos tipos de *payloads* e das suas capacidades de durabilidade em operação (NATO, 2020).

Através destas características os UAS devem ser aplicados de modo a seguir as *tactics, techniques and procedures (TTPs)* pré-definidas. Assim, os UAS trazem inúmeras capacidades de missão *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance and Targeting (ISRT)* e de apoio direto às unidades da NATO, proporcionando através de diferentes *payloads* operações tipo ISRT e ataque direto. O signatário salienta alguns dos sensores possíveis de implementar nos veículos não tripulados aéreos da atualidade, na qual as suas vantagens e desvantagens encontram-se presentes no anexo A (NATO, 2020).

Sensores Eletro-Óticos (EO): Os sensores EO capturam imagens e vídeos no espectro de luz visível. Preferencialmente, os sensores EO são “articulados” de modo a permitir que este seja direcionado independentemente da orientação da aeronave, e, dessa forma, garantir estabilização de imagem. Sensores fixos podem apresentar mais dificuldades nesta estabilização, visto que a aeronave precisa ser orientada para apontar o sensor ao alvo, resultando assim, num menor intervalo temporal sobre o alvo (NATO,2020).

Sensores Infravermelhos (IR): Os sensores de imagem IR são geralmente recetores passivos que medem diferenciais de temperatura entre alvos e fundos, assim o comprimento de onda na qual o sensor opera influencia diretamente as capacidades e limitações do mesmo, ao que traduz que diferentes bandas de IR resultem em diferentes capacidades de observação. Deste modo os sensores permitem alterar a sensibilidade, entre maior comprimento de onda (*LWIR*), médio (*MWIR*) e menor (*SWIR*) com o objetivo de gerir o melhor comprimento de onda para o respetivo ambiente (NATO,2020).

O fenómeno denominado de “*Thermal crossover*” ocorre quando a temperatura do meio aproxima-se da temperatura do alvo, afetando assim as capacidades do sensor IR. Este fenómeno pode ser observado especialmente ao nascer e pôr do sol, ou durante mudanças

significativas nas condições climáticas, o que pode resultar no sensor IR não conseguir distinguir o alvo no meio ambiente (NATO, 2020).

Radars: O radar é um transmissor ativo, na qual, através da emissão de radiofrequências (RF) e da receção da mesma energia refletida, processa os dados em informações úteis. O Radar de Abertura Sintética (SAR) é frequentemente utilizado em UAS devido ao seu tamanho relativamente pequeno e capacidade para fornecer imagens detalhadas do solo, mostrando-se especialmente útil para criar representações semelhantes a cartas de características “estáticas” (visualização ampla da área) ou de alvos específicos (modo spot). O signatário realça a influencia das condições meteorológicas nas potencialidades do radar, estas que afetam o radar dos mesmos. Além destas, técnicas como “*camouflage, concealment, and deception*”⁵ (CCD) permitem ocultar ou camuflar alvos ao utilizar “métodos de folhagem” e certos tipos de redes de camuflagem (NATO, 2020).

Além dos sensores anteriormente referidos, os UAS podem transportar uma vasta diversidade de sensores atualmente disponíveis, com muitos outros em desenvolvimento. Estes sensores podem incluir desde *Signals intelligence (SIGINT)*, *Measurement and signature intelligence (MASINT)*; imagem hiperespectral; sensor baseado em laser *Light Detection and Ranging (LIDAR)* para deteção, localização e mapeamento de alcance, entre outros (NATO, 2020).

O signatário salienta que quando um UAS está em uso, devem ser tidos em conta, quatro diferentes *datalinks* em ação (NATO, 2023):

- O *Downlink do Global Position System (GPS)* transmite dados essenciais para que seja possível ter controlo do UAV, como localização e tempo. Sendo que UAS mais avançados dispõem de sistemas secundários de modo a não dependerem da comunicação com a estação de controlo.
- O *Downlink* das imagens recolhidas pelo UAV, esta é uma comunicação eletrônica

⁵- Quando se observa a aproximação visual de um alvo ao seu fundo/ meio ambiente, esta resulta na dificuldade para os UAVs detetarem os mesmos. Assim a utilização das técnicas de *camouflage, concealment and deception*, estas que consistem em técnicas de ocultação da presença de uma unidade (ATP 3.10.81, 2023).

passiva que não pode ser utilizada para detetar a estação de controlo ou o UAV, no entanto esta pode ser interceptada e interrompida.

- O *Downlink* de telemetria consiste na monitorização de várias informações de voo sobre o UAV em tempo real, como posição, altitude, direção e velocidade.
- O Comando e controlo (C2) *Uplink* é a comunicação necessária a partir do controlador para operar a maioria dos UAS, sendo que através da interceção deste sinal é possível localizar geograficamente o operador real do UAS.

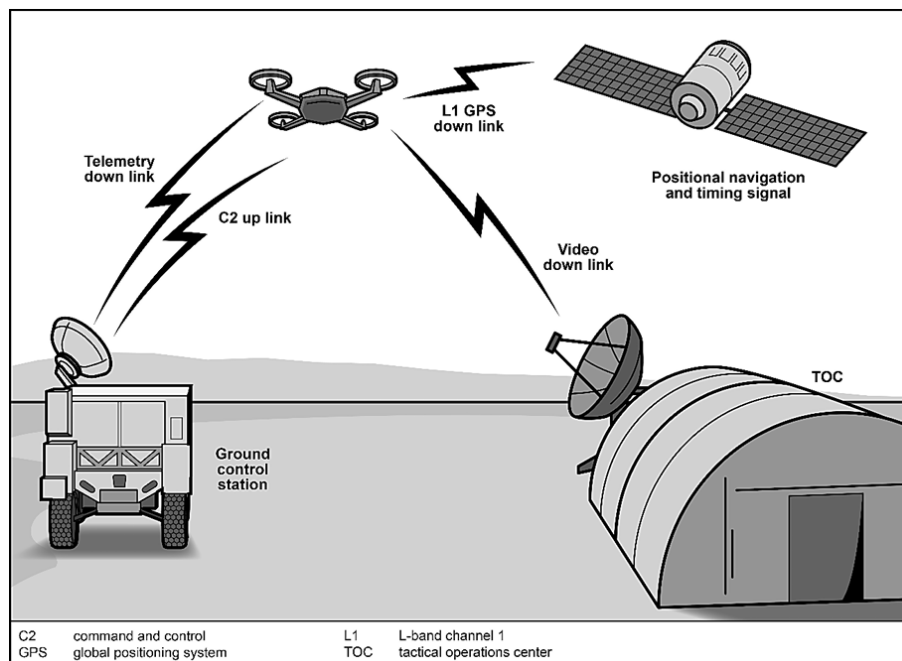


Figura 4- UAS communication links.

Fonte: NATO (2023), ATP 3-01.81.

Deve-se ainda ter em consideração as limitações existentes na utilização de UAS, na qual entre as mais significativas, as condições climáticas adversas podem impedir a recolha de dados através dos seus sensores, causar curtos-circuitos ou mesmo destruir o veículo (NATO, 2023).

2.2 Classificação dos SNTs

Devido à vasta diversidade de sistemas não tripulados aéreos, foram várias as tentativas de criar modelos de classificação para organizar esses sistemas, com base em critérios como dimensões, tipologia de missão, peso, autonomia, altitude de operação, entre outros, observando uma necessidade de categorizar esses sistemas (Arjomandi et al., 2006). Uma categorização adequada facilita a comunicação e a troca de informações, estabelecendo uma estrutura unificada que melhora o planejamento operacional e fornece uma referência comum. Contudo, com a constante evolução desses sistemas, as classificações existentes tornaram-se obsoletas, carecendo de uma atualização que reflita as suas características e funcionalidades atuais (Adoni, H. et al., 2023)."

Como mencionado, diversas classificações foram desenvolvidas por agências, grupos e entidades especializadas, exemplos dessas apresentados nas Tabelas 1 a 4; essas iniciativas destacavam uma necessidade de discussão e avaliação contínuas para alcançar um consenso sobre uma classificação que se mostra-se tanto válida quanto útil (Arjomandi et al., 2006).

Classification by Wind loading		
Category	Wing loading kg/m ²	Example
Low	<50	Seeker
Medium	50-100	X-45
High	> 100	Global Hawk

Tabela 1- Classificação pela intensidade do vento.

Classification by Maximum Altitude		
Category	Max Altitude	Example
Low	<1000 m	Pointer
Medium	1000-10000 m	Finder
High	> 10000 m	Darkstar

Tabela 2- Classificação por altitude máxima.

Classification by Range and Endurance			
Category	Endurance	Range	Example
Low	<5 hours	<100 km	Pointer
Medium	5-24 hours	10-400 km	Silver Fox
High	>24hours	>1500 km	Predator B

Tabela 3- Classificação por alcance e autonomia.

Fonte: Arjomandi et al., 2006. CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES.

Classification by weight		
Designation	Weight Range	Example
Micro	<5 kg	Dragon Eye
Light	5-50 kg	RPO Midget
Medium	50-200 kg	Raven
Heavy	200- 2000kg	A-160
Super Heavy	> 2000 kg	Global Hawk

Tabela 4- Classificação por peso.

Fonte: Arjomandi et al., 2006. *Classification of Unmanned Aerial vehicles*.

Para atender á necessidade de uma classificação mais eficaz, o Departamento de Defesa dos EUA desenvolveu um sistema que categoriza os sistemas *UAS* em três grupos distintos (NATO, 2019, pp. 2-2). Este visa agrupar os respectivos sistemas em três “classes” principais, tendo como objetivo facilitar a operacionalização e a interoperabilidade desses sistemas em contextos militares e de segurança. A distinção entre as classes, baseia-se principalmente em características como o peso do *UA* (decolagem máxima), altitude máxima e alcance operacional, permitindo uma melhor adaptação dos *UAS* às necessidades e exigências de diferentes cenários e operações.

NATO UAS CLASSIFICATION						
Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example Platform
Class III (> 600 kg)	Strike/ Combat *	Strategic/ National	Up to 65,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	Theatre	Reaper
	HALE	Strategic/ National	Up to 65,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	Theatre	Global Hawk
	MALE	Operational/ Theatre	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF	Heron
Class II (150 kg - 600 kg)	Tactical	Tactical Formation	Up to 18,000 ft AGL	200 km (LOS)	Division, Brigade	Watchkeeper
Class I (< 150 kg)	Small (>15 kg)	Tactical Unit	Up to 5,000 ft AGL	50 km (LOS)	Battalion, Regiment	Scan Eagle
	Mini (<15 kg)	Tactical Sub-unit (manual or hand launch)	Up to 3,000 ft AGL	Up to 25 km (LOS)	Company, Platoon, Squad	Skylark
	Micro ** (<66 J)	Tactical Sub-unit (manual or hand launch)	Up to 200 ft AGL	Up to 5 km (LOS)	Platoon, Squad	Black Widow

6

Tabela 5- Classificação NATO dos Sistemas não tripulados.

Fonte: NATO (2020), ATP-3.3.8.1.

A compreensão desta classificação é essencial para a estruturação e o emprego eficaz dos SNT, garantindo uma utilização otimizada destes recursos. Assim sendo:

- Os UAS de Classe I são definidos como veículos de menores dimensões e geralmente portáteis. Estes geralmente operam em baixas altitudes, com objetivos operacionais ao redor do suporte a outras unidades. Estes veículos são geralmente controlados por um único indivíduo que visualiza as imagens do sensor e/ou *full-motion video (FMV)* em um computador/ ecrã (NATO, 2020, pp. 1-3).
- Os UAS de classe II são sistemas de maiores dimensões e consequentemente maior autonomia que abrangem grandes áreas operacionais, tendo normalmente como propósito o apoio ao comandante da força a vários níveis táticos. O seu sistema de

⁶ - HALE – High Altitude Long Endurance

MALE – Medium Altitude Long Endurance

comunicação pode ser realizado *line of sight*⁷ (LOS) ou *beyond line of sight*⁸ (BLOS) com retransmissores de comunicação ou ligações de dados via satélite, de modo que os dados obtidos possam ser divulgados às equipas de combate em tempo real para processamento de dados na unidade UAS ou ser encaminhado para uma unidade de apoio de informações (NATO, 2020, pp. 1-3).

- Os UAS de Classe III são geralmente implementados para atender às necessidades de um teatro de operações “no seu todo” (larga escala). Estes fornecem capacidades desde o suporte a equipas de combate tático e níveis de comando operacional até aos comandantes a nível estratégicos, conforme o tipo de UAS e as suas capacidades. As características dos UAS de Classe III incluem (NATO, 2020, pp. 1-4):
 - *Design* de grande porte e comando e controlo (C2): A arquitetura destes sistemas geralmente permite operações BLOS com *data links* via satélite. Nesta configuração, o controlo da missão, o processamento, a disseminação de dados e a recolha são realizados fora do teatro de operações (NATO, 2020).
 - Disseminação, processamento e exploração de dados: Este processo pode ser apoiado localmente na UCS ou por unidades de inteligência especializadas através de conectividade “*reach-back*”, na qual os dados são disseminados através de ligações diretas ou redes de apoio à informação. No entanto, estes normalmente possuem capacidades *One System Remote Video Terminal/ Remotely Operated Video Enhanced Receiver*⁹ (OSRVT/ROVER) (NATO, 2020).

⁷ - Operação na qual o piloto ou o observador da aeronave remotamente mantém contato visual direto, sem ajuda, com a referida aeronave (DR 1093/2016, 14 de dezembro).

⁸ - Operação onde o piloto e/ou o observador da aeronave pilotada remotamente não conseguem manter contacto visual direta, sem ajuda, com a respetiva aeronave (DR 1093/2016, 14 de dezembro).

⁹ - *One System Remote Video Terminal / Remotely Operated Video Enhanced Receiver* são definidas como sistemas que possibilitam que unidades de operacionais/ controlo observem em tempo real a transmissão de veículos aéreo não tripulados.

(<https://www.mvrsimulation.com/technology/ROVER.html>;
https://www.army.mil/article/239413/one_system_remote_video_terminal_osrvt).

- Capacidade de *payloads* ofensivos, sendo que estes podem incluir mísseis, torpedos, entre outros (NATO, 2020).

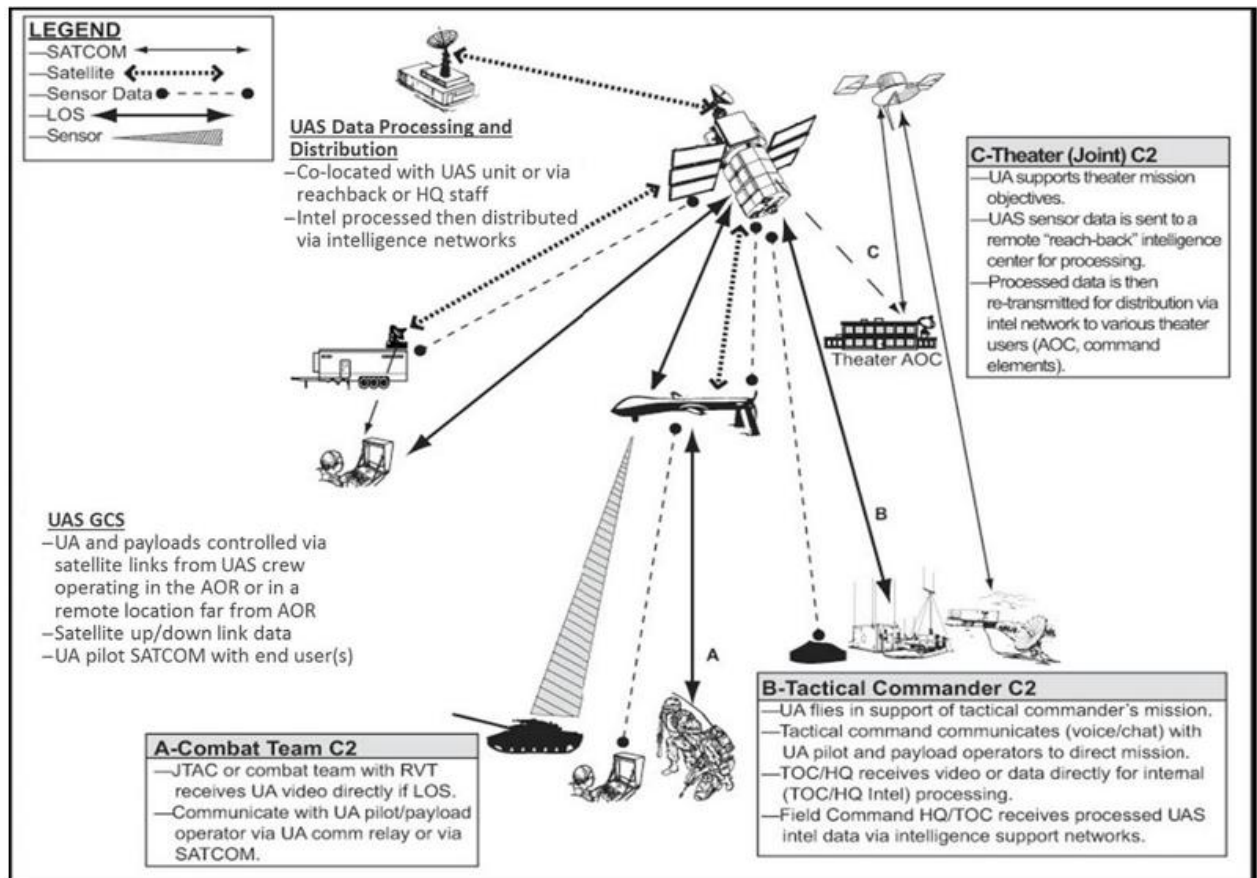


Figura 5- Esquema de operações UAS Classe III.

Fonte: NATO (2020), ATP-3.3.8.2.

Contudo, mesmo a classificação da NATO tem vindo a mostrar-se insuficiente em classificar determinados parâmetros, uma vez que não reflete as novas tecnologias e o avanço da automação utilizada nos teatros militares modernos. A rápida evolução e desenvolvimento tecnológico resultam em formas isoladas de classificação, dificultando a criação de uma única classificação universal que abranja todos os parâmetros relevantes (Rabaça, 2014).

2.3 Autonomia e Inteligência Artificial

Como referido anteriormente, a autonomia e a Inteligência Artificial (IA) encontram-se a transformar a defesa, o ataque e a segurança num ambiente global. Deste modo, a condução de ciclos operacionais *UAS* e *C-UAS* baseiam-se nos “Princípios de Uso Responsável de IA”¹⁰ na defesa da *NATO*, cujo alicerces assentam-se em compromissos éticos, jurídicos e políticos amplamente aceites. Estes princípios asseguram que a *NATO* continue a operar sob compromissos nacionais e internacionais nos princípios de legalidade, responsabilidade, confiabilidade, governabilidade, entre outros (*NATO*, 2023a, pp. 3-8).

Segundo a National Research Council of the National Academies, com a evolução tecnológica presente torna-se fundamental identificar o nível de autonomia [*Level of autonomy*, (*LOA*)] que os sistemas dispõem. No entanto, pela inexistência de uma escala universalmente aceite para expressar os diferentes níveis de autonomia, definir estes tem-se mostrado um desafio a nível global. Desta forma, a organização relaciona uma escala em dois sentidos, sendo que numa extremidade observa-se um tipo de operação na qual requiere uma constante administração por parte do operador, e na outra extremidade uma operação totalmente autónoma por parte do veículo (*National Research Council*, 2005).

É assim definida pelo Departamento de Defesa dos EUA duas escalas demonstrativas do grau de autonomia de um sistema não tripulado. A primeira estabelecida em 4 níveis é apresentada na figura 6 (*National Research Council*, 2024).

¹⁰ - A “Estratégia de IA da *NATO*” de 2021 estabeleceu uma visão estratégica com quatro objetivos e seis resultados. Dentro da Estratégia de IA, a *NATO* criou ainda seis Princípios de Uso Responsável (*PRUs*) para IA, estes definidos como: “*Lawfulness, Responsibility and Accountability, Explainability and Traceability, Reliability, Governability and Bias Mitigation*” (*NATO*, 2024)

Obtido de: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_227237.htm

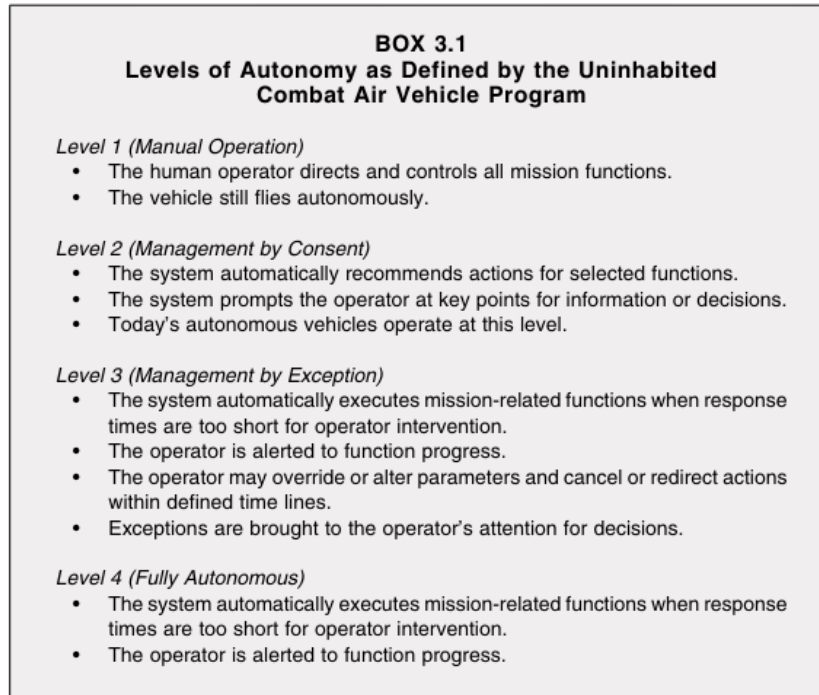


Figura 6- Níveis de autonomia para sistemas aéreos não tripulados.

Fonte: National Research Council (2005), *Autonomous vehicles in support of naval operations*.

Uma segunda escala, mais desenvolvida, é definida em 10 níveis apresentada no Anexo B. Esta secção propõe assim uma nova abordagem com um aumento de complexidade às escalas de autonomia, denominado “*level of mission autonomy*”. Esta abordagem subdivide-se em dois pontos principais, sendo estes a “*mission complexity*” e “*degree of autonomy*” (National Research Council, 2005).

- “*Mission complexity*” abrange o número de capacidades funcionais da missão inerentes a um dado sistema ou o número de atividades da missão que podem ser executadas pelo sistema, independentemente de serem ou não realizadas de forma autónoma, ou seja, resulta em parte das atividades que a missão requer.
- “*degree of autonomy*” refere-se à percentagem da missão na qual é gerida pelo sistema sem interação direta do operador para finalizar a missão ou capacidade operacional, representada em percentagem. Nesta, 0% representa

uma situação em que o ser humano tem controle total de todos os aspetos, e 100% representa um sistema totalmente autónomo e independente, sem controle ou interação humana em tempo real.

Esta nova visão de “*level of mission autonomy*” permitiu às FFAA dos EUA uma melhor classificação das capacidades e limitações dos sistemas não tripulados, proporcionando desta forma uma “base sólida para futuras inovações e desenvolvimentos na área da defesa e segurança, especialmente no contexto das operações C-UAS” (*National Research Council*, et al, 2005).

2.4 Sistemas não-tripulados aéreos pela Marinha Portuguesa

Em continuidade, e dando ênfase à utilização destes sistemas na MP, o emprego de sistemas aéreos não tripulados pelas forças armadas portuguesas é uma realidade atual em crescimento e um elemento essencial para aprimorar as capacidades militares das mesmas (Páscoa, T. 2020). Na qual a Marinha Portuguesa adotou uma postura proativa no que diz respeito à incorporação e desenvolvimento de Sistemas Aéreos não tripulados, evidenciada pela criação, em 2015, por Despacho do Chefe de Estado-Maior da Armada (CEMA), de um grupo de trabalho (GT) dedicado aos Veículos Não-Tripulados, com o objetivo de fortalecer a capacidade operacional nesta mesma área (Estado-Maior da Armada, 2015).

Essa iniciativa impulsionou a definição do Conceito de Emprego Operacional (CEO) dos SNTs pela Marinha, publicado em 2016, que delineou os propósitos e as áreas de atuação desses sistemas. Especificamente, o CEO estabeleceu a integração dos SNTs em vários tipos de operação em unidades navais, unidades de fuzileiros e missões de apoio à Autoridade Marítima Nacional (Autoridade Nacional da Aviação Civil, 2016), na qual a área de operação designada para estes sistemas abrange a orla costeira, os espaços marítimos sob soberania, jurisdição ou responsabilidade nacional e o alto mar, podendo ainda ser estendida ao Espaço Estratégico de Interesse Nacional (EEIN) (Autoridade Nacional da Aviação Civil, 2016).

Esse marco operacional foi seguido por uma série de revisões e melhoramentos, refletindo o compromisso contínuo da Marinha Portuguesa com a evolução e consolidação dos SNTs. Em 2017, o Despacho n.º 13/2017 reviu as diretrizes estabelecidas anteriormente, tendo sido promulgada a Instrução Operacional da Armada 201 (IOA 201) e em processo de promulgação a Instrução Operacional da Armada 301 (IOA 301), referentes aos conceitos de emprego dos SNTs. Além disso, foram estabelecidos protocolos com empresas nacionais visando o desenvolvimento destes sistemas e a construção da competência em todas as suas áreas funcionais (Diário da República, 2017).

A consolidação dessas iniciativas foi claramente articulada na Diretiva Estratégica da Marinha de 2018, que identificou o progresso das capacidades no âmbito dos veículos não tripulados como uma linha de ação prioritária. Esta diretriz reforçou o compromisso da Marinha Portuguesa com a integração e desenvolvimento dos sistemas não-tripulados, refletido também no envolvimento na *NATO Maritime Unmanned Systems Initiative* (NMUSI), em conjunto com 13 países aliados, em outubro de 2019 (Páscoa, 2020).

Em virtude desse alinhamento estratégico, a Marinha Portuguesa estabeleceu unidades como o Centro de Experimentação Operacional da Marinha (CEOM), a Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV) e a Unidade de Sistemas Não Tripulados X-31, unidade operacional da marinha, estando estas interligadas através de uma cooperação logística e operacional.

O signatário com o intuito de melhor compreender as funcionalidades e as áreas exploradas pelas respetivas unidades realizou várias entrevistas estruturadas e semi-estruturadas a vários oficiais das mesmas, apresentadas nas tabelas respetivas do apêndice A a D. Dessa forma, teve a oportunidade de perceber de um modo próximo as funcionalidades das unidades X-31 e CEOV onde observou a realização de testes práticos de compatibilidade com várias aeronaves em simultâneo.

Atualmente a Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados da Marinha, mais conhecida por CEOV, criada em 2017, apresenta-se como uma das unidades principais de experiência e desenvolvimento de veículos não tripulados a nível nacional, com

o objetivo de mitigar as dificuldades operacionais existentes e analisar possíveis soluções e projetos relativos ao desenvolvimento de tecnologia nos veículos não tripulados (Comandante P. Guimarães, 2020). A CEOV em 2024 encontra-se a desenvolver vários veículos nos quais se salientam os sistemas *Mantas*, *Hexacopter (Standart e XL)* e *Octocopter*, ambos criados na unidade e já com vários testes operacionais realizados (Eng. Varela Simões, 2024).

O sistema *VTOL Mantas*, é um veículo não tripulado de asa fixa com lançamento e recolha vertical proporcionado pelas suas 4 hélices horizontais, propulsão elétrica na qual permite uma autonomia de cerca de 3h e uma velocidade máxima de 125km/h para a realização de operações *ISR* (Eng. Sampaio Pereira, 2024).

Os sistemas *Hexacopter*, são veículos não tripulados de hélices rotativas (6) na qual se divide posteriormente em dois modelos, um *standart* composto por 6 motores fornecidos por baterias com uma autonomia de 70min e uma velocidade máxima de 100km/h e outro de maiores dimensões na qual apresenta consequentemente maior autonomia e uma maior capacidade de sustentação de *payloads* (Eng. Sampaio Pereira, 2024).

Finalmente o sistema *Octocopter*, apresenta-se semelhantemente ao anterior como um veículo de hélices rotativas, no entanto de maior dimensão, composto por 8 motores abastecidos por um sistema de propulsão híbrido, permitindo desta forma uma maior autonomia. Este apresenta ainda um sistema de comunicação e controlo por via satélite, possibilitando assim a capacidade de realizar operações *BLOS* (Eng. Sampaio Pereira, 2024).

Além destes a CEOV desenvolveu um *payload* denominado *Narso*, na qual tem a capacidade de largada de diversos tipos de objetivos, desde granadas, flaches, objetos explosivos, etc., com a possibilidade de ser implementado em ambos os tipos de *Hexocopters* e *Octocopters* desenvolvidos pelos mesmos (Eng. Castro Fernandes, 2024).

A CEOV encontra-se ainda a realizar testes a nível de Inteligência Artificial e automação de veículos não tripulados, na qual consiste no desenvolvimento de um sistema e respetivas bases de dados para classificação de imagem a partir de um SNT (Eng. Lobo Sénica, 2024).

Atualmente a Marinha e especificamente a unidade X-31 dispõe operacionalmente de sistemas como o *Quadcopter Spyro 4N*, resultado de um protocolo de Investigação, Desenvolvimento & Inovação (ID&I), assinado em 2016 com a empresa portuguesa *UAVision*. Este foi utilizado em missões no *NRP Setúbal* (Navio Patrulha Oceânico [NPO]), enquadradas na Iniciativa “Mar Aberto 19” ao longo da costa africana. Adicionalmente, em 2019, o *OGASSA OGS42V*, também da *UAVision*, foi apresentado publicamente durante o exercício *Recognized Environmental Picture Maritime Unmanned Systems (REPMUS)* da *NATO*, e desde então é utilizado pela Marinha Portuguesa. Recentemente, fruto da colaboração com a empresa *BeyondVision*, foram adquiridos dois novos sistemas para a Marinha Portuguesa: os sistemas *Heifu* e o *VTone* (Comandante Faias Martins, 2024).

O sistema *VTone*, inicialmente requerido com o intuito de apoiar a experimentação a partir da unidade CEOM, foi posteriormente adaptado com o intuito de apoiar a componente operacional tanto em unidades terrestres como navais, com o objetivo de assegurar a sua eficiência em diferentes cenários operacionais. As primeiras missões deste sistema ocorreram no ano de 2024, na qual se incluíram uma operação na Lituânia, missão *Ákila* e a missão “Mar Aberto 24”, realizado em Itália. (Comandante F. Martins, 2024)

Além destes, a Marinha Portuguesa iniciou o processo de aquisição de dois novos sistemas em 2024: o sistema *PUMA* e o sistema *AR3*, apresentados no apêndice E. O sistema *PUMA*, projetado para operações terrestres e navais, possui a capacidade de lançamento manual ou em catapulta e proporciona simultaneamente capacidades *EO*, *IR* e “*lightning*”, além destes oferece ainda a capacidade de seguir automaticamente alvos em movimento em relação ao operador. O sistema *AR3* é um sistema não tripulado compacto de asa fixa, concebido para missões de longo alcance, alimentado a combustão, com uma autonomia de até 16 horas. Este é projetado para realizar operações do tipo *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance (ISTAR)*, proteção de fronteiras e monitorização de unidades. O sistema é lançado por catapulta, com uma montagem fácil de implementar. Estes novos sistemas representam um investimento estratégico da Marinha Portuguesa na modernização e fortalecimento das suas capacidades de vigilância, reconhecimento e interoperabilidade,

garantindo assim uma presença mais eficaz e segura em todas as suas operações (AeroVironment, 2024).

De modo a complementar este esforço, a Marinha Portuguesa apresenta-se como um dos países pioneiros na implementação do conceito de uma plataforma multipropósito, também referenciada como “*Porta-drones*”, este com o objetivo de ser entregue à Marinha no segundo semestre de 2026 (Revista da armada, janeiro 2024). A construção de uma plataforma multidisciplinar tem como objetivo a sua utilização em áreas de atuação como operações de emergência, vigilância, investigação científica e tecnológica, potenciando a capacidade de monitorização e investigação no oceano. O navio cujo nome será *NRP D. João II* terá entre outras características implementadas, as seguintes (Marinha Portuguesa, 2024):

- Uma pista de lançamento e recolha de *UAS* com 94 metros;
- Capacidade de lançamento de *UAS* de asa fixa por catapulta;
- Heli Deck para aterragem de helicópteros até 15 toneladas (como é exemplo os EH101 da Força Aérea Portuguesa);
- 1 hangar capaz de receber um helicóptero de médio porte;
- 1 hangar/oficina para os veículos aéreos não tripulados com capacidade para acolher um contentor de apoio de 20 pés;
- Hangar multimissão com cerca de 400m² concebido com meios de elevação e calhas para movimentação de contentores/ veículos;
- Capacidade para transportar em ambos os bordos da plataforma *Unmanned Surface Systems*/ lanchas rápidas orgânicas/ lanchas hidrográficas.

2.4.1 Exercício Dynamic Messenger

O exercício *Dynamic Messenger 2023 (DYMS23)* foi uma Operação de Experimentação Operacional (*OPEX*) da *NATO*, realizado nas zonas de Troia, Rio Sado e Sesimbra, na qual as comunidades operacionais da *NATO* promovem a integração operacional de sistemas não tripulados. Neste participaram 16 países da *NATO* e um país “parceiro”: Portugal (nação anfitriã), Bélgica, Canadá, Dinamarca, França, Alemanha, Grécia, Itália, Letónia, Países Baixos,

Noruega, Polónia, Espanha, Suécia, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos. Além disso, observadores do Japão, Nova Zelândia e Coreia do Sul estiveram presentes (NATO, 2023c).

O exercício envolveu aproximadamente 1100 civis e militares em terra, juntamente com cerca de 1000 tripulantes a bordo dos navios participantes. As unidades navais envolvidas incluíram uma variedade de embarcações de guerra de diferentes países, como fragatas, navios de patrulha, navios de apoio, navios de guerra de minas entre outros.¹¹

Durante o exercício foram empregues um total de 34 sistemas, incluindo 3 Veículos Subaquáticos Autónomos (AUV), 2 Veículos Subaquáticos Não Tripulados (UUV), 1 Veículo de Superfície Autónomo (ASV), 8 Veículos de Superfície Não Tripulados (USV), 13 Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV) e outros 7 sistemas. Durante o mesmo, foram exploradas várias áreas operacionais.

O *Dynamic Messenger 2023* permitiu a realização de exercícios com o intuito de integrar veículos autónomos nas operações marítimas, na qual se evidencia a utilização de novas tecnologias e o desenvolvimento de doutrinas, táticas e procedimentos da NATO. Este exercício representou um compromisso significativo da Aliança em fortalecer a interoperabilidade e a capacidade operacional no domínio dos sistemas não tripulados em operações navais (NATO, 2023b).

11 Navios participantes:

- ITS STROMBOLI (AOR SNMCMG2 Flagship), Italy • ITS CARABINIERI (FFG), Italy
- ESPS FUROR (OPV), Spain • FS PLUTON (AUX), France
- ITS GAETA (MCMV), Italy • ESPS TAMBRE (MCMV), Spain
- NRP FRANCISCO DE ALMEIDA (FFGH), Portugal • PRT N Marines, Portugal
- NRP DOM CARLOS I (AGS), Portugal • NRP ANDROMEDA (AGSC), Portugal
- NRP SINES (OPV), Portugal • NRP SETUBAL (OPV), Portugal
- NRP ORION (FPB), Portugal • NRP HIDRA (FPB), Portugal

2.5 Investigação de sistemas/aplicações estrangeiras com uso de SNT-Aer

2.5.1 Conflito Ucrânia- Rússia

Com a necessidade de uma evolução continua nas capacidades e tecnologias dos veículos não tripulados nos conflitos contemporâneos, tem-se destacado o crescente emprego destes recursos, como é evidenciado no confronto entre a Ucrânia e a Rússia de 2022. De acordo com um relatório do *Royal United Services Institute* (2023), estima-se que a Ucrânia utilize aproximadamente 10.000 veículos não tripulados por mês no campo de batalha. Estes têm sido adotados como uma estratégia compensatória para enfrentar desafios como a falta de recursos humanos e financeiros por parte da Ucrânia.

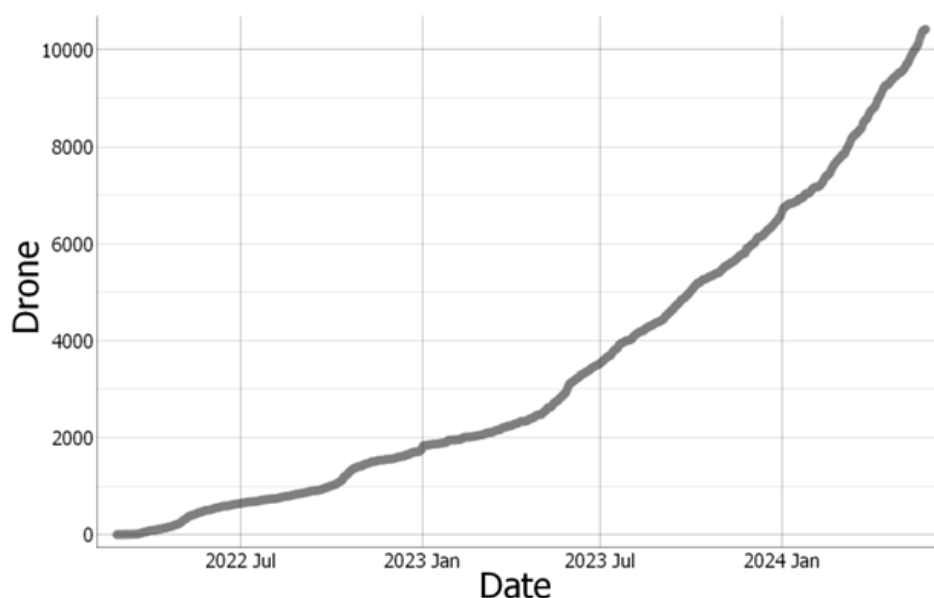


Figura 7- Relação entre número de UASs em relação ao tempo de conflito.

Fonte: Francisco Costa, Brito Araújo (2024), *Drone Warfare: An Exploratory Data Analysis on the Ukraine War*.

No contexto do conflito, a Secretária do Exército dos Estados Unidos Christine Wormuth discutiu a importância de lições aprendidas neste mesmo conflito, “*We are looking every single day in real-time at what’s happening in Ukraine, what we’re seeing with the Russian military and trying to glean as many lessons learned as we can for what we think that means for the Army in the future.*”(Christine Wormuth, 2021) na qual os veículos não

tripulados desempenham um papel crucial na estratégia militar dos conflitos armados do século XXI.

Durante as fases iniciais do conflito, a Ucrânia explorou preferencialmente veículos não tripulados de maiores dimensões, como é exemplo o veículo turco, *TB2 Bayraktar*, os mesmos que o Azerbaijão utilizou eficazmente contra a Armênia no conflito de Nagorno-Karabakh¹² em 2020. Este pode voar continuamente por quase 24 horas, alcançando uma altitude máxima de 25.000 pés (aproximadamente 7.620 metros) e um peso máximo de descolagem de 650 kg. O *TB2* mostrou uma grande capacidade de eficácia a diversos alvos russos como comboios militares, carros de combate, artilharia, postos de comando, depósitos logísticos, entre outros... (Watling, J., & Reynolds, 2023). Esta autonomia é possibilitada através da operação do veículo por comunicação satélite, permitindo que a estação de controlo do mesmo se encontre localizada a uma distância ilimitada do mesmo (Dominika Kunertova, 2023).

No entanto, à medida que a Rússia reforçou o seu domínio sobre o espaço aéreo e as suas capacidades *eletronic warfare*, tornou-se mais eficiente na deteção e defesa destes modelos de maiores dimensões, como explica Samuel Bendett *“By design, TB2 is a relatively large target that does not fly very fast, and can be vulnerable to sophisticated defenses...”* incentivando deste modo a Ucrânia a adaptar-se e a adotar tecnologia de veículos não tripulados de menor porte (Samuel Bendett, 2023).

Entre os SNTs usados pelas Forças Armadas Ucranianas, destacam-se modelos como *Leleka* e *Shark*, ambos no âmbito de operações *ISR* adquiridas por empresas Ucranianas, ou sistemas comerciais *DJI Mavic-3*, posteriormente adaptados para operações militares (Ekman, I., & Nilsson, E., 2023). No âmbito ofensivo, conhecidos vulgarmente como *“drones kamikaze”*, o signatário destacou os sistemas *Switchblade 300*, estes fornecidos pelos Estados Unidos da América; *“Escadrone attack drones”*, veículos não tripulados *First Person View (FPV)*, como

12 - A Guerra do Nagorno- Karabakh ocorreu entre 1988 e 1994, no primeiro momento entre as repúblicas soviéticas da Armênia e do Azerbaijão e, com as respetivas independências, em 1991, o conflito continuou e tomou maiores proporções, escalado recentemente em 2020.

(<https://www.cfr.org/global-conflict-tracker/conflict/nagorno-karabakh-conflict>).

Pégas ou *Goiva* e o sistema *RAM II*, este também desenvolvido na Ucrânia, baseada no UAV "*Leleka*" da empresa *DEVIRO*, resulta da interligação de tecnologias na produção de sensores, armas e dispositivos explosivos (Luzin, 2023). As características destes veículos são observáveis nas tabelas presente no apêndice G.

Além destes, as forças ucranianas utilizam pacotes de software frequentemente desenvolvidos por voluntários. A mais conhecida dessas aplicações é o *Kropyva*, um software de mapeamento de *intelligence* e artilharia, preenchido com informações de UAS e outras fontes. Unidades táticas avançadas descarregam o software e atualizam o mesmo continuamente em tablets e computadores portáteis. Este utiliza estações de rádio digitais e de ondas curtas compatíveis com os padrões de comunicações de segurança da NATO. Outras soluções de software desenvolvidas internamente incluem o *GIS Arta*, o *ComBat Vision* e recentemente implementado, o sistema *Delta*, destinados ao reconhecimento situacional e à gestão do campo de batalha (Jones, S. G. et al, 2023).

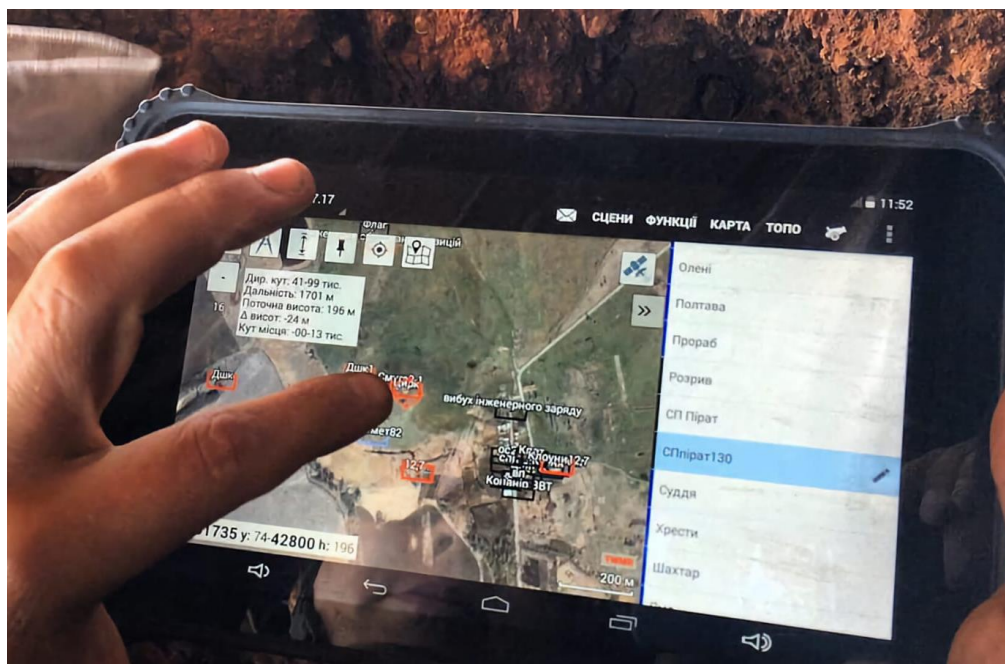


Figura 8- Kropyva Defense Mapping Software.

Fonte: Seth G. Jones, Riley McCabe, and Alexander Palmer (2023), *Ukrainian Innovation in a War of Attrition*.

A Ucrânia tem ainda utilizado o sistema *Starlink* para integrar alguns dos seus sistemas, permitindo que operem via satélite para operações de reconhecimento e operações ofensivas. Desta forma, estas aeronaves são controladas com o auxílio da ligação à Internet por satélite, o que tem sido fundamental para mitigar as tentativas russas de bloqueio de sinais (Jones, S. G. et al, 2023).

Do outro lado do conflito, a Rússia utiliza uma variedade de modelos para alcançar os seus objetivos estratégicos, destacam-se os veículos não tripulados mais proeminentes no domínio *ISR*, como o *Orlan-10*, *Forpost* e *Supercam*, dentro de uma grande variedade destes como se incluem o *Zastava*, *Eleron-3*, *Takhion* e *Granat*, bem como os sistemas ofensivos *Lancet*, fabricado pela *ZALA Aero Group*, uma subsidiária da gigante russa de armas *Kalashnikov Concern* e o *Shahed-136*, de fabricação iraniana, também conhecido como *Geranium-2* pela federação Russa (Farrell, F., 2023).

Antes da invasão da Ucrânia em fevereiro de 2022, o Estado Russo demonstrou que através dos seus *UAS Orlan-10*, *Eleron-3* e quadricópteros de curto alcance estavam desenvolvidas capacidades de *ISRT* de modo a detetar e realizar aquisição de alvos de forma eficaz a sistemas de mísseis de longo alcance *Iskander-M*¹³ e *Tochka-U*¹⁴. Na qual, estes quadricópteros foram desenvolvidos com o objetivo de reconhecimento e fornecimento de alvos para a implementação dos sistemas de mísseis e unidades de artilharia como explica Jeffrey A. Edmonds e Samuel Bendett:

“Much of the Russian concepts of strike and fire missions fit within broader Russian military concepts about battlefield information dominance. These types of missions, according to Russian military writings, depend on having a detailed understanding of the battlespace and having that understanding distributed across a “unified information space” where in Russian

¹³- O sistema *9K720 Iskander* é um sistema de mísseis balísticos terra-terra russo. Foi adicionado ao arsenal das forças armadas da Federação Russa em 2007, este caracterizado pela sua precisão, velocidade de até Mach 6 e alcance de cerca de 500 km

([https://odin.tradoc.army.mil/WEG/Asset/9K720_Iskander_\(SS-26_Stone\)_Russian_Surface_to_Surface_Short_Range_Ballistic_Missile](https://odin.tradoc.army.mil/WEG/Asset/9K720_Iskander_(SS-26_Stone)_Russian_Surface_to_Surface_Short_Range_Ballistic_Missile)).

¹⁴ - O *TR-21 Tochka* é um míssil balístico de curto alcance em uso desde 1975 (<https://missilethreat.csis.org/missile/ss-21/>).

units can strike, high-value targets within the decision cycle of their adversary while also creating “disorganization” within its ranks. A UAV group detects the position of the MLRS in Ukraine, this data is sent via automatic communication systems to the command post, which decides on whether to strike and assigns an artillery battery [which] fires, and the drone assesses the defeat and corrects the fire.” (Jones, S. G. et al, 2023).

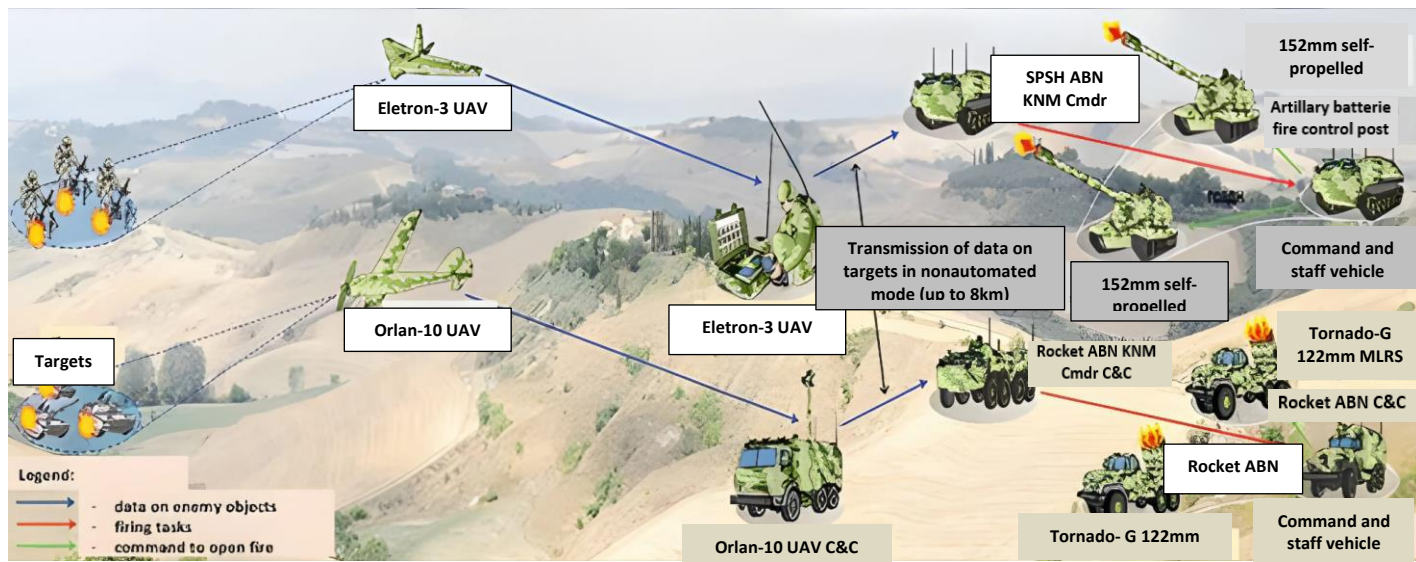


Figura 9- Russia's reconnaissance fire and reconnaissance strike concepts.

Fonte: Jeffrey Edmonds and Samuel Bendett (2022), *Russian Military Autonomy in a Ukraine Conflict*.

Atualmente é observável pelas forças no leste da Ucrânia um desenvolvimento recente relacionado com os veículos *Orlan-10*. Nas quais a sua extensão operacional a nível de altitude operacional dificulta ações defensivas ucranianas, os mesmos tendo sido mencionados a 6 km de altitude. São ainda divulgadas informações por parte de forças ucranianas que indicam que os veículos *Orlan-10* atualizados encontram-se mais resistentes a contramedidas eletrónicas (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023).

Outra atualização significativa para os *Orlan-10* e *Forpost* é a sua evolução desde plataformas de reconhecimento, vigilância e aquisição de alvos para UAVs de combate.

Durante o exercício militar *Zapad-2021*¹⁵ com forças bielorrussas, os militares russos utilizaram o *Forpost-R* (a versão mais recente do *UAS*) e as versões de combate do *Orlan-10*, equipadas com mísseis e bombas. Atualizar o *UAS Orlan-10*, veículo com objetivos operacionais *ISR* e *Forpost* representa um desenvolvimento particularmente importante para a frota russa de veículos não tripulados, que com centenas de *Orlan-10* e dezenas de *Forpost* em serviço, o *Ministério da Defesa Russo* ganha uma capacidade significativa de ataque, esta que estava praticamente ausente da sua força de *UAV* nos anos anteriores (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023).

Porem, a utilização de SNTs ofensivos segue muitas vezes uma sequência observável, com os alvos inicialmente identificados pela linha de veículos não tripulados de reconhecimento de médio-longo alcance e posteriormente o lançamento através de “catapulta” de *UAS* ofensivos *Lancets*, estes com uma capacidade de voar a uma velocidade máxima declarada de cerca de 300 quilômetros por hora (Luzin, 2023). Através de declarações das forças armadas ucranianas tanto o hardware quanto o software dos sistemas não tripulados russos têm sido modificados pela *ZALA Aero Group*.

Outra missão militar russa em destaque é a execução de ataques a infraestruturas críticas da Ucrânia através dos *UAS* iranianos *Shahed-131 e 136*. Os militares russos possuem cinco operações estratégicas que se destinam a ligar ações operacionais com a estratégia militar russa.¹⁶ Uma dessas operações é a *Strategic operation for the destruction of critically important targets (SODCIT)*. A *SODCIT* é definida como a seguinte:

¹⁵ - *Zapad 2021* foi um exercício estratégico conjunto entre as forças armadas da Federação Russa e da Bielorrússia, que teve lugar de 10 a 15 de setembro de 2021 na Rússia. Este reuniu cerca de 210mil homens (<https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2021-09-03/zapad-2021-exercises-russian-strategy-practice>).

¹⁶- O planeamento militar russo está orientado em torno de cinco direções estratégicas: Oeste, Sudoeste, Ásia Central, Leste e Ártico. Cada uma destas direções é da responsabilidade de um quartel-general do Comando Estratégico Conjunto (CSM), quatro dos quais estão concentrados em distritos militares e o quinto na Frota do Norte. Posteriormente cada distrito é dirigido por um *Joint Strategic Command (JSC)*, que é responsável pelo alojamento das forças e mantém o controlo a nível operacional da maioria das unidades em tempo de guerra. O comando é responsável por uma "direção estratégica", que consiste em direções operacionais que subdividem uma área de responsabilidade.

(Michael Kofman, Anya Fink, Dmitry Gorenburg, Mary Chesnut, Jeffrey Edmonds, and Julian Waller. 2021. *Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts*)

“The creation of conditions to counter threats and prevent aggression and, in the case of the beginning of military action, the infliction on the adversary (the coalition) of damage, during which they would give up the continuation (escalation) on conditions beneficial to Russia. The infliction of necessary damage to the adversary could be achieved through damaging key targets of military and military-economic potential of the adversary to a level, the achievement of which the adversary could discontinue (the escalation of) military actions.” (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023).

Um dos pontos-chaves desta operação é a utilização de UAS ofensivos iranianos do tipo *Shahed-136*, na qual o alcance de voo varia de acordo com diferentes fontes, podendo atingir de 1.000 a 2.500 quilômetros (Banka, A., & Bussmann, M., 2023). Estes veículos, pesam cerca de 200 quilos e têm uma velocidade máxima de voo de aproximadamente 185 quilômetros por hora. De acordo com o ex-porta-voz da Força Aérea, Ihnat¹⁷, a Rússia terá utilizado mais de 4.600 veículos *Shahed* até o final de fevereiro de 2023, durante os dois anos de guerra em grande escala (Broman, S. C., 2019). Apesar das negações por parte do Irão, o governo ucraniano e agências de inteligência ocidentais afirmam que a Rússia tem adquirido estes veículos desde outono de 2022 (Luzín, 2023), tendo sido impostas sanções ao Irão por parte da União Europeia relacionadas ao fabrico e fornecimento dos mesmos (Conselho da União Europeia, 2024).

Apesar dos esforços dos EUA e países ocidentais em fornecer à Ucrânia sistemas avançados de defesa aérea, como o *Patriot* e o *IRIS-T*, a ameaça representada pelos drones russos continua a ser significativa no conflito em curso (Luzín, 2023).

¹⁷ Yurii Ihnat- Atualmente coronel, chefe do serviço de relações públicas do Comando da Aeronáutica das Forças Armadas da Ucrânia, este prestou serviço como porta-voz da Força Aérea da Ucrânia.



Figura 10- Lancet UAV.



Figura 11- Shahed 136 UAV.

Ao longo deste conflito mostrou-se a existência de uma vasta diversidade de veículos não tripulados e a respetiva evolução das suas capacidades e funções. Para observar esta mesma evolução o signatário salienta o gráfico obtido através do estudo “*Drone Warfare: An Exploratory Data Analysis on the Ukraine War*” (Araújo, B. & Costa, F. (2024)).

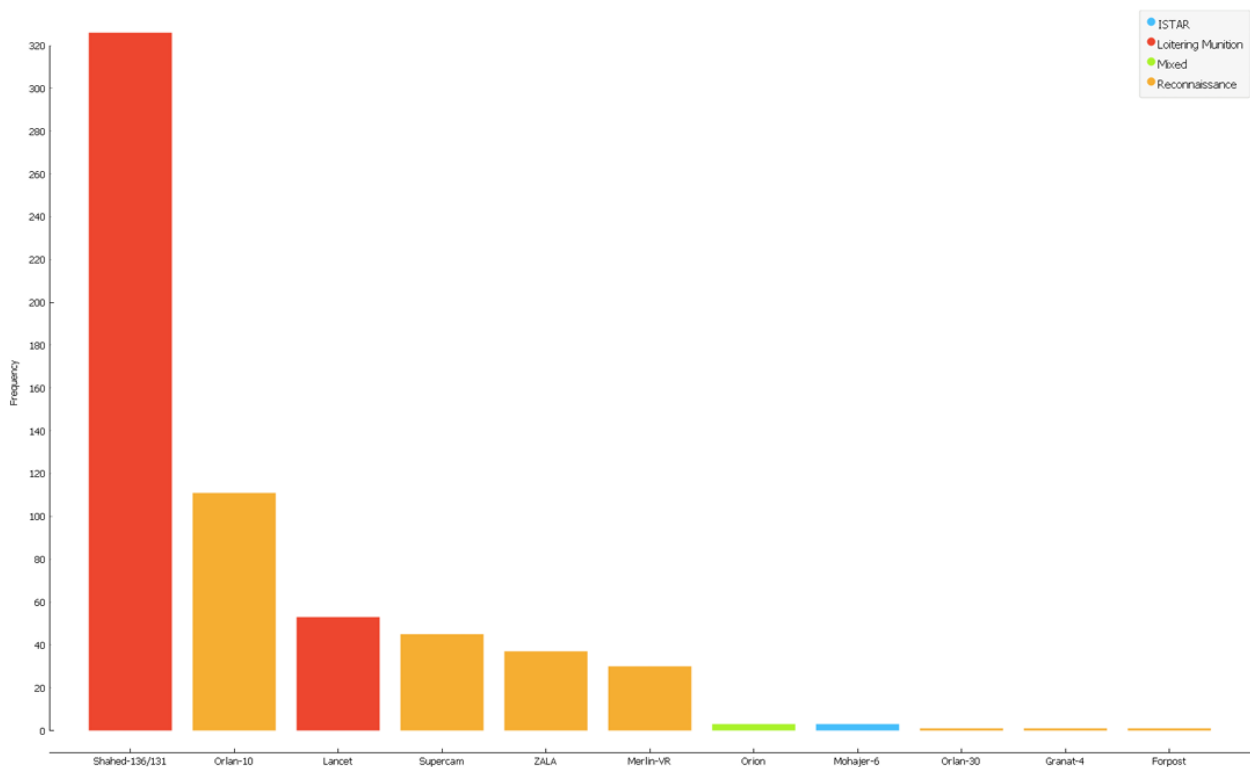


Figura 12- UAS Russos utilizados e objetivos de emprego.

Fonte: Brito Araújo, Francisco Costa (2024). *Drone Warfare: An Exploratory Data Analysis on the Ukraine War*.

Através do gráfico exposto é possível compreender a utilização de veículos não tripulados aéreos por parte da Rússia. Neste é possível destacar as operações ofensivas *Shahed* e *Lancet*, relativamente a fins de reconhecimento os sistemas *Orlan-10* e *SuperCam* e por fim o sistema *Orion*, o único a apresentar ambas as capacidades operacionais.

2.5.2 Países *NATO* e SNTs

Com o intuito de aprofundar a compreensão relativa à utilização de sistemas não tripulados aéreos em diversas Forças Armadas, este capítulo explora como essas tecnologias foram integradas e adaptadas. A estrutura e a visão das Forças Armadas para a implementação bem-sucedida de SNTs evoluíram em resposta aos avanços tecnológicos e às novas ameaças emergentes, sendo que a adoção desses sistemas em larga escala enfrenta desafios significativos, que incluem barreiras técnicas, culturais, políticas, fiscais e processuais (Almirante MM Gilday, Chefe de Operações Navais EUA, *Unmanned Campaign Framework*, 2021).

Neste contexto, a Marinha Portuguesa deve demonstrar a sua capacidade de se adaptar às diretrizes e práticas da *NATO*, alinhando-se com as práticas dos países aliados. Para proporcionar uma visão detalhada, esta dissertação foca especialmente na adaptação das Forças Armadas dos Estados Unidos, que servem como um modelo exemplar devido à sua liderança e inovação no campo dos SNTs. A análise das abordagens e experiências dos EUA oferece uma base para entender como a Marinha Portuguesa pode melhorar sua própria integração e operacionalização dos SNTs.

Segundo o *Unmanned Campaign Framework, of Department of the Navy*¹⁸, deve-se ter como visão *“Make unmanned systems a trusted and sustainable part of the Naval force structure, integrated at speed to provide lethal, survivable, and scalable effects in support of*

¹⁸- O *Department of the Navy* é um dos três departamentos militares do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (*Department of the Air Force, Department of the Army*).

(<https://www.navy.mil/>).

the future maritime mission.” com o objetivo final de encontrar um equilíbrio dinâmico entre o uso de SNTs nos meios navais.

Para alcançar este equilíbrio, o Departamento da Marinha Dos EUA define 5 pilares essenciais, sendo estes:

- Desafios de plataformas: Infraestrutura, transporte, lançamento e recuperação de SNTs;
- Integração: Composto pelo treino e experiência do operador e suporte logístico;
- Tecnologias: Inteligência Artificial (IA), cibersegurança, navegação, resistência e confiabilidade;
- Dimensão da força: Com base, no Comando e Controlo (C2);
- Interoperabilidade: Conetividade entre plataformas e sistemas.

Tendo por base os respetivos pilares, os EUA reconhecem, como explorado anteriormente, a existência de diferentes graus de autonomia num espectro que vai desde sistemas operados por humanos, numa extremidade, até sistemas autónomos quase independentes, na outra extremidade. A meio caminho entre esses extremos, é possível observar a existência de sistemas supervisionados pelos militares, reconhecendo que as missões e a tecnologia implicarão diferentes graus de autonomia (*Unmanned Campaign Framework*, 2021).

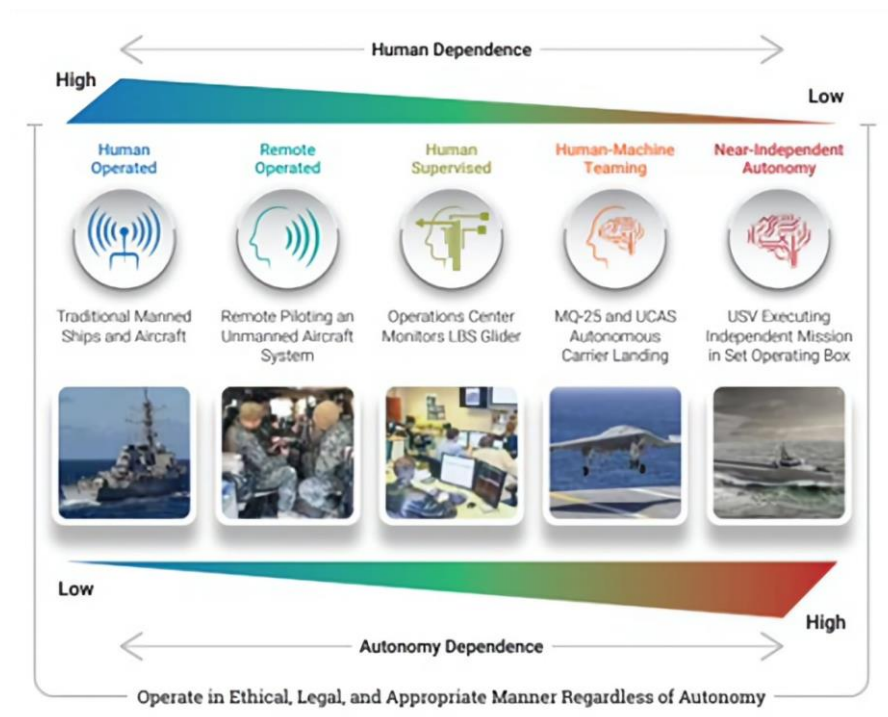


Figura 13- Human Dependence vs Autonomy Dependence.

Fonte: Department of the Navy (2021), *Unmanned Campaign Framework*.

Além da evolução das capacidades não tripuladas nas Forças Armadas dos EUA, destaca-se a recente criação da força “*The Pioneers*”, que em 2024 através do comando das Forças Navais dos EUA foi definida como a unidade para operações não tripuladas no Médio Oriente. O *Task Group 59.1* tem como objetivo gerir a formação de equipas de sistemas tripulados e não tripulados de modo a aumentar a segurança marítima na região. Esta iniciativa visa facilitar missões da *Task Force 59*¹⁹, o primeiro segmento não tripulado e de inteligência artificial (IA) da Marinha dos EUA no Médio Oriente (*United States Navy*, 2024).

Desde a sua criação em 2021, a *Task Force 59* tem operado com capacidades autónomas localizadas no Bahrein, Aqaba e Jordânia. O Sr. Comodoro da *Task Force*, Capitão Colin Corridan, salienta a importância desta iniciativa ao afirmar “*Breaking the molds of the legacy acquisition model requires a level of connective tissue between industry partners and*

¹⁹ -*Task Force 59* foi a primeira força naval composta por *unmanned and artificial intelligence units* estabelecida em 2021 na região do Médio Oriente pelos EUA.

the end user operators, and 59.1 answers that bell". Na qual os objetivos da *Task Force 59* demonstram-se alinhados com os da 5ª Frota dos EUA, estes que têm como objetivo enaltecere a defesa marítima e a estabilidade em áreas críticas como o Mar Vermelho, o Golfo Árábico, os Golfos de Omã e Aden, o Mar Árábico e partes do Oceano Índico. Esta área de operações abrange pontos estratégicos críticos como o Canal de Suez, o Estreito de Ormuz e o Estreito de Bab el Mandeb (*U.S. Fleet Forces Command, 2024*).

Desta forma a 5ª Frota dos EUA realizou diversas missões autónomas de IA na Península Árábica para monitorar as atividades da Marinha iraniana e do Corpo da Guarda Revolucionária Islâmica. Adicionalmente, a Marinha dos EUA colaborou com os Emirados Árabes Unidos (EAU) para realizar o primeiro exercício bilateral de sistemas não tripulados e IA no Golfo Pérsico (*United States Navy, 2024*). Estes salientam os benefícios do uso de sistemas não tripulados, proferindo *"The benefits of unmanned systems are numerous and undisputed. They reduce the reliance on human assets for carrying out tactical logistics as well as intelligence, surveillance and reconnaissance missions. The key benefit here is mission preparedness, leveraging the capabilities of cutting-edge technology to deliver the right information and supplies at the right time. A major achievement of unmanned systems is also their ability to gather real-time data. Eliminating time delays in data sharing means having full sight of adversary movement and tactics — a crucial advantage in modern warfare."* (*U.S. Fleet Forces Command, 2024*).

Deste modo os EUA referem que os sistemas não tripulados aéreos oferecem diversos benefícios, salientando entre muitos outros, os seguintes (*Joint Air Power Competence Centre, 2021*):

- **Reconhecimento e Vigilância:** A capacidade de transmitir informações sobre o terreno inimigo, posições de forças e atividades hostis, fornecendo *intelligence* crucial para o planeamento e execução de operações militares.
- **Aquisição de Alvos:** Equipados com sensores e câmaras, os SNTs-Aer além de identificar e localizar alvos com facilidade, permitem a realização de targeting para outras unidades, *Over the horizon Targeting (OTHT)*.
- **Apoio a Operações Especiais:** Capacidade de fornecer informações em tempo

real para equipas de operações especiais, aumentando a sua segurança e eficiência.

- **Guerra Eletrônica:** Capacidade de utilização em *Eletronic Warfare*, para interferir em comunicações opositoras, realizar reconhecimento eletrónico e/ou realizar ataques cibernéticos.
- **Apoio Logístico:** Reduzem a dependência de recursos humanos para realizar missões logísticas táticas, *intelligence* e *surveillance* das mesmas;
- **Segurança Marítima:** Podem ser utilizados para patrulhar áreas costeiras, monitorizar o tráfego marítimo ou combater tráficos existentes.

3. Utilização de SNTs-Aer em diversos tipos de cenário

Tendo em conta os objetivos da dissertação, e as metodologias de investigação anteriormente estabelecidas, o signatário no presente capítulo pretende demonstrar as possibilidades de adaptação de meios portugueses, entre estes os veículos demonstrados no apêndice E, ou a aquisição de outros, a vários tipos de cenários já adaptados em outras Forças Armadas de modo a garantir a segurança dos meios navais. Dos diversos teatros de operação a presente dissertação salienta operações *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*, *Anti-Submarine Warfare (ASW)*, *Anti-Surface Warfare (ASuW)*, *Naval Fire Support (NFS)* e *Anfibious Operations*.

Recentemente a *NATO* definiu os SNTs como veículos com capacidade de apoiar missões nas várias vertentes. Deste modo, é publicado o *ATP-3.3.8.2, “UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM TACTICS, TECHNIQUES AND PROCEDURES”* com o propósito de definir informações com base em táticas, técnicas e procedimentos padronizados para o planeamento, comando e controlo (C2) e emprego de sistemas de aeronaves não tripuladas (*UAS*) em operações da *NATO*.

Neste é salientado a importância dos SNTs e as principais considerações dos mesmos. Relativamente ao planeamento e utilização dos sistemas, este é semelhante e muitas vezes idêntico ao das aeronaves tripuladas. Na qual um oficial de ligação *UAS (LNO)* pode ajudar a facilitar o fluxo de informações entre as operações *UAS* e a unidade de apoio, de modo a garantir que a unidade “apoiada” compreenda as capacidades e limitações do *UAS*. Dependendo do veículo utilizado, os *UAS* têm capacidades de desempenhar múltiplas funções durante a sua missão, já que alguns *UA* possuem capacidade para diferentes tipos de *payloads* e tipos de armas (*NATO*, 2020).

De acordo com a *NATO*, algumas das missões realizadas por *UAS* são (*NATO*, 2020; *NATO*, 2023a):

- *Intelligence, Surveillance e Reconnaissance (ISR)*- Fornecimento de vigilância e reconhecimento de áreas de interesse em território amigo ou inimigo;
- *Situational Awareness and Situational Understanding*- Fornecimento de um ponto

situacional do teatro de operações;

- *Security*- Existência de um tempo de reação rápido e espaço de manobra para controlo e segurança de áreas;
- *Targeting*- Capacidade de designação e orientação de alvos, iluminação e *battle damage assessment (BDA)*;
- *Communication Support/Relay*- Atuar como retransmissor de comunicações aéreas;
- *Movement Support*- Fornecer segurança a unidades como comboios militares, deteção de minas e dispositivos explosivos improvisados;
- *Air Interdiction*- Fornecer *support* a nível de plataforma de coordenação e reconhecimento de ataque;
- *Close Air Support*²⁰ (*CAS*)- Atuar como plataformas de lançamento de armas para *Close Air Support* e/ou podem ser capazes de apoiar forças com reconhecimento e definição de alvos;
- *Personnel Recover (PR) Support*- Utilização de *UAS* no auxílio de missões *PR*;
- *Suppression of Enemy Air Defences (SEAD)*- Emprego de *UAS* ofensivos contra defesas aéreas de alto valor e/ou alto risco;
- *Direct Attack*- Capacidade de realizar operações ofensivas, pré-programadas através de *waypoints*, coordenadas ou procedimentos de geoimagem.
- *Electromagnetic Warfare (EW)*- Utilização *UAS* equipados com equipamentos eletrónicos com o intuito de realizar reconhecimento por radiofrequência (RF) e interferência de sistemas de comunicação e sensores.
- *Cyber-Attack*- Utilização de *UAS* com capacidade de ataque cibernéticos. Na qual, através de aplicações de dispositivos na falsificação de Wi-Fi, a possibilidade de conectividade a redes de sistemas de informação inimigas.
- *Combined attacks*- Realização de ataque combinado de *UAS* com outros

²⁰ - *Close Air Support* é definida como a ação aérea de aeronaves contra alvos hostis que se encontram na proximidade de forças amigas e que requerem uma integração com apoio de fogo o movimento dessas forças (https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-03/3-03-D04-CLFundamentals.pdf).

O signatário salienta a existencia de mais informações relativas a *Close Air Support* no *ATP 3.3.2.1 Tactics, Techniques, and Procedures for Close Air Support and Interdiction*.

equipamentos ofensivos.

- *Saturation Attack (SWARM)* – Utilização de *sistemas* com capacidade de controlo de vários veículos simultaneamente com o intuito de sobrecarregar as defesas C-UAS inimigas.
- *Maritime Operations*²¹ - Utilização de UAS para apoio ou operações ofensivas marítimas, controlo marítimo e apoio a manobras de navios de modo a garantir a segurança das unidades navais.

3.1 Intelligence, Surveillance and Reconnaissance

As missões *Surveillance* e *Reconnaissance*, apresentam-se como três das potencialidades dos SNTs-Aer em meio operacional. Na figura 14 é possível observar os dois tipos de *Scouting*, os respetivos tipos de missão, métodos, fases e *tasks* dos mesmos definidos pela NATO no ATP1, Vol1, *Allied Maritime Tactical Instructions and Procedures*.

“O reconhecimento é uma missão realizada com o intuito de obter informações sobre as atividades e recursos de um inimigo ou potencial inimigo, para recolher dados relativos às características meteorológicas, hidrográficas ou geográficas de uma área específica.” (NATO, 2020). A falha na condução das respetivas missões pode resultar desde a perda de iniciativa e incapacidade de aproveitar oportunidades momentâneas, como permitir que os opositores inflijam perdas às forças amigas e, em última instância, cause o fracasso da missão. Como parte do esforço global da *intelligence*, as operações de reconhecimento apoiam o processo de tomada de decisão do comandante, recolhendo informações essenciais para desenvolver a consciência situacional e satisfazer requisitos críticos de informação (Skywatch, 2018).

²¹ -Operações marítimas que abrangem as atividades das forças navais contemporâneas em ações militares (<https://tsoarmor.com/training/maritime-operations/>)

O signatário salienta a existência de mais informações relativas a *Maritime Operations* na publicação AJP-3.1, *Joint Maritime Operations* e ATP-3.3.3.1, *Air-Maritime Coordinative Procedures*.

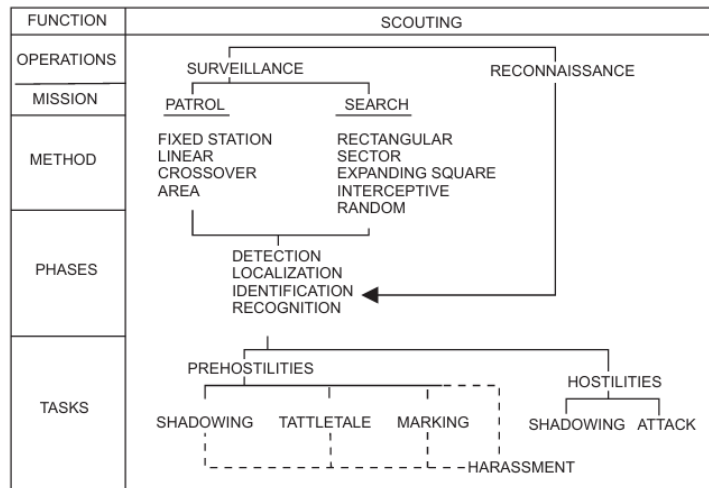


Figura 14- Scouting Discription.

Fonte: NATO (2014), ATP 1 Vol1.

A NATO define ainda os UAS como plataformas ideais para missões de reconhecimento devido à sua capacidade de observação prolongada e à natureza relativamente passiva da plataforma. Desta forma, são definidos vários tipos de missões de reconhecimento (NATO, 2020):

Route Reconnaissance- Este tipo de operação visa obter informações detalhadas sobre uma rota específica e as áreas adjacentes à mesma, proporcionando uma defesa antecipada adequada à missão e identificando *critical points*.

Zone Reconnaissance- Esta operação visa obter informações sobre todas as rotas, obstáculos, terreno e forças inimigas dentro de uma zona definida por limites, sendo referencialmente utilizada quando o conhecimento existente do terreno é limitado.

Area Reconnaissance- A principal diferença entre o reconhecimento de zona e de área reside na natureza dos limites definidos, sendo que o reconhecimento de área possui limites mais permissivos e deste modo uma maior flexibilidade e liberdade aos UAS, possibilitando a deslocação e reconhecimento de uma área ampla ou várias áreas de menor dimensão e dispersas.

Segundo a empresa *Skywatch*, a capacidade de escolher o sistema certo é mais complexo do que escolher apenas plataforma. Isto pode ser sublinhado porque a plataforma UA também deve ser vista no contexto do perfil da missão e de como os dados recolhidos precisam de ser usados e distribuídos dentro da organização.

Assim sendo, torna-se vital considerar três áreas principais, Perfil da Missão, Propósito e o *Back-end* de Dados. Tendo em conta os respetivos parâmetros, garante-se a escolha do UAS mais adequado para a missão específica de reconhecimento. Esta consideração deve assim incluir a resposta às questões associadas às três áreas principais (*Skywatch*, 2018):

What is required in terms C2/C4I integration

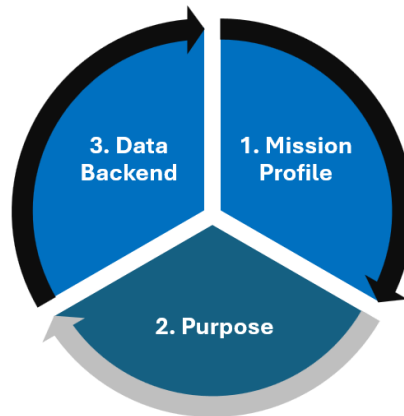
Is it required that the data can be added to the existing situational awareness picture?

What data link is available?

Is there bandwidth available to share video from the UAV team to the reconnaissance team or is required that the reconnaissance team can access the video directly

Which optical systems are available for the reconnaissance team?

Is Laser Range Finders or designators available?



What is the risk level exist for the reconnaissance?

Is the reconnaissance unit close to a hostile force

What is the mission dynamics?

Is the launch site of the mini UAVs mobile or stationary? Is it expected that the situation can change during the mission?

What is the purpose of the reconnaissance mission?

Is the mission route, area, zone or force oriented focused?

What are the objects of interest?

Is it people, vehicles and/or buildings?

To what extend is time a factor?

Is it required that the UAV can get on target within minutes or hours?

Ilustração 1- Caracterização das 3 principais áreas na escolha de UAS.

Fonte: Skywatch, 2018.

Em contrapartida, operações *Surveillance* consistem na observação sistemática de espaços aéreos, marítimos ou terrestre, na qual através de diferentes tipos de *payloads* têm a capacidade de recolher informações essenciais para a missão. Esta prática envolve frequentemente a monitorização de ameaças e atividades locais em *areas of interest (NAI)* ou *target areas of interest (TAI)*. Uma missão de *surveillance* pode ser implementada independentemente ou integrada numa missão de reconhecimento, especialmente no caso de *Area Reconnaissance (NATO, 2020)*. São assim definidas duas características principais numa operação *Surveillance*:

Surveillance de uma área específica- Esta missão envolve a monitorização de uma área de interesse para as forças operacionais.

Surveillance de longa duração- Esta missão permite a monitorização contínua de vias de abordagem, *NAIs*, *TAIs*, pontos de decisão ou outras áreas críticas para a missão.

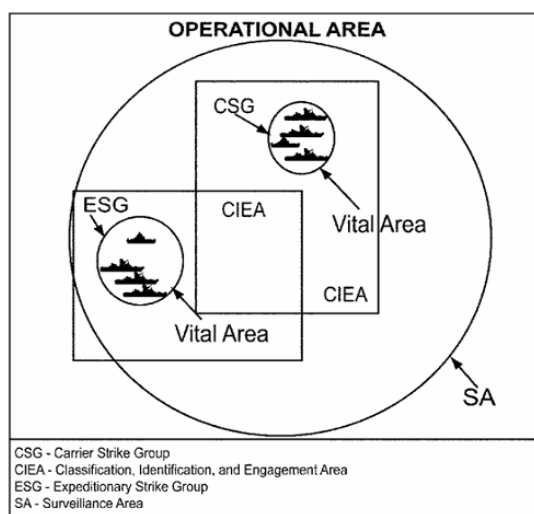


Figura 15- Maritime Operational Area.

Fonte: NATO (2020), ATP 3.3.8.2.

3.2 Anti-Submarine Warfare

Com o intuito de esclarecer o objetivo da guerra anti-submarina a *NATO Doctrine* descreve o mesmo como o “*deny the enemy effective use of their submarines.*” (NATO, 2017c), na qual, para este efeito as forças ASW devem assegurar os seguintes pontos operacionais (NATO, 2020):

- Localizar e neutralizar/ destruir ameaças submarinas;
- Impedir operações submarinas hostis numa área específica (detecção e dissuasão).
- Garantir a chegada segura e atempada de navios ou forças aos seus destinos.
- Proteção de alvos contra ataques submarinos.
- Proteção de vias navegáveis costeiras contra inserção submarina.

De modo a compreender as capacidades, limitações, planeamento e conceitos de emprego para SNTs, a NATO define ainda várias vertentes na qual a utilização dos mesmos apoiam as operações ASW. Sendo estes (NATO, 2020):

- Capacidade de *Surveillance* em pontos de estrangulamento para detetar, seguir e localizar submarinos inimigos;
- Colaboração direta com outros meios aéreos tripulados e não tripulados para fornecer *ISR* e deste modo, através do uso de *surveillance payloads* melhorar a capacidades de apoio nas *Operations Area*;
- SNTs com capacidade de armamento possibilitam o fornecimento de apoio ofensivo, permitindo assim a execução de *ASW offensive procedures*;
- Certos *payloads* permitem igualmente fornecer capacidades de retransmissão de dados para ampliar o alcance das aeronaves não tripuladas ou tripuladas de um navio, permitindo que os navios permaneçam a uma distância segura das *Danger Zones* ou de outras áreas específicas da missão.

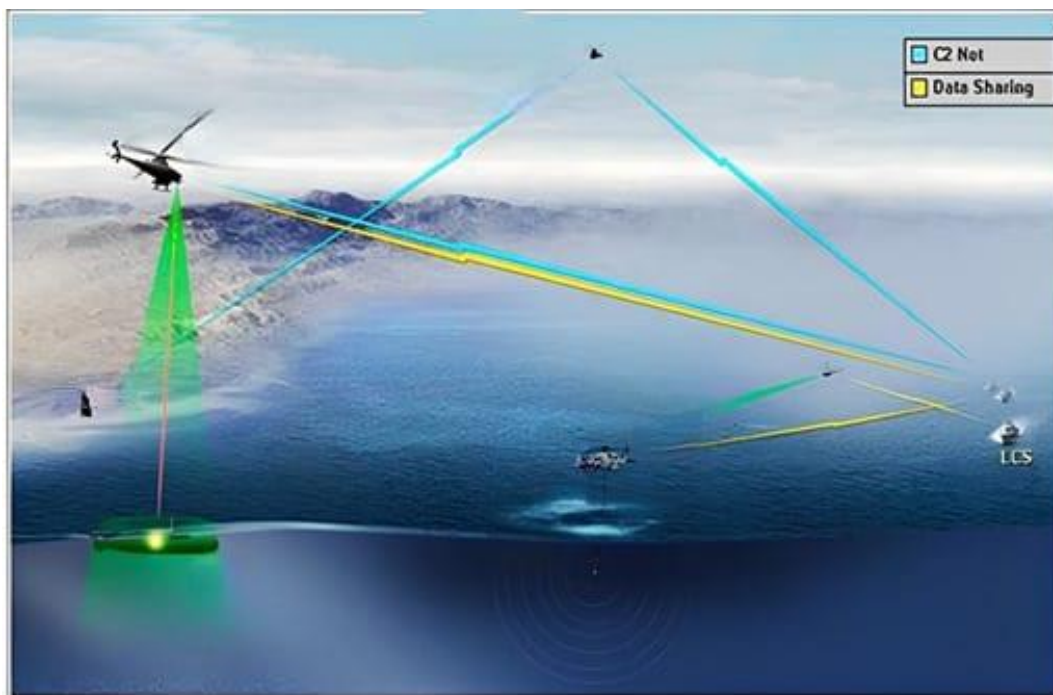


Figura 16- UAS Supporting ASW.

Fonte: NATO (2020), ATP 3.3.8.2.

3.3 Anti-surface Warfare (ASUW)

Segundo doutrina NATO, operações ASUW têm como finalidade destruir ou neutralizar as forças navais de superfície inimigas (NATO, 2014). Assim, os sistemas não tripulados aéreos possuem a capacidade de fornecer apoio significativo às missões ASUW, disponibilizando diversas vantagens a nível operacional, tais como (NATO, 2020):

- Localização, classificação e identificação de forças de superfície inimigas, sendo estas posteriormente transmitidas às respectivas forças;
- Aplicados na defesa de ameaças assimétricas, como podem ser exemplo *fast attack crafts*, fornecendo identificação, classificação e localização através de equipamentos como *laser designator/range finder*, ou outros *payloads* que os respectivos veículos apresentem;
- Fornecer imagens navais de longo alcance, além do horizonte radar (*OTH*), com o intuito de realizar *targeting* a mísseis com esta mesma capacidade, como é

exemplo o *HARPOON*, o *HARPOON BLK 3* e diversos mísseis de cruzeiro anti-navio “de última geração”.

Além destes, também é possível proceder com a neutralização de ameaças de superfície através do emprego de armas ar-superfície.

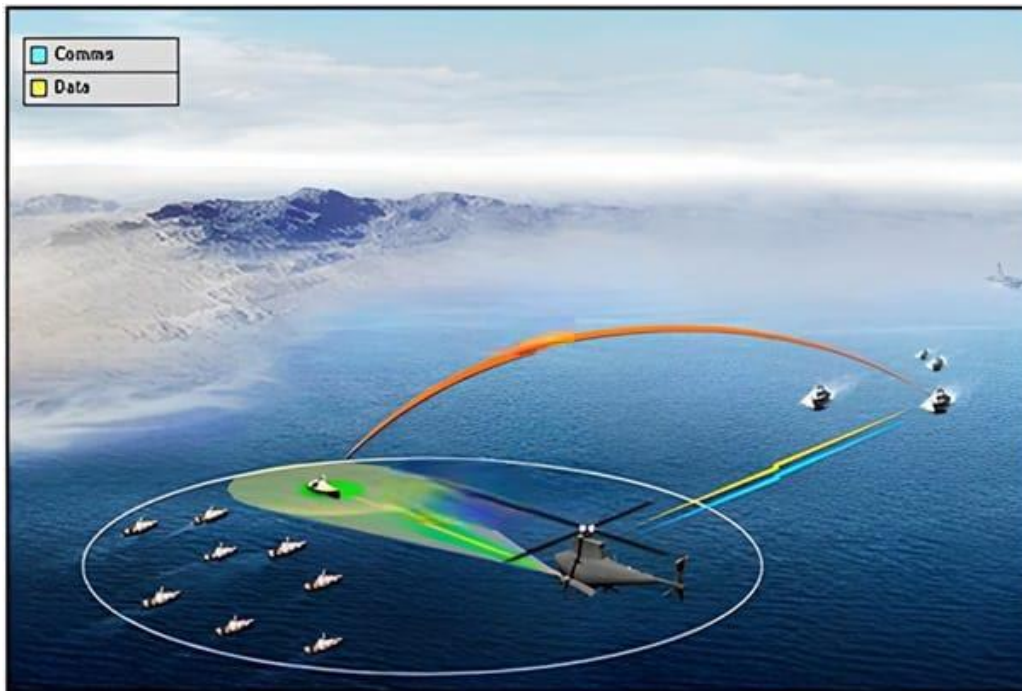


Figura 17- UAS Supporting ASUW for a Non-LOS engagement.

Fonte: NATO (2020), ATP 3.3.8.2.

3.4 Naval Fire Support (NFS)

Naval Fire Support Missions são operações definidas com o objetivo e capacidade de “fornecer disparos precisos, de alto volume e de longo alcance para apoio de forças” (NATO, 2014a). Na qual os SNTs permitem o fornecimento de apoio através das suas capacidades *ISR* e capacidades de aquisição de alvos ao longo de costa. Estes, se complementados com câmaras *EO/IR* permitem capacidades de fornecimento de dados, na qual possibilitam ser direcionados à unidade de tiro para facilitar disparos navais eficazes que minimizem o risco para as forças amigas que estão em contato próximo com o inimigo. SNTs ofensivos proporcionam ainda capacidades de ataque direto a forças inimigas (NATO, 2020).

3.5 Amphibious Operations

“An amphibious operation is a military operation launched from the sea by a naval and landing force embarked in ships or craft - with the principal purpose of projecting the landing force (LF) ashore tactically into an environment ranging from permissive to hostile.” (NATO, 2013). Deste modo, existem diversas maneiras na qual veículos não tripulados aéreos podem apoiar decisões de operações anfíbias ao fornecer proteção à força naval e à força de desembarque durante operações anfíbias, sendo estas (NATO, 2020):

- Capacidade de fornecer *ISR* tático e capacidade de aquisição de alvos, bem como *surveillance* e *reconnaissance* na área de operação de modo a permitir uma melhor tomada de decisão e uma melhor integração com os esquemas de manobra marítimos e terrestres.
- SNTs com capacidade de armamento possibilitam capacidade de *fire support* para as forças amigas como representado na figura 18.

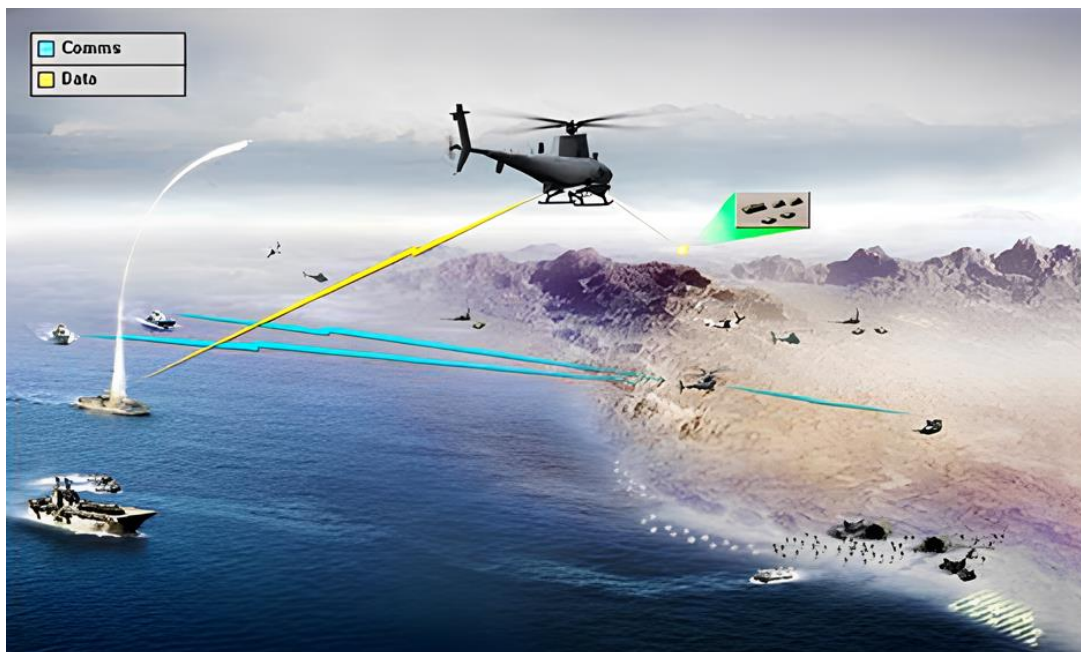


Figura 18- UAS Supporting Amphibious Ops and Naval Fire Support.

Fonte: NATO (2020), ATP 3.3.8.2.

3.6 Controle do Espaço Aéreo Marítimo e *Anti-Air Warfare* (AAW)

Ao considerar as unidades navais portuguesas e para uma melhor compreensão deste capítulo, o signatário pretende destacar dois principais grupos destas unidades. As fragatas, unidades navais de superfície equipadas com sensores radar de defesa aérea e sistemas de armas, e outras classes, como navios patrulha, lanchas de fiscalização, etc, que não possuem esses equipamentos. Tendo em conta que o controlo do espaço aéreo marítimo próximo das unidades de superfície torna-se um dos fatores mais relevantes para o sucesso e segurança das mesmas, observa-se a importância na diferença entre a cooperação entre SNT- Unidade naval com sensores de defesa aérea, e, SNT- Unidade naval sem sensores de defesa aérea, visto que as capacidades dos meios navais influenciam posteriormente os métodos de utilização e empregabilidade dos respetivos SNTs. Este destaque no controlo do espaço aéreo marítimo envolve coordenação e resolução de conflitos com múltiplas agências de controlo dentro do setor marítimo, já que estas são regidas por documentos de planeamento e execução do espaço aéreo C2, incluindo o ACO, ATO e ADP²² (NATO, 2020). A figura 19 representa o espaço aéreo C2 ao torno de uma unidade naval e as comunicações envolvidas.

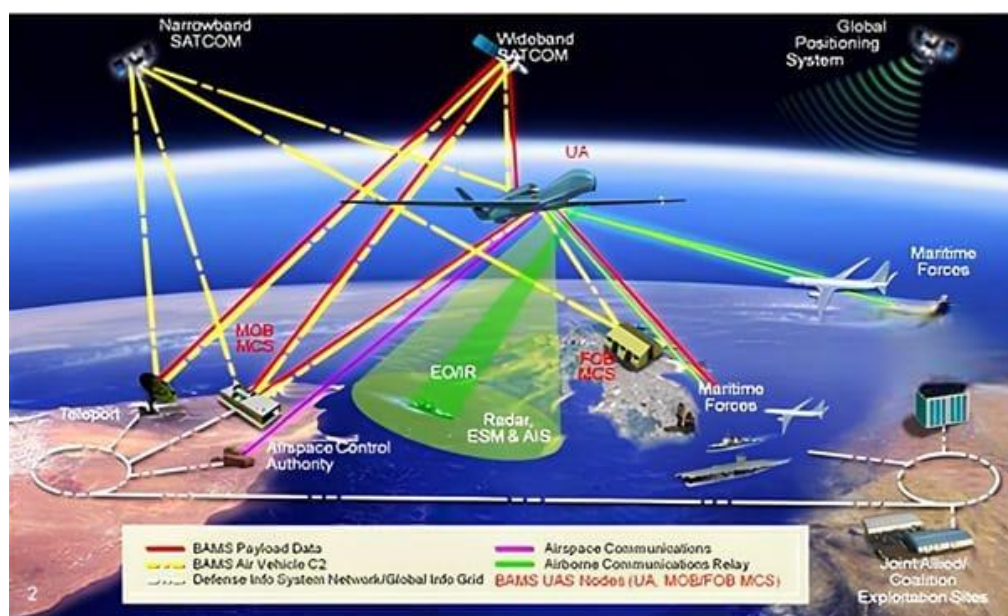


Figura 19- Theatre/Battle Group UAS C2.

Fonte: NATO (2020), ATP 3.3.8.2.

²² - ACO- Airspace Control Order, ACT- Airspace Control Plan, ATO- Air Tasking Order

Tendo em conta o tipo de unidade naval na qual o veículo não tripulado está inserido é ainda possível observar vantagens a nível operacional AAW, a finalidade da guerra antiaérea é definida no ATP-31, como *“The employ maritime assets to counter the enemy surface and air threat. AWW encompasses all operations included in Anti-Air (AAW) and Anti-Surface Warfare (ASUW)”* na qual a utilização de SNTs-Aer concede a possibilidade de, através de capacidades *ISR*, estabelecer e aprimorar um adequado aviso antecipado e consequentemente permitir à unidade naval constituir uma defesa em profundidade mais segura para a força.

Para maximizar a capacidade de recursos, os comandantes das forças navais a nível estratégico devem ter em conta um planeamento detalhado antes da chegada de um *UAS* ao teatro de operações. Sendo que este planeamento incluirá informações como os ambientes operacionais esperados, definir as forças apoiadas e métodos de comunicação utilizados para realizar o controle direto e indireto dos ativos.

3.7 Outros teatros de operação

O signatário pretende ainda realçar a necessidade de existência de uma flexibilidade operacional, na qual através de vários fatores internos, como os equipamentos e sensores disponíveis nas respetivas unidades navais, e fatores externos, representados pelos diversos teatros operacionais na qual a força pode ser sujeita, torna-se essencial observar capacidades de adaptação a nível estratégico e operacional para uma maximização da eficácia de utilização destes veículos.

Adicionalmente, além dos teatros de operação destacados anteriormente, são diversas as situações a que uma força naval pode estar sujeita, como podem ser exemplo operações de interdição marítima (*MIO*), missões antipirataria, vigilância a navios suspeitos, abordagens, etc.

3.8 Vulnerabilidades

Tendo anteriormente sido explorado os teatros de operação na qual podem ser utilizados SNTs-Aer, no âmbito geral e naval, o signatário pretende posteriormente salientar as vulnerabilidades dos mesmos, também destacadas em várias publicações da *NATO*, como é exemplo o *ATP 3.3.8.2*, *ATP 3-01.81* e *ATP 117*.

Deste modo é possível destacar certos pontos que se apresentam como os mais vulneráveis à utilização de veículos não tripulados aéreos, entre estes (*NATO*, 2020; *NATO*, 2023a):

- Condições Meteorológicas;
- Limitações tecnológicas;
- *C-UAS*.

3.8.1 Condições Meteorológicas

Embora todos os veículos aéreos sejam afetados por condições meteorológicas, os *UAS* Classe I de menor porte são particularmente sensíveis aos mesmos. Assim, fatores como a intensidade do vento, a temperatura, nível de precipitação, visibilidade, etc, influenciam significativamente a sua capacidade operacional. Para mais, condições meteorológicas como nevoeiro denso ou nuvens, possibilitam uma diminuição na eficácia da recolha de informações desses sistemas e, eventualmente, comprometem a comunicação com estes através de interferências nos meios de comunicações *datalink* (*NATO*, 2023a).

3.8.2 Limitações tecnológicas

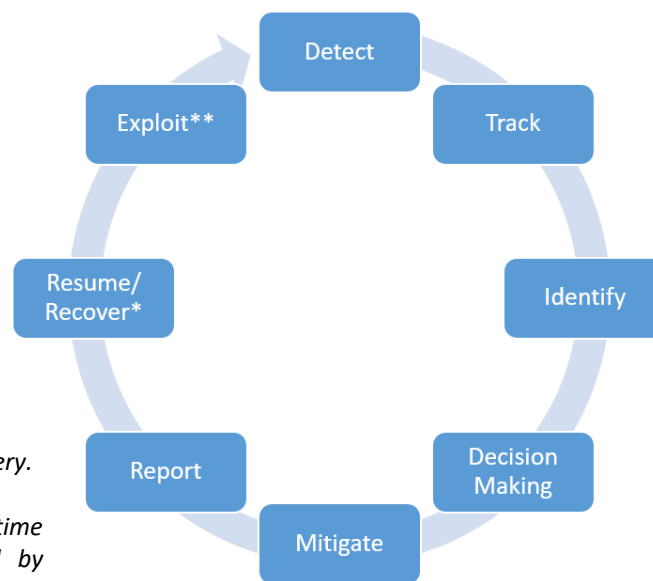
Além das condições meteorológicas, que representam um desafio significativo para os *UAS* Classe I, outros fatores também limitam a sua eficácia operacional. Atualmente observa-se essencialmente limitações físicas em duas componentes do *UAV*. Primeiramente, os motores e baterias aplicadas nestes apresentam uma capacidade restrita, resultando em limitações ao nível da autonomia. Posteriormente, os sistemas de navegação na qual se

inserem a utilização do *Global Navigation Satellite System (GNSS)* e *Inertial navigation system (INS)*, enfrentam limitações em termos de capacidade e de desempenho (NATO, 2023a). No entanto, para superar essas restrições, os sistemas estão a sofrer uma evolução contínua, com a integração de sistemas de navegação secundários e a adoção de técnicas de salto de frequência para mitigar as medidas C-UAS (NATO, 2023a).

3.8.3 Countermeasures UAS (C-UAS)

Com a crescente utilização de UAS para fins militares, surgiu a necessidade de desenvolver métodos eficazes para neutralizar esses mesmos sistemas. Assim, os sistemas C-UAS têm-se vindo a demonstrar essenciais nas considerações de operações UAS, sendo classificados em duas tipologias: defensivas e ofensivas. Posteriormente, as medidas defensivas dividem-se em duas categorias: passivas e ativas. Enquanto as medidas passivas visam melhorar a capacidade de sobrevivência e reduzir a probabilidade de detecção e ataque, as medidas ativas são implementadas quando um UAS inimigo é detectado (NATO, 2023).

Assim, as medidas defensivas passivas incluem técnicas como camuflagem e ocultação, dispersão de forças, deslocamento de forças e reforço estrutural. Estas abordagens têm como objetivo principal diminuir a visibilidade dos alvos e reduzir a probabilidade de detecção e ataque, agindo como uma primeira linha de defesa contra ameaças aéreas. Adicionalmente, como medida defensiva ativa, a NATO define um ciclo de operações C-UAS, este demonstrado na figura 20, na qual envolve as várias etapas essenciais para a neutralização de ameaças UAS, aumentando assim a capacidade de interseção e segurança das operações (NATO, 2023).



* *Optional, if conditions permit recovery.*

** *Optional, this would be time consuming and may be prevented by battelfield conditions.*

Figura 20- Ciclo de operações C-UAS

Fonte: NATO (2023a), ATP 117.

No que diz respeito às contramedidas ofensivas, o signatário pretende salientar a importância de tanto uma *intelligence* adequada aos equipamentos inimigos, quanto a capacidades de deteção igualmente desenvolvidas, visto que apenas desta forma é possível criar linhas de ação para neutralizar os mesmos (Markarian, G. & Staniforth, A., 2020). Segundo Garik Markarian e Andrew Staniforth, para o desenvolvimento de um sistema C-UAV é necessário definir um conjunto abrangente de procedimentos e requisitos, incluindo todo o processo, desde a deteção e classificação, até à neutralização e acusação da mesma. Na figura 21 é possível analisar os diversos exemplos de contramedidas ofensivas existentes, estes também salientados no ATP 117, *Countering class I unmanned aircraft systems (UAS) doctrine*.

Countermeasure	Description
RF jamming	
GNSS jamming	Disrupts UAV's GNSS link, GPS, or GLONASS; without synchronization with GNSS system, a UAV will hover, land, or return to home
Spoofing	Allows the C-UAV system operator to take control of or misdirect the targeted UAV by creating a virtual GNSS channel with wrong navigation information
Hacking	Interception of UAVs navigation system and reading its flight plan and flight data
Dazzling	Implementation of high-power laser beam(s) to blind the camera(s) on the UAV
Laser	Burns a critical part of the UAV's frame and components (see Chapter 3) using direct energy, causing a crash of the UAV
High-power microwave	Send pulses of high-power microwave signals, destroying the UAV's electronics components
Shooting nets	Entangles drones and/or its propellers
Projectiles	Employs regular or custom-designed ammunition to destroy the incoming UAV
Water cannons	Directs high-pressure water towards incoming UAV, causing crash
Interceptor drone	A drone designed to intercept the target drone and bring it back to base
Collision drone	A drone designed to collide with the target UAVs
Falcon	A specially trained falcon bird that catches UAVs as prey
Missiles	Conventional missiles used for destroying large UAVs
Guns	Conventional rifles used by snipers to shoot down the UAV
Combined effectors	A number of different and complementary neutralization techniques used in the same C-UAV system for increased reliability of neutralization

Figura 21- *Contramedidas usadas em sistemas UAV (C-UAV).*

Fonte: Markarian, G., & Staniforth, A. (2020), *Countermeasures for Aerial Drones*.

Como observável, soluções vão desde a interceção de assinaturas de RF até métodos cinéticos como a utilização de outros *UAS*, disparo de projéteis ou mesmo mísseis (Markarian, G., & Staniforth, A., 2020). No entanto, como sublinhado anteriormente, não existe uma solução única que permita trabalhar de forma eficiente e económica em todos os cenários de ameaça possíveis, salientando que cada *UAS* apresenta as suas vulnerabilidades e só conhecendo estas é possível desenvolver e aplicar a contramedida mais adequada.

Com base nos recursos atuais, a seguinte figura é apresentada no ATP 117, com o intuito de salientar os desafios e as facilidades para sensores e efetores C-UAS.

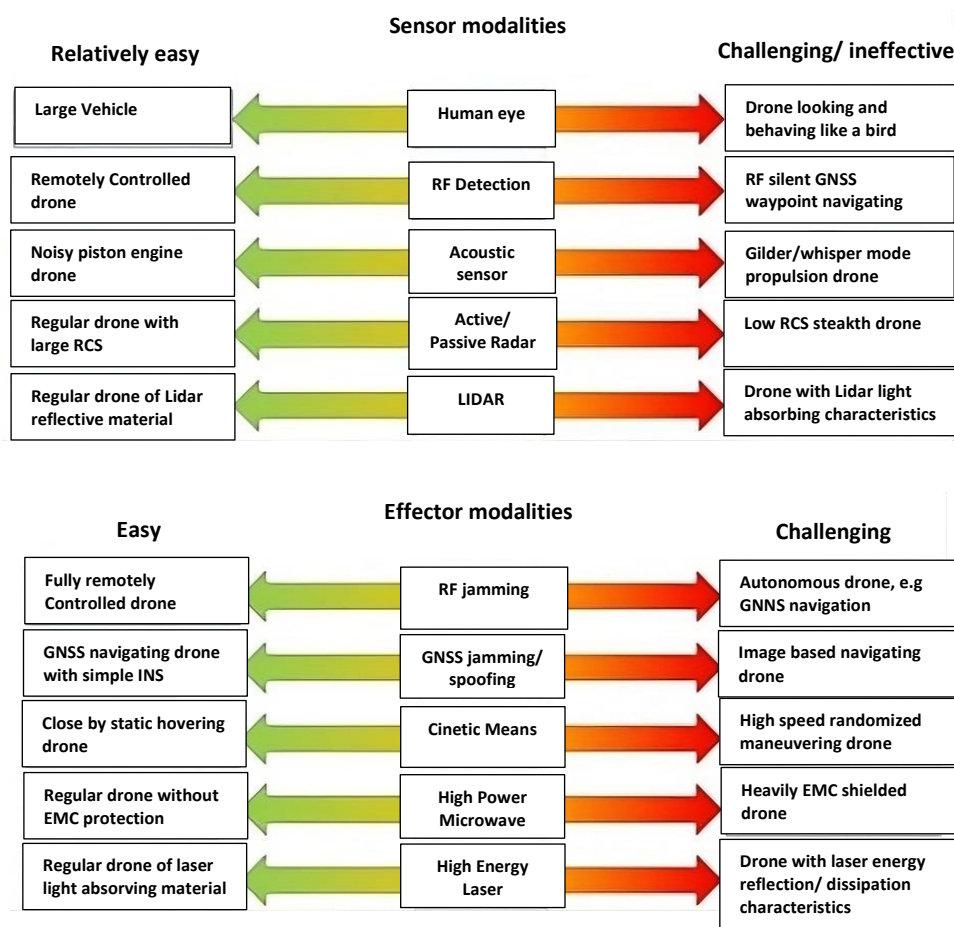


Figura 22- Desafios e facilidades para sensores e efetores C-UAS.

Fonte: NATO (2023), ATP 117.

É ainda salientado no Anexo C, diversos equipamentos e sistemas ofensivos C-UAS, entre estes os sistemas *smart shooter*, *UAS drone buster*, *modi* e o veículo de EW Russo *Borisoglebsk-2*.

4. Edificação dos SNT na Marinha Portuguesa

Após a realização de um capítulo introdutório com base na investigação, conceitos, desenvolvimento e inovação dos sistemas não tripulados aéreos e um capítulo onde se explora a utilização de SNTs-Aer pelas FFAA portuguesas e os diversos sistemas utilizados por países estrangeiros nos vários meios operacionais, iremos em seguida identificar as condições necessárias para a sua implementação. Para alcançar este objetivo, o signatário pretende explorar a aplicação do sistema *DOTMLPF-I*, utilizado para a criação de uma nova capacidade e desse modo investigar as bases necessárias para a criação e implementação nos meios navais portugueses desta capacidade adaptada a partir dos princípios conceptuais da *NATO* relativos à capacidade *UAS* (Anexo D). Este modelo, criado pela *NATO* representa uma metodologia sistemática, composta por várias etapas necessárias para a criação de uma nova capacidade militar. Segundo o *Institute for Defense Analyses*²³ (*IDA*), “*Programs must be supported by long-range strategies that implement Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities and Interoperability (DOTMLPF-I) policy changes while still maintaining a ready force*” (Norton T., 2016), sendo que, segundo o VALM Silvestre Correia, as perspetivas das FFAA sobre a edificação da capacidade *UAS* serão naturalmente diferentes, devido às diferenças existentes entre os meios, objetivos e o emprego destes sistemas nos respetivos ramos das FFAA Portuguesas (VALM Silvestre Correia, 2021).

4.1 Doutrina

Com o propósito de obter informações relevantes à edificação da capacidade na Marinha Portuguesa, o signatário realizou uma entrevista semi-estruturada ao Chefe de serviço de Operações da Unidade X-31 da Marinha Portuguesa, Sr. Tenente Rodrigues Marante, que atualmente encontra-se responsável pelo desenvolvimento da doutrina operacional para a edificação de sistemas não tripulados. Durante a entrevista, Rodrigues Marante destacou a importância da standardização neste processo, um elemento crítico

²³ -*Institute for Defense Analyses* é uma corporação sem fins lucrativos que opera três centros de pesquisa e desenvolvimento financiados pelo governo federal para fornecer análises objetivas de questões de segurança nacional e conduzir pesquisas relacionadas a outros desafios nacionais (<https://www.ida.org/>).

devido ao compromisso nacional em operações conjuntas com forças nacionais e forças aliadas *NATO*, assegurando deste modo uma padronização nas operações ocorrentes tanto entre a Marinha Portuguesa como entre FFAA aliadas. Contudo, ressaltou igualmente a necessidade de considerar a especificidade nacional durante o processo (Tenente Rodrigues Marante, 2024).

Deste modo, a doutrina da capacidade operacional *UAS* na Marinha Portuguesa encontra-se atualmente em fase de desenvolvimento, de modo a instruir as capacidades e posteriormente definir as respostas ao nível tático, sendo este nível que define os modos de operação para a parte operacional (Tenente Rodrigues Marante, 2024).

4.2 Organização

A otimização de uma capacidade *UAS* depende dos requisitos estruturais, sejam estes hierárquicos ou funcionais (MGEN R. Tendeiro, 2021).

Assim sendo, uma das preocupações na edificação deve consistir na organização da capacidade nos diversos níveis hierárquicos, por forma que as forças operacionais, o pessoal de apoio e os sistemas de apoio logístico sejam definidos, e deste modo, otimizados no escalão adequado a cumprir os objetivos/requisitos da missão (*Joint Air Power Competence Centre*, 2010a).

A edificação da capacidade *UAS* nacional a nível estratégico deve estar apoiado numa base política estratégica que permita a gestão administrativa de projetos, com alocação de verbas específicas a tarefas concretas. Tendo como objetivo a Interoperabilidade entre FFAA portuguesas e aliança *NATO* (Oliveira, J., 2014). Neste nível são definidos procedimentos que

determinam as metas e os objetivos da respetiva operação através de *CONOPS*²⁴ e *CONEMP*²⁵ (*Joint Air Power Competence Centre*, 2010).

4.3 Treino

Segundo R. Tendeiro, o treino, ao qual se adicionam as necessidades de formação, deve ser tanto quanto possível, um conjunto. Nesta perspetiva, as atividades de formação devem ser definidas quanto á aplicação, coordenação e aprendizagem de Táticas, Técnicas e Procedimentos comuns na edificação da Capacidade *UAS* nas FFAA Portuguesas, tendo como base os objetivos de interoperabilidade (Pinto, C., 2021).

O treino/formação deve respeitar as normas estabelecidas de modo a dotar os operadores das valências necessárias à operação de SNTs em contexto conjunto e combinado, recorrendo para tal a redes de informação operacional que estabeleçam as linhas para a formação/treino dos operadores (*NATO*, 2019a).

A formação dos Operadores *UAS* é realizada através do curso de Formação de Pilotos Remotos, estando este dividido nas respetivas classes I, II e III. A Marinha Portuguesa atualmente dispõe operadores *UAS* formados na classe I, estando esta posteriormente dividida nos níveis A, B e C, estando uma maior parte da unidade X-31 formada com o nível *Charlie*, este realizado na Força Aérea Portuguesa (sendo que os níveis *Alpha* e *Bravo* são realizados na esquadrilha de helicópteros da MP).

²⁴- *Concept of operations* é uma definição que engloba pressupostos e/ou intenções de um comandante relativamente a uma operação ou série de operações.

(<https://www.dau.edu/acquikipedia-article/concept-operations-conops>).

²⁵ - *Concept of Employment* é a descrição da utilização prevista de uma capacidade militar de alto nível em termos de quem são os utilizadores da capacidade e para que pretendem utilizar a respetiva capacidade. (<https://www.jstor.org/stable/resrep13979.17>).

4.4 Material

Cada departamento militar deve estar adequadamente equipado com um programa de aquisição e distribuição de equipamentos que satisfaça os requisitos para cumprir as suas missões (Gonçalves, A., 2017). Na qual segundo R. Tendeiro, diretor da Divisão de Inovação e Transformação do EMGFA em 2021, é fundamental considerar o potencial de colaboração com a indústria nacional na materialização da capacidade de UAS. Sendo que, para aumentar a eficácia na edificação de uma capacidade, o projeto deve ser inicialmente planeado com os materiais pretendidos. A identificação de necessidades deve ser definida tendo em conta os objetivos estratégicos, a situação económico-financeira e a otimização de recursos atuais, procurando deste modo tornar possível desenvolver a capacidade em torno dos sistemas não tripulados necessários à Marinha Portuguesa (MGEM R. Tendeiro, 2021).

4.5 Liderança

A liderança e o ensino das capacidades UAS devem definir o propósito da missão, direcionar e motivar para que este seja eficaz. A liderança deve proporcionar formação académica adequada que permita desenvolver as competências pessoais e contribuir para o sucesso da missão (*Joint Air Power Competence Centre, 2010a*).

A Força Aérea dos Estados Unidos define no plano de voo de sistemas de aeronaves não tripuladas *“Education of SUAS-unique capabilities may need to be incorporated into all levels of Professional Military Education (PME). The Air Force Learning Committee (AFLC) will vet this through the Force Management Development Council (FMDC) for the appropriate level of emphasis and curriculum development”*. A partir desta é possível retirar a necessidade de após definição da doutrina, organização, treino e material haver uma componente específica para a liderança e educação desta capacidade nas várias entidades das FFAA.

4.6 Pessoal

Segundo o VALM Silvestre Correia (2021), é necessário especializar os recursos humanos de modo a permitir a criação de carreira e especialidade nesta área. O emprego de *UAS* como nova capacidade é essencial para garantir os meios necessários para a sua operação, nomeadamente os recursos humanos e as respetivas qualificações bem como as infraestruturas de comunicações e de redes necessárias para uma operação segura, eficaz e eficiente, através de um correto financiamento na área da formação e especialização (Pinto, C., 2021).

A capacidade *UAS* nacional deve dotar-se do quantitativo adequado à operação dos meios atribuídos, sendo responsabilidade de cada um dos Ramos das FFAA definir os meios quantitativos que identifiquem como necessários para o cumprimento das suas missões tendo em consideração o envolvimento de coordenadores táticos (comandantes de missão), pilotos, operadores de sensores, analistas, mecânicos e outro pessoal de apoio nas respetivas unidades *UAS* (Oliveira, J., 2014).

Assim sendo, os efetivos de pessoal devem ser adequados às necessidades, incluindo a capacidade de combate e considerando os elevados níveis de integração, interoperabilidade e cooperação (Gonçalves, A., 2017).

4.7 Infraestruturas e Interoperabilidade

A NATO estabeleceu no *STANAG 4586*, cinco níveis de interoperabilidade (*Level Of Interoperability – LOI*), tabela 13, anexo E, sendo o nível cinco o estado final desejado para uma consciencialização perfeita entre sistema não tripulado e os meios convencionais (*USARMY*, 2010, pp. 9-18). Este nível de interoperabilidade é essencial para garantir uma operação conjunta e eficaz entre os diferentes sistemas e forças.

A participação das Forças Armadas em missões combinadas, especialmente no âmbito da *NATO*, é essencial para um maior desenvolvimento, como sublinha o VALM S. Correia (Pinto, C., 2021). Deste modo, a interoperabilidade entre forças a nível internacional é um fator determinante para o sucesso das operações *UAS*, tornando as experiências internacionais particularmente valiosas para o aumento do conhecimento e da eficiência dos operadores (MGEN Sousa, F. 2021).

Para garantir a futura edificação de novas capacidades *UAS*, especialmente nas classes 2 e 3, é necessário seguir a metodologia *DOTMLPF-I*, conforme reforça E. Craveiro. Além disso, é imperativo envolver os nossos aliados e parceiros da *NATO* para assegurar a integração em rede e a interoperabilidade dos sistemas, garantindo assim uma coesão operacional entre diferentes forças e equipamentos. Desta forma, a interoperabilidade deve ser assegurada em várias dimensões, incluindo a componente técnica, garantindo a compatibilidade e conectividade dos sistemas, a componente operacional, através de procedimentos, doutrina, treino, linguagem e cultura comuns e finalmente a componente estratégica entre as diversas unidades das FFAA para a gestão eficiente de recursos e para assegurar a compatibilidade do produto final (MGEN Tendeiro, R., 2021).

No contexto da estrutura organizacional, Anjinho Mourinha no ano 2017 propôs que o nível estratégico corresponda ao CEMA, o operacional ao Comando Naval (COMNAV) e à Autoridade Marítima Nacional (AMN), e o tático aos comandos regionais da AMN e comandos de zona marítima. Para garantir uma coordenação eficiente das operações navais, Mourinha sugere que o C2 esteja localizado no Centro de Operações Marítimas (COMAR) (Gonçalves, A., 2017).

Finalmente, os Estados Unidos realçam que "*Interoperability is the key to agile evolution.*", sendo que a existência de padrões de interoperabilidade é vital para criar interfaces comuns entre sistemas não tripulados, reduzindo os custos do ciclo de vida e facilitando a inserção de novas tecnologias com pouca ou nenhuma modificação nos sistemas existentes. Esta abordagem permite uma expansão adaptativa das capacidades dos sistemas atuais, proporcionando as estruturas necessárias para apoiar as missões que esses sistemas podem realizar (*United States Air Force Headquarters*, 2019).

Análise de dados

Considerando a aplicação de veículos não tripulados aéreos em unidades navais como o ponto principal desta dissertação e tendo em conta as metodologias de investigação previamente delineadas, o signatário termina o capítulo anterior com a finalização da primeira grande fase predefinida: a recolha de dados. Esta etapa foi realizada ao longo do desenvolvimento da dissertação, através da análise documental, entrevistas (realizadas a diversos oficiais das unidades correspondentes da Marinha Portuguesa) e observação de exercícios e testes conduzidos em colaboração com outros oficiais das unidades *CEOV* e *X-31*.

Deste modo, o signatário visa no presente capítulo proceder à análise dos dados recolhidos, permitindo posteriormente extrair conclusões fundamentadas e formular hipóteses e/ou teorias baseadas nos resultados apurados.

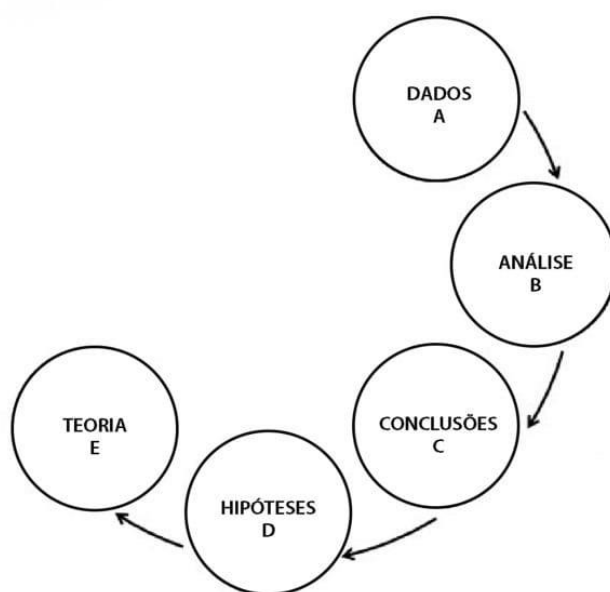


Figura 23- *Revisão das etapas da estratégia de investigação qualitativa.*

Fonte: Santos, L. et al, 2019.

Ao longo da dissertação, explorou-se o desenvolvimento dos *UAS* desde os seus componentes até à sua aplicação prática em contextos operacionais, com particular destaque para a utilização dos mesmos pela Marinha Portuguesa e outras Forças Armadas. Entre os

casos analisados, destaca-se a adaptação das Forças Armadas dos Estados Unidos e *NATO*, reconhecidas pelo seu desenvolvimento no setor dos SNTs. Adicionalmente, o atual conflito entre a Ucrânia e Rússia emerge como uma fonte significativa de dados relativa ao uso destes sistemas em operações militares, estabelecendo-se como uma das principais referências destes sistemas.

Apesar das operações documentadas serem de caráter terrestre, a análise desses *UAVs* revela características e capacidades que são igualmente relevantes para cenários navais. Em particular, as operações em áreas com defesas aéreas e sistemas de *C-UAS* destacam a adaptabilidade e o potencial dos sistemas não tripulados para serem integrados de forma eficaz nesses contextos.

Através da análise dos *veículos* utilizados neste conflito, é possível obter informações detalhadas sobre as suas capacidades operacionais. Estas características são evidentes em sistemas de *ISRT*, como o *Shark*, o *Forpost* e o *Orlan-30*, bem como em sistemas ofensivos, como o *Switchblade 300*, o *RAM2*, o *Lancet* e o *Shahed 136*. Em particular, destacam-se os sistemas de reconhecimento da Federação Russa, *Forpost* e *Orlan-30*, que apresentam características distintas, como autonomia superior a 17 horas, velocidades máximas superiores a 170 km/h e capacidade de *payload* de 100kg, demonstrando as capacidades de utilização em qualquer teatro de operações navais. As especificações completas dos respetivos sistemas estão descritas na tabela 9 do Apêndice G.

Assim, a análise do emprego destes sistemas, mesmo em contextos predominantemente terrestres, fornece uma perspectiva estratégica e operacional importante para a modernização das capacidades *UAS* inseridos em meios navais.

Adicionalmente, a pesquisa do emprego destes sistemas, revela não só o impacto estratégico destas tecnologias, mas também aponta para tendências emergentes na guerra moderna. Uma dessas tendências é a crescente adoção de tecnologia na autonomização e inteligência artificial para o desenvolvimento das operações *UAS*, destacando o compromisso ético, legal e político da *NATO* através dos “Princípios de Uso Responsável de IA”. A inteligência artificial é atualmente a principal área em desenvolvimento nas operações *UAS*,

com o objetivo de alcançar capacidades completamente autónomas de modo a oferecer várias vantagens a nível operacional e pessoal. Entre estas, a capacidade de operar por longos períodos sem intervenção humana, o que permite um uso mais amplo dos sistemas não tripulados, com os meios humanos limitando-se a auxiliar no controlo e na análise de dados transmitidos, se necessário. A nível operacional, essa autonomia permite a implementação de um maior número de sistemas em funcionamento simultâneo, sem a necessidade de uma quantidade proporcional de operadores, aumentando assim a eficiência e a eficácia das operações. No entanto, a ausência de uma escala universal para medir os níveis de autonomia dos sistemas representa um desafio significativo. Desta forma, o Departamento de Defesa dos EUA propôs escalas de 4 e 10 níveis como uma tentativa de quantificação. Além disso, o conceito de "*level of mission autonomy*", que divide a autonomia em "complexidade da missão" e "grau de autonomia", oferece uma abordagem mais detalhada e aplicável para avaliar e desenvolver sistemas aéreos não tripulados.

Paralelamente, a CEOV encontra-se a realizar testes a nível de Inteligência Artificial e automação de veículos através do desenvolvimento de um sistema e respetivas bases de dados para a classificação de imagem a partir de um SNT. Esta classificação de imagem permite aos UAS, através de sensores eletro-ópticos recolher imagens e automaticamente identificarem o que estão a observar, definindo características ou acontecimentos como prioritários. Quando um desses eventos é identificado, o sistema emite um alerta específico, destacando como esses desenvolvimentos podem melhorar significativamente a eficiência e a capacidade de resposta operacional.

Contudo, considerando que o objetivo principal da dissertação centra-se na aplicação operacional destes sistemas nos teatros de operações previamente analisados, é precisamente nestes que o signatário pretende aprofundar, com o intuito de limitar o conteúdo para as presentes análises.

Deste modo, pode-se afirmar para intuitos de análise que foram explorados os diversos teatros operacionais:

- *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance;*

- *Anti-Submarine Warfare*;
- *Anti-Surface Warfare*;
- Outros teatros de operação;
- Vulnerabilidades.

Intelligence, Surveillance and Reconnaissance

Dando início pelo primeiro teatro operacional explorado, é destacado o investimento significativo por parte da Marinha Portuguesa na aquisição de SNTs para este meio operacional. Exemplos incluem os veículos não tripulados *Spyro*, *Ogassa OGS42V*, *Heifu Pro*, *VTOne*, *PUMA LE* e *AR3* utilizados pela Unidade X-31 e cujas especificações apresentam-se na tabela 8 do Apêndice E. Estes sistemas são caracterizados pelas suas capacidades *ISR*, sendo que a versatilidade na utilização de diferentes tipos de *payloads*—como sensores eletro-ópticos, sensores infravermelhos, radares de abertura sintéticas, *Moving Target Indicator*, *LIDAR*, entre outros— permite ajustar as características operacionais dos veículos às necessidades da missão.

No contexto das operações de reconhecimento, a *NATO* define várias tipologias de missões, entre as quais se destacam a *Route Reconnaissance*, a *Zone Reconnaissance* e a *Area Reconnaissance*. Cada uma destas missões possui características específicas que determinam os requisitos operacionais e as capacidades necessárias dos sistemas envolvidos. Assim, uma missão de *Route Reconnaissance* foca-se no reconhecimento minucioso de uma rota específica e dos pontos críticos ao longo dessa mesma rota, o que exige sistemas que possam oferecer suporte detalhado e preciso. Já as missões de *Zone Reconnaissance* e *Area Reconnaissance* visam obter informações sobre todas as rotas, obstáculos e forças inimigas dentro de uma zona definida, sendo estas operações essenciais quando há um conhecimento limitado da área.

Assim, o tipo de missão de reconhecimento tem uma influência significativa na forma como o sistema é operado, alterando a estratégia e o objetivo da sua utilização.

Ao considerar-se uma missão de *Route Reconnaissance*, o operador terá de vigiar uma rota específica, o que envolve uma área de busca limitada e mais concentrada. Em contrapartida, nas missões de *Zone* ou *Area Reconnaissance*, a área de operação é substancialmente maior, exigindo um método de busca mais complexo e uma maior capacidade de deslocamento do sistema, tanto em termos de tempo quanto de distância. Embora este facto não altere drasticamente a escolha do sistema a ser utilizado — uma vez que independentemente da situação, a prioridade permanece na seleção de um sistema com maior autonomia, altitude e qualidade de sensor — é crucial considerar que o aumento do peso dos *payloads* necessários pode impactar negativamente a autonomia do veículo e consequentemente a realização da tarefa.

Através do método desenvolvido pela empresa *Skywatch*, a escolha de um *UAS* para uma missão de reconhecimento requer uma análise em três áreas essenciais: o perfil de missão, o propósito e o *Back-end de Dados*. Na qual, para garantir a adequação do sistema, é fundamental responder a questões críticas, como: Qual o risco associado à missão de reconhecimento? Qual é o propósito da missão de reconhecimento? Qual é o objeto de interesse? Em que ponto a autonomia é um fator necessário? Quais sistemas óticos estão disponíveis para a equipa de reconhecimento? Entre outras. Desta forma, o sistema selecionado deve ser capaz de responder afirmativamente a todas essas questões, assegurando que está apto para cumprir os requisitos específicos da missão.

Em contrapartida, as operações *surveillance* seguem duas principais características, *surveillance* de uma área específica e *surveillance* de longa duração, envolvendo a monitorização contínua de ameaças e atividades dentro de *Areas of Interest* ou *Target Areas of Interest*, na qual resume-se na deteção de uma ameaça numa respetiva área e sendo necessário a sua vigilância.

Tendo em conta os princípios das operações ISR e através de testes realizados com sistemas disponíveis operacionalmente pela MP em unidades navais como fragatas e navios patrulha, torna-se evidente a importância de fatores como o alcance máximo, altitude, velocidade, autonomia, capacidade *stealth* e características dos sistemas de captação de imagens na utilização destes em meios navais. Desta forma, destaca-se a necessidade de uma

elevada adaptabilidade entre os sistemas não tripulados adquiridos e as unidades navais. Tal é particularmente relevante para fragatas, navios patrulha e os novos navios em processo de aquisição pela Marinha Portuguesa, com o objetivo de maximizar o potencial desses sistemas em operações navais. Essa adaptabilidade é mais facilmente alcançada com *UAS* de Classe 1, que, através de métodos de lançamento e recolha adequados— como lançamento vertical, manual, por catapulta; e recolha por paraquedas, rede ou queda controlada—podem ser eficazmente integrados nos referidos meios navais. Adicionalmente, sistemas de Classe 2 de asa rotativa revelam-se extremamente úteis no meio referido, uma vez que operam de forma semelhante a helicópteros embarcados, no entanto com a vantagem essencial de reduzir os riscos para a segurança de meios pessoais.

Neste contexto, é relevante salientar o exercício *REPMUS*, reconhecido a nível internacional por diversos países integrantes da *NATO*, na qual são testados e realizados exercicios de interoperabilidade entre unidades navais nacionais, da *NATO* e sistemas não tripulados em diversas simulações de cenários operacionais.

Anti-Submarine Warfare

Com base nas informações previamente exploradas e analisadas, verificou-se que, embora as capacidades de deteção submarina em *UAS* sejam relativamente recentes, o rápido desenvolvimento e os testes realizados pelas Forças da *NATO* possibilitaram a adaptação dos métodos destes sistemas. Como resultado, foram identificados vários métodos eficazes de emprego, entre estes:

- Capacidade de *Surveillance* em pontos de estrangulamento para detetar, seguir e localizar submarinos inimigos;
- Colaboração direta com outros meios aéreos tripulados e não tripulados para fornecer *ISR* e deste modo, através do uso de *surveillance payloads*, melhorar a capacidade de apoio nas *Operations Area*;
- *SNTs* com capacidade de armamento (classe2/3) possibilitam o fornecimento de apoio ofensivo, permitindo assim a execução de *ASW offensive procedures*;

- Fornecer capacidades de retransmissão de dados para ampliar o alcance das aeronaves não tripuladas ou tripuladas de um navio.

Neste contexto, destaca-se a existência de sistemas como a utilização e distribuição de sonobóias, *Sonobuoy Dispensing System* (SDS) e o sistema *Magnetic Anomaly Detector* (MAD) utilizados por diversas forças armadas. Exemplos incluem o *IAI Heron*, de asa fixa e desenvolvido em Israel, este equipado com ambos os sistemas; e sistemas equipados com *Sonobuoy Dispensing System* como é exemplo, *Schiebel S-100 Camcopter*, *Leonardo AW Hero*, *USM Skeldar* e *Proteus*, bem como aeronaves de maior porte como o *Airbus VSR-700*, *Schiebel S-300* e o *MQ-8C Fire Scout*, todos caracterizados pela locomoção em asas rotativas e com a possibilidade de utilização em meios navais.

Desta forma, a integração de capacidades de localização antissubmarina tem-se demonstrado o próximo passo além das funções *ISR*. Durante exercícios *NATO*, na qual se insere o exercício *REPMUS*, os *UAS* equipados com módulos de missão *antissubmarina* demonstraram um potencial claro, com principal objetivo em retransmissão de dados a partir de sonobóias.

Para possibilitar a utilização de sistemas de *dipping* a partir de *UAS*, encontra-se em desenvolvimento a criação de equipamentos sonar de menores dimensões. Isso deve-se ao facto de o peso total dos sistemas de sonar de imersão, na qual inclui o sonar, guincho, instalações necessárias e fonte de alimentação, ultrapassa a capacidade dos *UAVs*. Para mais, cada ciclo de imersão afeta a autonomia do veículo, tornando necessário desenvolver soluções para adaptar essa tecnologia aos *UAVs*.

Apesar das dificuldades a níveis estruturais, a gestão no fornecimento de energia continua a ser um desafio significativa, na qual a capacidade e energia necessária para operar o sonar em modo ativo durante a pairagem pode impactar consideravelmente a autonomia do *UAV*.

Desta forma, é possível destacar-se a procura de soluções em dois pontos principais:

- Simplicidade geral, eliminando a necessidade de um sistema de processamento acústico ou ferramenta de compilação de informações, de modo que a unidade de controlo (aeronave, navio ou estação costeira) processe os dados acústicos retransmitidos por meio do protocolo de comunicação RF de sonobóia comum existente.
- Diminuição de tamanho e peso, de modo a possibilitar o sistema para *UAVs* de menores dimensões.

Atualmente, a Marinha Portuguesa não possui *UAS* com capacidades de guerra antissubmarina; no entanto, sendo observável grandes investimentos em outras marinhas neste âmbito, como é exemplo a marinha dos EUA, brasileira, turca, entre outras, devem ser consideradas as necessidades e capacidades adjacentes destes sistemas.

Relativamente à aplicação destes a partir de meios navais, como referido anteriormente, observa-se uma maior facilidade na empregabilidade de sistemas de asa rotativa e sistemas *VTOL* tanto em fragatas como em navios patrulha, devido à sua capacidade de lançamento e recolha vertical. Em contraste, os sistemas com locomoção por asas fixas de classe 2 e 3 enfrentam dificuldades significativas para serem integrados a partir desses meios navais, sendo viáveis apenas em meios com plataformas de lançamento e recolha de aeronaves ou em lançamentos a partir de meios terrestres para posterior apoio naval.

Dessa forma, as diferenças operacionais entre *UAVs* de asa fixa e rotativa estão detalhadas na tabela 6, elaborada pelo signatário, que engloba as vantagens e limitações de cada tipo de sistema. Consoante a tabela, os *UAVs* de asa rotativa apesar de disporem uma menor capacidade de carga e velocidade limitada, possibilitam a capacidade de lançamento e recolha verticais, sendo mais adequados para operações navais em espaços restritos.

Tipo	Vantagens	Limitações
Asa fixa	• Autonomia superior. • Assinatura audível geralmente inferior. • Transporte de cargas de maiores dimensões. • Maior velocidade.	• Condições restritas de espaço para lançamento e recolha. • Necessidade de constante deslocação, não sendo capaz de pairar.
Asa rotativa	• Capacidade de lançamento e recolha verticais. • Capacidade de pairar. • Maior facilidade de pilotagem. • Custo inferior. • Vida útil superior.	• Baixa capacidade de carga. • Velocidade inferior.

Tabela 6-*Vantagens e limitações de UAVs de asa fixa e rotativa.*

Adicionalmente, a constante evolução dos sistemas de armas demanda um avanço proporcional nos veículos não tripulados. O aumento do alcance dos sistemas de armas mais modernos torna imperativo que os *UAS* melhorem as suas capacidades de autonomia (e, por conseguinte, o seu alcance) e aperfeiçoem os sensores. Este aperfeiçoamento, no entanto, pode resultar num aumento do peso do sistema, o que implica a necessidade de explorar veículos progressivamente maiores para garantir a autonomia e a capacidade de carga necessárias para uma utilização operacional eficaz neste teatro operacional.

A aquisição do *NRP D. João II* pela Marinha Portuguesa poderá desempenhar um papel inovador neste cenário, funcionando como um "porta-drones" e potencializando as características operacionais relacionadas com a utilização de *UAS* de maiores dimensões, o que permitirá uma integração mais eficaz dessas tecnologias no contexto naval nacional e *NATO*.

Anti-Surface Warfare (ASUW)

Relativamente à utilização de *UAS* em *Anti-Surface Warfare*, no respetivo capítulo observou-se a recolha de diversas informações doutrinárias relativamente às possibilidades

de uso de *UAS* neste âmbito bélico, nas quais se salientou a utilização dos mesmos nos seguintes pontos:

- Localização, classificação e identificação de forças de superfície inimigas, sendo estas posteriormente transmitidas às respetivas forças;
- Aplicados na defesa de ameaças assimétricas, através da localização, vigilância e/ou aplicação de offensive measures;
- Fornecer imagens navais de longo alcance, além do horizonte radar (*OTHT*).

Através destas possibilidades, o signatário conclui que também neste teatro operacional características como a autonomia, qualidade de sensores e o alcance são fundamentais para o sucesso de uma missão neste âmbito, na qual através dos métodos de lançamento e anteriormente referidos possibilita a utilização de um grande leque de sistemas de classe I através das Unidades Navais Portuguesas.

A MP não possui de momento veículos operacionais com capacidade ofensiva, no entanto, através dos diversos veículos apresentados na tabela 8, como é exemplo o *VTOne*, *Puma* e *AR3*, estes podem ser um ponto forte no que pode ser a realização de *Identification*, *Reconnaissance*, *Surveillance and Targeting* a unidades inimigas fora do alcance radar. Deste modo, explora-se a possibilidade de aumentar significativamente o alcance dos sensores da força aliada ou realizar *targeting* através da capacidade de transmissão de posição (velocidade e direção) de um alvo detetado. Estas informações devem ser suficientemente precisas para apoiar os requisitos de controle de fogo dos sistemas de armas das forças navais.

Salienta-se ainda o desenvolvimento de sistemas não tripulados para operações navais, na qual sistemas (maioritariamente de classe 2/3) com capacidades ofensivas a nível de lançamento de mísseis, bombas guiadas, torpedos ou outros, disponibilizam a utilização destes sistemas em diversos modos operacionais, dispondo de uma importante vantagem no que se refere à aquisição de solução de tiro a unidades inimigas.

Outros teatros de operação

Ao longo da dissertação foram referidos outros tipos de teatros de operação, como é exemplo *Naval Fire Support*, *Amphibious Operations* e *Anti-Air Warfare*, na qual o signatário compreende, através dos métodos de “estudo de caso” explorados, que é possível validar as vantagens da utilização de métodos operacionais *ISRT* e *ofensivos* já mencionados, aplicando os mesmos aos teatros de operação a nível estratégico, tático e operacional, de modo a aprimorar o controlo de capacidades defensivas e ofensivas da Marinha Portuguesa no meio naval.

Deste modo, Operações *Naval Fire Support* focam-se especialmente na capacidade de *targeting* do *UAS*, sendo que o SNT *PUMA* da MP dispõe ainda da capacidade de transmitir distâncias de um alvo detetado e, através de uma *GRID*, calcular e ajustar o desfasamento da localização de modo a posteriormente apoiar os requisitos de controle de fogo dos sistemas de armas das forças navais. Através destes é ainda possível recolher informações sobre condições ambientais como o vento, de modo a auxiliar o mesmo cálculo.

Relativamente às *Amphibious Operations* e essencialmente inseridas em destacamentos de fuzileiros, estes sistemas destinam-se a capacidades como: fornecer *ISR* tático e capacidade de aquisição de alvos, capacidade de realizar levantamentos topográficos do terreno de desembarque e realizar *ISR* na área de operação, de modo a permitir uma melhor tomada de decisão e apoiar no comando e controlo. SNTs com capacidade de armamento possibilitam ainda a capacidade de *fire support* para as forças amigas.

Finalmente, a utilização de sistemas não tripulados para operações *Anti Air Warfare* concentra-se essencialmente em um aspecto, estabelecer um adequado aviso antecipado e consequentemente permitir à unidade naval constituir uma defesa em profundidade mais segura para a força. Para tal, torna-se necessário o emprego de sistemas com características de autonomia relevantes para ter a capacidade de aumentar o alcance dos sensores de uma força naval, tendo a possibilidade de encontrar-se equipado com radar, este com o intuito de detetar as respetivas ameaças.

Desta forma, destaca-se a importância da análise estratégica e de um planeamento adequado para garantir que os sistemas mais apropriados sejam utilizados em cada situação tática.

Vulnerabilidades e C-UAS

Após o estudo das capacidades operacionais dos sistemas *UAS*, o signatário através da análise de documentos, na qual se salienta as publicações *ATP117* e *ATP3-01-81*, pretendeu demonstrar sucintamente algumas das vulnerabilidades apresentadas por estes equipamentos e, conseqüentemente, as contramedidas utilizadas para combater os mesmos. Entre as principais vulnerabilidades destacam-se as condições meteorológicas adversas e limitações tecnológicas.

Como observado, *UAS* de Classe 1 são particularmente suscetíveis às condições meteorológicas adversas. Fatores como a intensidade do vento, temperatura, precipitação e visibilidade afetam negativamente a sua operação, ao reduzir a eficácia dos sistemas de recolha de informações e comprometendo, conseqüentemente, a eficiência das missões. Além das dificuldades na recolha de dados, os sistemas podem ter as suas comunicações comprometidas. Estes ao perderem comunicações *downlink* ou *uplink*, deixam de, respetivamente, conseguir transmitir a recolha de informações para a estação de controlo, ou conseguir transmitir os *inputs* para controlo da aeronave. Este desafio destaca a necessidade de avanços tecnológicos que aumentem a resiliência dos sistemas de comunicações e de sensores em condições meteorológicas adversas.

Contudo, as limitações tecnológicas também mostram uma preocupação significativa. Para os *UAS* Classe I, as restrições nas baterias/combustível resultam em autonomia limitada, enquanto os motores e os sistemas de navegação, incluindo *GNSS* e *INS*, apresentam desafios em termos de capacidade e desempenho. Surge assim um desafio lógico entre as capacidades dos componentes da aeronave e a respetiva dimensão da mesma.

Com o aumento da utilização de *UAS* para fins militares, a necessidade de desenvolver sistemas de contramedidas eficazes tornou-se evidente. Estas contramedidas apresentam-se

como conjuntos de medidas com o intuito de defender ou contrariar a utilização de *UAS* inimigos. Deste modo salienta-se a existência de pelo menos três elementos para atacar e interromper qualquer operação de *UAS*— O operador/*GCS*; *link C2* e o veículo não tripulado.

Dessa forma, mostra-se crucial abranger as medidas defensivas que as unidades adotam para evitar a detecção dos seus *UAVs* e as medidas ofensivas a serem implementadas quando um *UAV* inimigo é detectado, através de técnicas como *RF jamming*, *GNSS jamming*, *dazzling*, *high power microwave*, o disparo de projéteis ou mísseis.

Assim, o desenvolvimento de um sistema *C-UAS* eficiente requer uma compreensão aprofundada das ameaças existentes, na qual a análise das contramedidas destaca a necessidade de uma constante adaptação das estratégias de proteção contra *UAS*, uma vez que não existe uma solução única que seja eficaz em todos os cenários de ameaça. O ciclo de operações *C-UAS* delineado nos documentos da *NATO*, sublinha a importância de uma resposta eficaz e coordenada para garantir a segurança operacional contra as ameaças existentes, passando pelas principais fases- Detetar, Seguir, Identificar, Decisão, Mitigar e Reportar.

Edificação da capacidade *UAS* na Marinha Portuguesa

Relativamente à edificação da capacidade *UAS* na Marinha Portuguesa, foi possível através da análise de documentos, entre estas, dissertações no âmbito doutrinário e as entrevistas realizadas ao Chefe de serviço de Operações da Unidade X-31, Tenente Rodrigues Marante (Apêndice D) explorar a aplicação do sistema *DOTMLPF-I* utilizado para a criação de uma nova capacidade a partir dos princípios conceptuais da *NATO*.

A utilidade do sistema de edificação consiste em garantir a eficácia e a interoperabilidade de uma capacidade com os restantes países pertencentes da *NATO*, de modo a especificar todos os parâmetros necessários a ter em conta para o sucesso de uma capacidade.

Assim sendo, a edificação das capacidades *UAS* na Marinha Portuguesa está a ser guiada pelo desenvolvimento contínuo da doutrina operacional. A entrevista com o Tenente Rodrigues Marante evidenciou a importância da standardização para garantir a compatibilidade nas operações conjuntas, tanto a nível nacional como internacional. A MP encontra-se a criar uma doutrina adaptada às suas necessidades segundo as diretivas estratégicas da marinha, enquanto assegura que os princípios de operação estejam em conformidade com os *standards* da *NATO*. Assim, observa-se que a doutrina está em fase de desenvolvimento para estabelecer respostas táticas, otimizando a eficácia das operações *UAS*, nas quais se inseram operações em meios navais.

A estrutura organizacional mostra-se fundamental para a integração bem-sucedida da capacidade *UAS*. Para tal, a unidade X-31 em conjunto com a esquadrilha de superfície definem os respetivos campos de modo a complementar a organização em todos os níveis hierárquicos e funcionais, garantindo que os meios operacionais e de apoio estejam bem definidos e otimizados para cumprir os objetivos predefinidos. Estes, em semelhança à esquadrilha de helicópteros, são estabelecidos para a empregabilidade de departamentos *UAS* nos meios navais. Esta operacionalização terá em conta o tipo de missão esperado, para que através deste seja analisado os equipamentos e respetivos operadores/pessoal de apoio necessário.

Desta forma, o treino e a formação mostram-se fatores cruciais para o sucesso da integração destes sistemas. Na qual o curso de Formação de Pilotos Remotos, dividido em classes I, II e III, é essencial para especializar os operadores nas competências necessárias. A formação deve ser abrangente e coordenada, de modo a garantir que os operadores estejam aptos a utilizar os *UAS* em contextos de forças conjuntas. A necessidade de uma abordagem integrada e padronizada no treino, conforme os objetivos de interoperabilidade, foi destacada, sublinhando a importância de redes de informação operacional na formação contínua.

Relativamente à aquisição e distribuição de equipamentos, este é um componente essencial para a edificação das capacidades *UAS*. Assim, a colaboração com a indústria nacional e a definição clara das necessidades materiais são fundamentais para a

implementação bem-sucedida. O planeamento estratégico deve considerar os objetivos de modo a otimizar os recursos disponíveis para garantir a aquisição e desenvolvimentos por parte da CEOV dos sistemas necessários e, consequentemente, garantir a eficácia operacional dos sistemas *UAS*.

A liderança deve definir o propósito da missão, direcionar, motivar e proporcionar uma formação académica adequada que desenvolva as competências necessárias para o sucesso da missão. Além disso, mostra-se fundamental especializar os recursos humanos, criando desta forma carreiras e especialidades dedicadas à operação dos *UAS*, em semelhança ao acontecido por outros países, como é exemplo os EUA. A atribuição adequada de recursos humanos, bem como a formação especializada de coordenadores táticos, pilotos, operadores de sensores, analistas e pessoal de apoio, são cruciais para garantir uma operação segura, eficiente e eficaz dos sistemas *UAS* nos meios navais da MP, definindo os destacamentos anteriormente referidos com o objetivo de dispor toda a preparação necessária para a sua utilização nos meios navais. Salienta-se deste modo, a necessidade da integração destes elementos de modo a serem adquiridos elevados níveis de cooperação, interoperabilidade e adaptação às necessidades operacionais.

Por fim, as infraestruturas e interoperabilidade demonstra-se um aspeto crítico para o sucesso das operações com *UAS*. Na qual a adesão aos níveis de interoperabilidade estabelecidos pela *NATO* e a integração com sistemas aliados, apresenta-se como essencial para garantir uma operação combinada eficaz. A proposta de estrutura organizacional por Mourinha (2017) e o foco na coordenação entre os vários níveis de comando destacam a importância de uma abordagem integrada para assegurar a coesão operacional.

Desta forma, a edificação das capacidades *UAS* pela Marinha Portuguesa envolve um processo sistemático e multifacetado, no qual todos os parâmetros se mostram necessários para a implementação a nível da MP e em contexto naval.

Conclusão

No âmbito da presente dissertação de mestrado, cujo tema se apresenta como o “Emprego de SNT-Aer (veículos não tripulados aéreos) na segurança de unidades navais” foram estabelecidos vários objetivos, estes cruciais para a compreensão destes sistemas no contexto da Marinha Portuguesa. A pesquisa abordou não só as capacidades atuais dos SNT-Aer a nível nacional e internacional, como também as suas aplicações em diferentes teatros de operações, a funcionalidade do sistema *DOTMLPF-I*, e a importância das características técnicas e operacionais dos *UAS* nos referidos teatros operacionais, nas quais foram inicialmente propostos os seguintes objetivos:

- Estudar as capacidades dos SNT-Aer já existentes a nível nacional e internacional.
- Estudar aplicações em diversos teatros de operações (respetivas vantagens e desvantagens).
- Compreender as funcionalidades do sistema *DOTMLPF-I* para a implementação de SNT-Aer na defesa de Unidades Navais.

Deste modo, e tendo por base os objetivos delineados, foi estabelecido a seguinte questão central, acompanhada por quatro questões secundárias, sendo estas:

QC: É possível o emprego de SNT-Aer na Marinha Portuguesa para defesa de Unidades Navais?

QS01: Em que tipos de teatros de operação seria vantajoso a utilização de SNT-Aer?

QS02: Que classes de sistemas teriam melhor aplicabilidade a serem utilizados nesta vertente?

QS03: Que vantagens traz o emprego de SNT-Aer na defesa de Unidades Navais?

QS04: Como implementar a utilização de SNT-Aer em Unidades Navais?

Assim, tendo em conta as metodologias de investigação pré-definidas e o caminho delineado para a realização desta dissertação, o signatário realizou diversas entrevistas estruturadas e semi-estruturadas a vários oficiais da Marinha Portuguesa, apresentadas no apêndice A, e observou a realização de testes/operações conduzidas pelas unidades CEOV e

X-31. Além destas, foram utilizados como referências bibliográficas diversas publicações *NATO*, páginas oficiais da defesa e das forças armadas dos respectivos países, artigos e revistas que explorassem este tema do mundo atual.

Através dos respectivos métodos o signatário explorou a viabilidade do emprego de sistemas não tripulados aéreos na defesa das unidades navais desde uma perspectiva histórica e de desenvolvimento até às aplicações específicas no contexto nacional e internacional, considerando desta forma os objetivos como atingidos. No decorrer desta análise é evidente que a evolução dos SNT-Aer está intimamente ligada à evolução dos restantes sistemas de armas e sensores, na qual a necessidade de uma constante adaptação a novas tecnologias e ameaças sublinha a dificuldade do investimento e desenvolvimento destes sistemas.

A investigação realizada ao longo do trabalho permitiu concluir que os sistemas não tripulados aéreos mostram-se particularmente eficazes em diversos cenários operacionais, desde operações de vigilância e reconhecimento até ações ofensivas em teatros navais complexos, como é exemplo operações *ASW* e *ASUW*. Além disso, em operações de menor escala, como o combate ao narcotráfico, pirataria, abordagens ou fiscalização em zonas de risco, os SNT-Aer demonstram uma elevada eficácia ao permitir uma vigilância contínua sem comprometer a segurança das forças navais. Dado que, nessas situações, os opositores normalmente não dispõem de meios eficazes para contrariar os respectivos sistemas, facilitando assim a operação.

Assim sendo, os sistemas de Classe 1, mostram-se particularmente eficazes no que é o ambiente naval, na qual através dos métodos de lançamento e recolha destas aeronaves torna-se possível o emprego das mesmas, no entanto com as suas respetivas limitações a nível de características como autonomia, altitude, alcance, capacidades de carga útil e qualidade de sensor. Para missões que apresentem uma maior complexidade, veículos não tripulados de classe 2 e 3 disponibilizam capacidades superiores destas mesmas características. Estes dispõem igualmente da capacidade de serem operados a partir de meios navais, demonstrando uma melhor adequabilidade através de sistemas de asa rotativa ou sistemas *VTOL*, devido à sua capacidade de descolagem e recolha vertical, no entanto com a possibilidade de sistemas de asa fixa serem empregues em unidades navais de maior

dimensão e com pistas específicas para o lançamento dos mesmos ou em lançamentos a partir de meios terrestres. Desta forma, a escolha do sistema mais adequado dependerá de fatores como o tempo de operação, carga útil exigida, do tipo e necessidades da missão.

Contudo, a capacidade de operar por longos períodos e a qualidade dos sensores mostram-se fatores críticos num âmbito geral, sendo essencialmente através destas que o veículo demonstrará uma maior ou menor eficácia. Desta forma, persiste a necessidade de um desenvolvimento nos respetivos parâmetros, de modo a acompanharem outros sistemas de armas e sensores. Assim, a flexibilidade operacional e a capacidade rápida de resposta a ameaças emergentes demonstram-se como vantagens importantes, tornando os sistemas não tripulados aéreos uma ferramenta essencial na defesa moderna das Unidades Navais.

Neste contexto, os respetivos sistemas devem ter capacidade de complementar os sensores do navio de modo a trazerem vantagens a nível de recolha de panorama, permitindo a extensão das capacidades de vigilância e deteção para além dos alcances dos sensores navais, proporcionando uma vantagem tática significativa. Desta forma, as unidades navais conseguem obter uma imagem mais completa do teatro de operações, aumentando a sua consciência situacional e melhorando a capacidade de resposta a ameaças emergentes.

Adicionalmente, a crescente integração da autonomia e da inteligência artificial em *UAS* representa um avanço crucial na modernização e eficiência das operações militares. Estes fatores destacam-se como as principais áreas de desenvolvimento atuais, permitindo que os sistemas operem por longos períodos de forma autônoma, reduzindo a necessidade de intervenção humana direta e, conseqüentemente, melhorando a eficiência operacional ao possibilitar a coordenação de múltiplos sistemas com um número reduzido de operadores.

Assim, é possível concluir que as principais vantagens do uso de SNT-Aer reside na sua capacidade de prevenir a exposição de recursos humanos a situações de perigo. Ao empregar esses sistemas, as forças navais podem realizar missões de reconhecimento, vigilância e ataque com um risco significativamente reduzido para os respetivos meios, permitindo assim uma tomada de decisão mais segura e consciente. Esta capacidade de mitigação de riscos

constitui um dos elementos mais determinantes na adoção e desenvolvimento de veículos não tripulados.

A integração destes sistemas deve começar pela adaptação do sistema *DOTMLPF-I* da *NATO*, que orienta as capacidades necessárias em termos de Doutrina, Organização, Treinamento, Material, Liderança, Pessoal, Infraestruturas e Interoperabilidade. Através desta análise foi possível identificar as principais áreas na qual a Marinha Portuguesa deve concentrar os seus esforços para integrar eficazmente os SNT-Aers na organização e nos meios navais. Assim, a edificação de capacidades *UAS* exige não só a adaptação dos procedimentos operacionais e táticos, na qual se inclui a adaptação das doutrinas operacionais, mas também o investimento em treino especializado, manutenção, infraestruturas e interoperabilidade com outros sistemas de defesa. Adicionalmente, a organização necessária para operar SNT-Aer a bordo de unidades navais revela-se um desafio significativo. O signatário salienta a formação de destacamentos especializados para serem incorporados em meios navais, esses destacamentos atuam como a força no meio naval encarregue de todo o ciclo operacional dos sistemas, desde o lançamento e recolha até à análise de informações e manutenção. Assim sendo, destaca-se a importância dos respetivos destacamentos possuírem treino e equipamentos específicos, garantindo que os SNT-Aer sejam operados com a eficiência e segurança esperada, de modo a maximizar o seu potencial em apoio às operações navais.

A importância da adoção deste sistema em contexto da *NATO* garante que as forças portuguesas operem em alinhamento com os padrões e práticas da aliança, facilitando a interoperabilidade e aumentando a eficácia conjunta.

Em contrapartida, com a constante progressão na procura de sistemas *UAS* mais completos e eficientes, estes serão acompanhados por uma evolução constante de contra medidas de modo a contrariar os mesmos, mostrando a necessidade de adaptação e evolução constante por parte das FFAA numa verdadeira “corrida pela tecnologia” nas vertentes bélicas.

Deste modo, o desenvolvimento de sistemas de defesa contra ameaças similares, como *C-UAS*, é essencial para proteger as unidades navais contra potenciais ataques por

sistemas inimigos. A interoperabilidade com outros sistemas de defesa e a capacidade de operar em conjunto com forças aliadas mostram-se fatores críticos para o sucesso na implementação dos SNT-Aer na defesa naval.

Com base nas respetivas conclusões, é possível formular a hipótese de que a utilização e aprimoração de SNT-Aer não só aumenta a eficácia das operações navais, como também permite à Marinha Portuguesa operar de forma mais segura e eficiente em ambientes complexos e desafiadores. No entanto, esta implementação deve ser acompanhada pela requisição de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas *C-UAS* para mitigar os riscos associados ao uso de tecnologias semelhantes por adversários.

Em termos de teorias operacionais, o signatário salienta uma abordagem de "força distribuída" na Marinha Portuguesa, onde os SNT-Aer permitem um papel central ao fornecer vigilância, reconhecimento e apoio através de várias unidades, criando uma rede de sensores e armas que aumente a eficácia e a resiliência da força naval como um todo. Esta abordagem poderia transformar a forma como as operações navais são conduzidas, oferecendo maior flexibilidade e capacidade de resposta rápida primeiramente em operações menos complexas, como mostra-se exemplo operações de combate ao narcotráfico, pirataria, abordagens, fiscalização em zonas de risco e de modo mais complexo o uso dos mesmos para teatros operacionais.

Por fim, a questão central da dissertação “É possível o emprego de SNT-Aer na Marinha Portuguesa para defesa de Unidades Navais?” pode ser respondida afirmativamente. A implementação destes sistemas, embora desafiante, é viável e recomendada, desde que acompanhada por um planeamento estratégico rigoroso e pela adaptação contínua às necessidades operacionais. O desenvolvimento de capacidades ofensivas e defensivas integradas nos SNT-Aer permite à Marinha Portuguesa não só fortalecer a sua defesa, mas também operar de forma mais eficaz em cenários navais cada vez mais complexos e desafiadores.

Considerando que a presente dissertação foi realizada num âmbito geral no ramo das operações e dada a vasta quantidade de informações e a complexidade inerente aos temas

abordados, o signatário reconhece que nem todos os tópicos foram explorados com o nível de profundidade desejado. Assim, para futuras dissertações e investigações, recomenda-se um estudo aprofundado em áreas como *C-UAS*, *Electronic Warfare* ou os diversos tipos de *payloads* utilizados em sistemas não tripulados aéreos. Estas áreas, em particular, têm vindo a adquirir uma importância crescente a nível estratégico-operacional no contexto das operações com sistemas não tripulados aéreos, no entanto sem descurar todo o conteúdo de engenharia subjacente a estes mesmos sistemas. Desta forma, uma investigação detalhada sobre estas temáticas permitirá uma melhor compreensão de como a Marinha Portuguesa pode adaptar e evoluir as suas capacidades defensivas e ofensivas, assegurando uma operação mais segura e eficaz dos seus sistemas *UAS*.

Adicionalmente, recomenda-se a realização de uma análise que explore a importância entre as características dos *UAS*, definindo quais as prioridades para diferentes cenários operacionais. Um tema que foi inicialmente abordado nesta dissertação através da realização de tabelas de hipóteses e uma função objetivo. Embora a análise preliminar tenha fornecido uma visão geral, a obtenção de pesos específicos para cada característica requereria uma amostra robusta de estudos e dados empíricos, o que extrapola o âmbito desta dissertação. Tal investigação apresenta-se como uma oportunidade valiosa para uma dissertação futura, proporcionando uma base para a priorização das características dos *UAS*, tendo em conta todas as relações existentes e necessárias para a sua empregabilidade.

Bibliografia

Adoni, H., Lorenz, S., Fareedh, J.S., Gloaguen, R., & Bussmann, M. (2023), *Classification of Uncrewed Aerial Vehicles*, In *Encyclopedia*.

AeroVironment (2024), obtido em: <https://www.avinc.com/>.

Araujo, B., & Costa, F. (2024), *Drone Warfare: An Exploratory Data Analysis on the Ukraine War*.

Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., & Zhou, T. (2006), *Classification of unmanned aerial vehicles*, Report for Mechanical Engineering class, University of Adelaide, Adelaide, Australia, 1-48.

Autoridade Nacional da Aviação Civil, [ANAC] (2016), Regulamento n.º 1093/2016 de 14 de dezembro: Condições de operação aplicáveis à utilização do espaço aéreo pelos sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente “Drones”. Diário da República, 2ª série, n.º 238, 36613-36622.

BÁLINT Márton (2022), *History, types, application and control of drones*, Vol 4.

Banka, A., & Bussmann, M. (2023), *Uncomfortable neighbors: NATO, Russia and the shifting logic of military exercises in the Baltics*, *Defence Studies*, 23(1), 1-24.

Bernardino, A. (2018), Impactos balísticos em uas: requisitos para a criação de um laboratório de impactos.

Blank, L. (2012), *After “Top Gun”: How drone strikes impact the law of war*, *University of Pennsylvania Journal of International Law*. 33 (3), 675-718.

Broman, S. C. (2019), *Implementing Quadcopter Unmanned Aerial Systems into Reconnaissance Platoons*.

Carvalho, J. E. (2009), Metodologia do Trabalho Científico. «Saber-Fazer» da investigação para dissertações e teses. 2.ª ed. Lisboa: Escolar Editora

Christine Wormuth, (27 outubro, 2021), Voice Report, obtido em: <https://breakingdefense.com/2022/06/us-army-secretary-5-lessons-from-the-ukraine-conflict/>.

CMG Anjinho Mourinha (2017), Entrevista realizada por Pinto, C.

Conselho da União Europeia, (2024), obtido em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/sanctions-against-russia/>.

da Costa, J. F. (2020), A evolução das aeronaves remotamente pilotadas, Revista do Clube Naval, 4(396), 40-44.

DeFrancesco, R., & DeFrancesco, S. (2022), The Big Book of Drones, 1edição

Department of Defense (2010), Joint Pub 1-02, *Dictionary of Military and Associated Terms*.

Diário da República n.º 183/2017, Série II de 2017-09-21, Despacho n.º 13/2017.

Dominika Kunertova (2023) Drones have boots: Learning from Russia's war in Ukraine, Contemporary Security Policy, DOI: 10.1080/13523260.2023.2262792.

Santos, L. A. B., Vale Lima, J. M. M., Garcia, F. M. G. P. P., Monteiro, F. T., da Silva, N. M. P., dos Santos, R. J. R. P., ... & de Almeida Fachada, C. P. (2019). Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação.

Edmonds, J., & Bendett, S. (2022), *Russian Military Autonomy in a Ukraine Conflict*, CNA.

_____ (2023), *Russia's use of unmanned systems in Ukraine*, CNA Corporation.

Ekman, I., & Nilsson, E. (2023), *Ukraine's Information Front—Strategic Communication during Russia's Full-Scale Invasion of Ukraine*, FOI Sweden, April.

Ergene, Y. (2016), *Analysis of unmanned systems in military logistics* Naval Postgraduate School, Monterey.

Estado-Maior da Armada (EMA), 2015, *Grupo de Trabalho para os Veículos Não Edificação da Capacidade UAS nas FFAA Portuguesas 43 Tripulados (GT-VENT)*, Lisboa: Marinha.

European Union (2019), *Liability for artificial intelligence and other emerging digital technologies*.

Farrell, F. (2023), *How Russia's homegrown Lancet drone became so feared in Ukraine*, obtido em: <https://kyivindependent.com/how-russias-homegrown-lancet-drone-became-so-feared-in-ukraine/>.

Franke, U. (2023), *Drones in Ukraine and beyond: Everything you need to know*, The European Council on Foreign Relations.

Freixo, M. J. V. (2011), *Metodologia Científica: Fundamentos, Métodos e Técnicas*. 3.ª ed. Lisboa: Instituto Piaget

Glade, D. (2000), *Unmanned aerial vehicles: Implications for military operations*, Center for Strategy and Technology, Air War College, Air University.

Gonçalves, A. (2017), *Sistemas não tripulados nas Forças Armadas nacionais como potenciadores das suas capacidades*.

Guimarães, P. (2020), *Conteúdo audiovisual, Entrevista diretor da CEOV, Sr. CFR Pinto Guimarães por Exame Informática*.

Harker, T. W., Gilday, M. M., Berger, D. H., & Kennickell, J. (2021), *Unmanned Campaign Framework*.

Imperial War Museums, (2019), *A Brief History of Drones*, obtido em: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>.

Ireland, R. D. (2010), *Autonomous vehicle systems: implications for maritime operations, warfare capabilities, and Command and Control* (Doctoral dissertation, Monterey, California, Naval Postgraduate School).

Joint Air Power Competence Centre (2010), *Annual Report, Joint Air Power Competence Centre*.

————— (2010a), *Strategic Concept of Employment: For Unmanned Aircraft Systems in NATO*, Joint Air Power Competence Centre.

————— (2018), *Transforming Joint Air and Space Power*, Joint Air Power Competence Centre.

————— (2021), *A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems*, Joint Air Power Competence Centre.

Jones, S. G., McCabe, R., & Palmer, A. (2023), *Ukrainian Innovation in a War of Attrition*, Center for Strategic and International Studies (CSIS).

Kofman, M., Fink, A., Gorenburg, D., Chesnut, M., Edmonds, J., & Waller, J. (2021), *Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts* (Vol. 104), Arlington, Virginia, USA: CNA.

Kunertova, D. (2023), *Drones have boots: Learning from Russia's war in Ukraine*, *Contemporary security policy*, 44(4), 576-591.

Lopes, H. (2012), *As Lições Aprendidas nas Forças Armadas*.

Luzin, P. (2023), *Russian Military Drones: Past, Present, and Future of the UAV Industry*.

Marante, E. (2019), *Emprego de Veículos Aéreos Não Tripulados Comerciais (Unmanned Aircraft Systems commercial off the shelf– UAS COTS) em operações ofensivas contra navios e instalações portuárias*.

Marinha Portuguesa (2018), *Diretiva estratégica da marinha 2018*.

- _____ (2022), Diretiva estratégica da marinha 2022.
- _____ (2024), Conteúdo audiovisual, Cerimónia de assinatura do contrato para a construção da Plataforma Naval Multifuncional.
- _____, (janeiro 2024), *Ordem da armada janeiro 2024, nº591*.
- Markarian, G., & Staniforth, A. (2020), *Countermeasures for aerial drones*, Artech House.
- MGEN R. Tendeiro (2021), Entrevista realizada por Pinto, C.
- MGEN Sousa F. (2021), Entrevista realizada por Pinto, C.
- MGEN Sousa, F. (2021), Entrevista realizada por Pinto, C.
- National Research Council, Division on Engineering, Physical Sciences, Naval Studies Board, & Committee on Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations (2005), Autonomous vehicles in support of naval operations, National Academies Press.*
- NATO (2008), STANAG 4586, Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability, NATO Standardization Agency.*
- _____ (2013), *ATP-31, Nato Above Water Warfare Manual*.
- _____ (2014), *ATP-01, VOLUME I, ALLIED MARITIME TACTICAL INSTRUCTIONS AND PROCEDURES*.
- _____ (2014a), *ATP-04 ALLIED NAVAL FIRE SUPPORT*.
- _____ (2017), *AEP-82, UAS WEAPONS INTEGRATION*.
- _____ (2017a), *AEP-84 Volume I, STANDARD INTERFACES OF UNMANNED AIRCRAFT (UA) CONTROL SYSTEM (UCS) FOR NATO UA INTEROPERABILITY - INTERFACE CONTROL DOCUMENT*.

—— (2017b), *AEP-84 Volume II, STANDARD INTERFACES OF UNMANNED AIRCRAFT (UA) CONTROL SYSTEM (UCS) FOR NATO UA INTEROPERABILITY - INTERFACE CONTROL DOCUMENT*.

—— (2017c), *ATP-28, ALLIED ANTISUBMARINE WARFARE MANUAL*.

—— (2019), *ATP-3.3.8.1 - Minimum Training Requirements for Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators and Pilots*.

—— (2019a), *STANAG 4670, MINIMUM TRAINING REQUIREMENTS FOR UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS (UAS) OPERATORS AND PILOTS*.

—— (2020), *ATP-3.3.8.2 UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM TACTICS, TECHNIQUES AND PROCEDURES*.

—— (2023), *ATP 3-01.81, Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS)*.

—— (2023a), *ATP-117 COUNTERING CLASS I UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS (UAS) DOCTRINE*.

—— (2023b), *FACT SHEET – DYNAMIC MESSENGER 23*, obtido de:
[file:///C:/Users/TESTER/Downloads/20230925%20FACTSHEET%20-%20DYNAMIC%20MESSENGER%2023%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/TESTER/Downloads/20230925%20FACTSHEET%20-%20DYNAMIC%20MESSENGER%2023%20(2).pdf).

—— (2023c), *Report of Dynamic Messenger*, obtido de:
<https://mc.nato.int/missions/exercises/dynamic-messenger>.

Navy Lookout (abril 2021), *Novel technologies in anti-submarine warfare*, obtido em:
<https://www.navylookout.com/novel-technologies-in-anti-submarine-warfare/>.

—— (dezembro 2023), *Hunting submarines with drones*, obtido em:
<https://www.navylookout.com/hunting-submarines-with-drones/>.

Norton, T. (2016), *Staffing for unmanned aircraft systems (UAS) operations* (Report No. P-5253). *Institute for Defense Analyses*, obtido em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1014109.Pdf>.

Oliveira, J. (2014), *O Programa de Sistemas Aéreos Não Tripulados da Força Aérea Portuguesa como alicerce da Capacidade Aérea Não Tripulada Nacional* (Doctoral dissertation, IUM).

Páscoa, Tiago R.G.S.N. (2020), *EMPREGO DE SISTEMAS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS PELAS FORÇAS ARMADAS*.

Pinto, C. (2021), *Edificação da capacidade UAS nas FFAA Portuguesas*.

Pravda (2024), obtido em:
<https://www.pravda.com.ua/eng/news/2024/04/10/7450571/>.

Rabaça, T. (2014), *O Uso de Drones na Atual Conflitualidade: Uma Análise ao Nível Estratégico e Tático* (Doctoral dissertation, Academia Militar, Direção de Ensino).

Samuel Bendett (2023), *Breaking defense*, obtido em:
<https://breakingdefense.com/2023/10/with-turkish-drones-in-the-headlines-what-happened-to-ukraines-bayraktar-tb2s/>.

Siddiki, A. L. M. K. (2022), *Combat Drones in Ukraine*, Vol1, pp. 1-11.

Skywatch (2018), *INTEGRATED UAV RECONNAISSANCE OPERATION*.

Sousa, M. J. & Baptista, C. S. (2011), *Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios segundo Bolonha*. 1.^a ed. Lisboa: Lidel.

Tekever (2024), obtido em: <https://www.tekever.com/models/ar3/>.

Tsoarmor (2024), *MARITIME OPERATIONS*, obtido em:
<https://tsoarmor.com/training/maritime-operations/>.

UAvision (2024), obtido em: <https://www.uavision.com/>.

U.S. Fleet Forces Command, (2024), Voice and written Reports, obtido em: <https://breakingdefense.com/2024/01/commander-navys-new-task-group-59-1-to-usher-unmanned-systems-into-operational-realm/>.

United Nations (2019), United Nations Use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Capabilities, Department of Peace Operations/ Department of Operational Support.

United States Air Force Headquarters (2019), United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047.

United States Navy (2024), Task Force 59 Launches New Unmanned Task Group 59.1, obtido em: <https://www.navy.mil/Press-Office/News-Stories/Article/3645647/task-force-59-launches-new-unmanned-task-group-591/>.

VALM Silvestre Correia (2021), Entrevista realizada por Pinto, C.

Watling, J., & Reynolds, N. (2023), Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of Its Invasion of Ukraine, Royal United Services Institute for Defence and Security Studies.

ZALA Aero Group (2024), obtido em: <https://zala-aero.com/en/>.

Apêndices

Apêndice A – Lista de entrevistas estruturadas e semi-estruturadas

Nome	Função	Data
CFR M Faias Martins	Comandante das X-31	12-04-2024
1TEN M Santos Bica	2 Comandante X-31	12-04-2024
2TEN M Rodrigues Marante	Chefe de operações X-31	04-06-2024
1TEN EN-AEL Sampaio Pereira	Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV)	04-06-2024
1TEN EN-MEC Varela Simões	Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV)	04-06-2024
1TEN EN- MEC Castro Fernandes	Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV)	04-06-2024
2TEN EN-AEL Lobo Sénica	Célula de Inovação e Experimentação Operacional de Sistemas Não Tripulados (CEOV)	04-06-2024

Tabela 7- Lista de entrevistas estruturadas e semi-estruturadas.

Apêndice B- Guia de entrevista X-31

Objetivos	Objetivos da entrevista	Questões
OE1	O1.1- Identificar a missão e os meios em uso da Marinha Portuguesa. O1.2- Identificar os recursos utilizados na operação de SNTs.	1. Que meios SNTs dispõe a Marinha Portuguesa? 2. Que missões cumprem os SNTs na Marinha Portuguesa? 3. Que estrutura de Comando e Controlo dispõe a Marinha Portuguesa para os SNTs? (Como funciona a unidade e que relação tem com outras unidades) 4. Em que medida a utilização de SNTs afeta quantitativamente os recursos humanos, materiais e financeiros?
OE2	O2.1- Identificar forças e fragilidades, oportunidades e dificuldades à edificação da capacidade SNT na Marinha Portuguesa.	5. Em que medida a utilização de SNTs é vantajosa e conduz a melhores resultados? 6. Quais as limitações do emprego de SNTs? 7. Estão definidos os efetivos necessários em cada área (operação, manutenção e apoio) e as qualificações/formação para a operação dos SNTs? 8. Como e onde é realizada a formação dos operados de SNT? 9. Em que medida é benéfica a colaboração nas FFAA na operação de SNTs?
OE3	O3.1 – Identificar linhas de ação para aproveitar as oportunidades e potenciar as forças. O3.2 - Identificar linhas de ação para mitigar as fragilidades e fazer frente às ameaças. O3.3 - Identificar vantagens e desvantagens no uso de SNT na Marinha Portuguesa.	10. Existem no mercado SNTs adequados aos requisitos operacionais da Marinha Portuguesa? 11. Em que medida é possível o emprego de SNTs no âmbito de operações militares navais? Qual o caminho a ser seguido no futuro para a operação de SNTs na Marinha Portuguesa?
OE4	O4.1- Identificar pontos relevantes ao exercício DYNAMIC Messenger, realizado em Tróia em 2023. O4.2- Identificar exercícios e testes relevantes à presente dissertação.	13. Foi publicado que o exercício Dynamic Messenger esteve envolvido em várias áreas de operações navais, na qual se insere Force Protecion, quais foram os cenários e os resultados da utilização de SNTs nesta área operacional? Potencialidades nesta área? 14. Em que medidas poderiam ser utilizados SNTs para o combate de Assymetric Warfare? Foi explorado esta área operacional? 15. Como seria vantajoso o uso de SNTs para a segurança de unidades navais em missões de ambientes hostis (por exemplo atracação com níveis de ameaça considerada), para monitorar operações de fiscalização e Boarding? 16. Têm sido realizados algum tipo de exercício/ testes com SNTs relativo às áreas de operação já referidas?
		17. Deseja acrescentar algum comentário ou sugestão?

Apêndice C- Guia de entrevista CEOV

Objetivos	Objetivos da entrevista	Questões
OE1	01.1- Identificar a missão e os meios em uso da Marinha Portuguesa. 01.2- Identificar os recursos utilizados na operação de SNTs.	1. Que missões cumprem os SNTs na Marinha Portuguesa? 2. Que meios SNTs dispõe a CEOV em desenvolvimento? 3. Que estrutura de Comando e Controlo dispõe a Marinha Portuguesa para os SNTs? (Como funciona a unidade e que relação tem com outras unidades)
OE2	02.1- Identificar linhas de ação da CEOV. 02.2- Identificar exercícios e testes relevantes à presente dissertação pela unidade CEOV. 02.3- Identificar relações entre a CEOV e outras unidades.	4. Existem no mercado SNTs adequados aos requisitos operacionais da Marinha Portuguesa? 5. Em que medidas poderiam ser adquiridos SNTs para a área operacional na Marinha Portuguesa (mais concretamente casos de ISR, Force Protection, Assymmetric Warfare)? 6. Existe alguma relação entre a CEOV e outras unidades das FFAA? Em que consiste estas relações e quais são as vantagens das mesmas? 7. Que tipo de exercícios/ testes são recentemente realizados com o intuito de Interoperabilidade com unidades navais? 8. Nos últimos anos quais foram os exercícios mais relevantes realizados no âmbito da experimentação pela CEOV? 9. Que tipo de relação tem sido desenvolvido no âmbito da Inteligência Artificial em SNT-Aer?
		10. Deseja acrescentar algum comentário ou sugestão?

Apêndice D- Guia de entrevista Sr. Tenente Rodrigues Marante

Objetivos	Objetivos da entrevista	Questões
OE1	01- Identificar objetivos relativos à edificação da capacidade SNT na Marinha Portuguesa.	1. A doutrina nacional é normalmente sustentada na doutrina NATO, no âmbito da operação de SNT observa-se semelhança na mesma ou tem sido processada de modo diferente? 2. Quais os objetivos a nível Nacional relativamente à metodologia DOTMLPF-I para a edificação de capacidades SNT?
OE2	02- Identificar relações entre a edificação de SNT na Marinha Portuguesa e outras FFAA (Nacional e NATO).	3. A doutrina relativa à capacidade e operação nacional de SNTs é partilhada entre as várias forças armadas ou cada uma é responsável pela respetiva? 4. Que importância teria a aplicabilidade da doutrina NATO considerando a possível integração de futuras equipas nacionais em operações da NATO?
OE3	03- Identificar relações legislativas a nível hierárquico na edificação das capacidades SNT na Marinha Portuguesa.	5. Em que aspetos se difere a edificação das capacidades SNT nos diversos níveis (operacional, tático, estratégico)? 6. A ação do Sr. Tenente Marante, como principal responsável pela doutrina operacional está a ser ou será posteriormente supervisionada a nível tático/ estratégico? 7. Existe doutrina definida para as capacidades SNTs ao nível do EMGFA? Ou esta tem sido adotada inicialmente a doutrina da NATO?
OE4	04- Identificar relações/dificuldades entre doutrina e legislação.	8. No debate entre as questões doutrinárias e a legislação que enquadra as operações de SNTs, que fatores devem ser considerados relacionados à utilização do espaço aéreo não segregado, a sua certificação e as certificações dos operadores.
		9. Deseja acrescentar algum comentário ou sugestão?

Apêndice E- Características dos UAS da Marinha Portuguesa²⁶

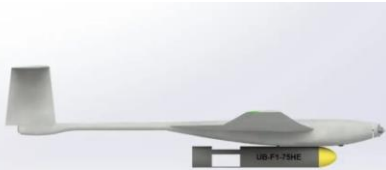
	Spyro	Ogassa OGS42V	Heifu Pro	VTOne	PUMA LE	AR3
						
Fabricante	UAVision	UAVision	Beyond	Beyond	AeroVironment	Tekever
Nacionalidade	Portugal	Portugal	Vision	Vision		
Peso	12	36	11	15.5	7	25
Carga útil (kg)	4	5	4	1	1	4
Autonomia (h:m)	1h	6-8h	70min	2h30	3h	16h
Velocidade Max (km/h)	55	129	80	120	85	120
Alcance máximo (Km)	15	100	Em teste	Em teste	60	100
Altitude máxima (m)	900	2400	Em teste	Em teste	1520	3600
Lançamento	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Manual	Vertical/ Catapulta
Recuperação	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Queda controlada	Paraquedas/ Rede/ Água
Propulsão	Elétrico	Combustão	Elétrico	Elétrico	Elétrico	Combustão

Tabela 8- Características de SNTs da Marinha Portuguesa

²⁶ - Fonte: UAVision, BeyondVision, AeroVironment, Tekever; CFR Faias Martins, 1TEN Santos Bica, 2TEN Rodrigues Marante, 2024.

Apêndice G – SNTs usados no conflito Ucrânia-Russia

	Designação: Leleka-100
	Fabricante: DEVIRO
	Operações: <i>Reconnaissance</i>
	Custo: 45.000€
	Fonte: (Maksim Panasovskyi.2022, gadget)
Características: Autonomia: 4h; Altitude: 3km; Velocidade max: 32m/s; Peso:8,7 kg.	
	Designação: Shark
	Fabricante: <i>Ukrspec Systems</i>
	Operações: <i>Identification, Reconnaissance, Surveillance, fire control</i>
	Custo: 303.000€
	Fonte: (ukrspecsystems, 2023)
Características: Autonomia: 4h/300km; Altitude: 3km; Velocidade max: 150/h; Peso:12,5 kg; Alcance: 80km; Recolha por paraquedas.	
	Designação: DJI Mavic-3 (Comerciais)
	Fabricante: <i>DJI Enterprise</i>
	Operações: <i>Identification, Reconnaissance, Surveillance or offensive</i>
	Custo: 2000€
	Fonte: (DJI Mavic 3, Enterprise)
Características: Autonomia: 45min/ 30km; Altitude: 6km; Velocidade max: 68km/h; Peso: 1 kg; Alcance: 15km.	

	Designação: Switchblade 300
	Fabricante: AeroVironment
	Operações: <i>Ofensive</i>
	Custo: 48.000€
	Fonte: AeroVironment
Características: Alcance: 30km; Altitude: 4.5km; Velocidade max: 161 km/h; Peso: 2.5 kg.	
	Designação: Punisher
	Fabricante: UA Dynamics
	Operações: <i>Special Operations (ofensive)</i>
	Custo: 46.000€
	Fonte: (UA Dynamics, 2024; ukraineworld, 2024)
Características: Velocidade: 198 km/h; Alcance max: 80km; Altitude operacional: 400m.	
	Designação: RAM II
	Fabricante: Ucrânia
	Operações: <i>Ofensive</i>
	Custo: -----
	Fonte: (USAF, 2009; Gertler, 2012; Aerovironment, 2017; Spetstechnoexport, 2023)
Características: Autonomia: 40min; Altitude: 1000m; Velocidade max: 170km/h; Peso: 10kg; Alcance: 60km; Capacidade de <i>Payload Warhead</i> : 3kg.	

	Designação: Forpost
	Fabricante: Federação Russa
	Operações: <i>ISRT</i>
	Custo: ----
	Fonte: (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023)
Características: Autonomia: 17.5h; Altitude: 5.7km; Alcance: 250km Velocidade max: 204 km/h; Peso: 454kg Payload: 100kg	
	Designação: Orlan-30
	Fabricante: Federação Russa
	Operações: <i>ISRT</i>
	Custo: ----
	Fonte: (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023)
Características: Autonomia: 5h; Altitude: 4,5km; Velocidade max: 170/h; Peso: 27 kg; Alcance: 300km;	
	Designação: Lancet
	Fabricante: Federação Russa
	Operações: <i>Ofensive</i>
	Custo: ----
	Fonte: (Edmonds, J., & Bendett, S., 2023)
Características: Autonomia: 1h; Altitude: 5km; Velocidade max: 300km/h; Peso: 12 kg; Alcance: 40km.	

Tabela 9- SNTs usados no conflito Ucrânia-Russia.

Anexos

Anexo A – Vantagens e desvantagens de diferentes tipos de sensores

Vantagens	Desvantagens
Eletro-óptico	
Oferece uma visão familiar de uma cena.	O emprego de técnicas de camuflagem e ocultação pode enganar o sensor.
Normalmente oferece resolução de sistema inatingível em outros sistemas ópticos ou em imagens térmicas e radares.	Restrito pelas condições climáticas; a luz visível não pode penetrar nas nuvens ou na neblina.
Preferido para análise e medição detalhadas.	Restrito por terreno e vegetação.
Pode ativar imagens 3D para uma melhor análise.	Limitado a áreas iluminadas durante a noite.
Infravermelho	
Um sensor passivo; não é fácil de atolar.	Não é tão eficaz durante a passagem térmica (1 a 1,5 horas após o nascer ou pôr do sol).
Oferece penetração de camuflagem.	O mau tempo degrada a qualidade.
Fornecer boa resolução; capacidade de imagem noturna.	
Radar de abertura sintética	
Consciência situacional quase contínua, mesmo em condições climáticas adversas.	Requer pessoal treinado para interpretar.
Imagens detalhadas de grandes áreas.	Sem capacidade de vídeo; não suportado pelo OSRVT/ROVER.
Pode fornecer imagens semelhantes a fotografias.	Ampla largura de banda de processamento e distribuição.
	Latência da imagem com base na largura de banda.
	Pode ficar preso.

Tabela 10- Vantagens e desvantagens de diferentes tipos de sensores.

Fonte: NATO (2020), ATP-3.3.8.2.

Anexo B- Níveis de autonomia para sistemas aéreos não tripulados aéreos.

Level	Level Description	Observation Perception and Situation Awareness	Decision-Making Ability	Capability	Example
1	Remote control	Driving sensors	None	Remote operator steering commands	Basic teleoperation
2	Remote control with vehicle state knowledge	Local pose	Reporting of basic health and state of vehicle	Remote operator steering commands, using vehicle state knowledge	Teleoperation with operator knowledge of vehicle pose situation awareness
3	External preplanned mission	World model database—basic perception	Autonomous Navigation System (ANS)-commanded steering based on externally planned path	Basic path following, with operator help	Close path following intelligent teleoperation
4	Knowledge of local and planned path environment	Perception sensor suite	Local plan/replan—world model correlation with local perception	Robust leader-follower with operator help	Remote path following—convoying
5	Hazard avoidance or negotiation	Local perception correlated with world model database	Path planning based on hazard estimation	Basic open and rolling semiautonomous navigation, with significant operator intervention	Basic open and rolling terrain
6	Object detection, recognition, avoidance or negotiation	Local perception and world model database	Planning and negotiation of complex terrain and objects	Open, rolling terrain with obstacle negotiation, limited mobility speed, with some operator help	Robust, open, rolling terrain with obstacle negotiation
7	Fusion of local sensors and data	Local sensor fusion	Robust planning and negotiation of complex terrain, environmental conditions, hazards, and objects	Complex terrain with obstacle negotiation, limited mobility speed, and some operator help	Basic complex terrain
8	Cooperative operations	Data fusion of similar data among cooperative vehicles (such as UAVs)	Advanced decisions based on shared data from other similar vehicles	Robust, complex terrain with full mobility and speed. Autonomous coordinated group accomplishments of ANS goals with supervision	Robust, coordinated ANS operations in complex terrain
9	Collaborative operations	Fusion of ANS and reconnaissance, surveillance, and target acquisition (RSTA) information among operational-force UGVs	Collaborative reasoning, planning, and execution	Accomplishment of mission objectives through collaborative planning and execution, with operator oversight	Autonomous mission accomplishment with differing individual goals and little supervision
10	Full autonomy	Data fusion from all participating battlefield assets	Total independence to plan and implement to meet defined objectives	Accomplishment of mission objectives through collaborative planning and execution, with operator oversight	Fully autonomous mission accomplishment with no supervision

SOURCE: LTC Warren O'Donnell, USA, Office of the Assistant Secretary of the Navy (Acquisition, Logistics, and Technology), "Future Combat Systems Review," presentation to the committee, April 25, 2003.

Tabela 11- Níveis de autonomia para UAS dos EUA.

Fonte: Robert D. Ireland (2010), *AUTONOMOUS VEHICLE SYSTEMS: IMPLICATIONS FOR MARITIME OPERATIONS, WARFARE CAPABILITIES, AND COMMAND AND CONTROL*.

Anexo C – Exemplo de equipamento C-UAS

Smart Shooter

Smart Shooter é um visor com a possibilidade de ser acoplado a sistemas de armas individuais existentes, permitindo ao operador desta forma neutralizar ameaças de UAS. Este equipamento possui um alcance de 120 metros e é compatível com qualquer trilho de sistemas de armas, sendo que este dispara unicamente quando a mira está alinhada de modo a acertar o alvo, incluindo a antecipação necessária para alvos em movimento (NATO, 2023).



Figura 24- Sistema Smart Shooter.

Fonte: NATO (2023), ATP 3.01.81.

Drone Buster

O Sistema *Drone Buster* é um dispositivo portátil de ataque eletrônico, este equipamento permite ao operador bloquear o sinal de controlo do veículo não tripulado (controlados e guiados por *GPS*). Este apresenta um alcance de 400 metros, alimentado por bateria e especificamente desenvolvido para neutralizar *UAS* dos grupos 1 e 2 (*NATO*, 2023).

Estes dispositivos operam exclusivamente por linha de visão, exigindo que o operador mantenha o alvo em vista durante o ataque (*NATO*, 2023).



Figura 25- Sistema C-UAS *Drone Buster*.

Fonte: *NATO* (2023), ATP 3.01.81.

MODI

O *Modi* é um sistema portátil de guerra eletrônica, que combina capacidades de detecção e neutralização, integrando funções táticas de guerra eletrônica para derrotar *UAS*. Este apresenta um alcance de 400 metros. A unidade pode ser usada como um sistema portátil desmontado ou, com utilizado a partir de um local fixo com a possibilidade de aperfeiçoamento através de um amplificador de potência (NATO, 2023).



Figura 26- Sistema portátil MODI.

Fonte: NATO (2023), ATP 3.01.81.

Bal Chatri 2

Bal Chatri 2 é um “sistema passivo” com alcance de 3 a 5 quilômetros, na qual consiste em um sistema de detecção de radiofrequência definido por software usado para detectar e identificar veículos não tripulados aéreos. O rádio pode ser usado para a monitorização de forma portátil ou através de equipamento em estação fixa (NATO, 2023).

Borisoglebsk-2

O sistema Borisoglebsk-2 é um equipamento de guerra eletrônica utilizado pelas forças russas no atual conflito com a Ucrânia. Este sistema é usado para detetar, analisar e perturbar comunicações de rádio de alta e muito alta frequência, apresentando a capacidade de bloquear comunicações por satélite, sistemas de radionavegação e linhas de comunicação de comando e controlo a nível tático. Além disso, o *Borisoglebsk-2* pode interferir ou bloquear radares inimigos, tendo a capacidade de adaptar-se a diferentes situações e ameaças (pravda, 2024).

Comparado com os seus predecessores *Zhitel* e *Pole*, o Borisoglebsk-2 possui características mais desenvolvidas, entre estas um maior alcance de deteção de RF, estações de EW mais acentuados permitindo a interferência no uso de veículos não tripulados aéreos (spslandforces, 2019).

Este sistema é apresentado como uma componente chave dos esforços da Rússia para modernizar as suas capacidades de guerra eletrônica, sendo composto por vários veículos, cada um com funções específicas como inteligência eletrônica, interferência e comando e controlo (pravda, 2024).



Figura 27- Sistema C-UAS russo Borisoglebsk-2.

Fonte: Pravda, 2024.

Anexo D – Visão da NATO para a capacidade UAS

Doctrine
<i>Providing the warfighters with effective and accurate doctrine is essential to the successful employment of NATO coalition forces. This doctrine is promulgated through joint doctrine publications, service doctrine publications, joint tactics, techniques, and procedures (TTP), service TTP, and policy. Joint doctrine standardizes terminology, relationships, responsibilities, and processes among coalition forces to free joint force commanders and their staffs to focus their efforts on solving the strategic, operational, and tactical problems confronting them.</i>
Organisation
<i>Operating forces, support staffs, and logistical support systems should be organised to optimize UAS capabilities at the appropriate echelon and to meet mission objectives/requirements. Characteristics to examine when task-organising include, but are not limited to: training, experience, equipment, sustainability, operating environment, enemy threat, and mobility.</i>
Training
<i>Specific mission essential task (MET) training, meeting established standards, is critical if personnel are to provide the capabilities that support the combatant commanders and set conditions for mission success. Training should address joint operations and concepts across all phases of joint campaigns and throughout the spectrum of service, joint, interagency, intergovernmental, and multinational operations. Training should be appropriate, utilize existing operational information networks, and occur in realistic environments and conditions to adequately prepare personnel to the highest level possible.</i>
Material
<i>Each military department shall be equipped to accomplish all assigned UAS missions and shall have an equipment procurement and distribution program that is responsive to the combatant commanders' mission requirements and sustainable on</i>

<i>those joint and other missions, including homeland defence. Sufficient equipment must be available to support the annual UAS training readiness requirements of each component unit and its personnel.</i>
Leadership
<i>Successful leadership transforms human potential into effective performance. Effective leaders are able to influence others to accomplish the UAS mission by providing a clear purpose, consistent direction, and inspired motivation. Coupled with leadership, education forms the foundation for achievement. Service members shall be provided opportunities to acquire basic educational and academic skills which are essential to successful UAS mission performance.</i>
Personnel
<i>NATO military objectives shall be accomplished using cost effective levels of manpower. They should refer to the ambition of the contributing Nations on the highest level of integration to enhance human interoperability, team activity, and cooperation. Manpower requirements are driven by workload and shall be established at the minimum levels necessary to accomplish UAS mission and performance objectives. Sufficient manpower positions shall be designated as military to enable development of combat-related skills or to promote career development in military competencies.</i>
Facilities/ Structures
<i>The acquisition, management, and disposal of UAS related real property shall be performed to advance the overall mission of the Department of Defence. This property consists of all buildings, structures, utility systems, pavements, and underlying lands to support training and operational mission requirements.</i>
Interoperability
<i>Integration and Interoperability are keys to successful coalition operations. NATO's STANAG 4586 defines various levels of interoperability for UAS. When selecting UAS for NATO operations, planners should consider the systems' level of interoperability.</i>
Network Integration

Command and Control as well as Information and Data sharing in NATO and Coalition Operations demand Network Enabled Capabilities to achieve commanders' desired effects. Interoperability is the prerequisite also for UAS to successfully be integrated in NATO's capability inventory. Future developments of UAS should address the common ground system that can operate various UAS in order to achieve full operational integration with respect to air space management, C2 of UAS, operational execution and information collection and dissemination.

Tabela 12-Modelo DOTMPLII-I pela NATO.

Fonte: NATO, 2010, pp. 16-17.

Anexo E – Níveis de Interoperabilidade estabelecidos no STANAG 4586

Level	Short Description	Long Description
1	Indirect receipt and display of imagery or data from the UA	LOI 1 authorizes receipt and display of UJAS-derived imagery or data without direct interaction with the UAS Personnel complete reception of imagery and data through established communications channels. LO1 requires a minimum connectivity with Joint Broadcast System (JBS)/Global Broadcast System (GBS), Common Ground System (CGS), or Army Battle Command System (ABCS).
2	Direct receipt of imagery or data from the UA	LOI 2 authorizes receipt and display of imagery and data directly from the UA without filtering or processing. This requires a remote video terminal (RVT) to interact with the IJA beyond that required for LOI 1 operations. At a minimum, LOI 2 operations require an UA-specific data link and a compatible LOS antenna to receive imagery and telemetry direct from the UA.
3	Control of the payload	LOI 3 authorizes control of the payload separate from control of the UA. In LOI 3 operations, the payload is controlled from somewhere other than the GCS with LOI 4 authority. Communications between the two controllers is required to synchronize movement and sensing operations. LOI 3 UAS operators must be trained in payload control operations.
4	Control of the UA, less takeoff and landing	LOI 4 authorizes control of the UA and its payload. LOI 4 requires a GCS and a fully trained UAS operator. LOI 4 permits control of a UA to pass from its take-off controller to a mission controller, then eventually back to another controller for landing.
5	Full control of the UA to include takeoff and landing	LOI 5 involves full function and control of the UA to include takeoff and landing. LOI 5 requires a GCS with any requisite launch and recovery capability. LOI 5 operations require appropriate operator training in flight operations, to include takeoff and landing, for the specific UA

Tabela 13- Níveis de Interoperabilidade estabelecidos no STANAG 4586.

Fonte: USARMY, 2010, p.11.

Anexo F- Características de sistemas não tripulados das Forças Armadas

	Designação: RQ-11 Raven (Grupo 1) – Tático
	Operadores: USA e USAF
	Fabricante: <i>Aerovironment</i>
	Operações: reconhecimento de zonas urbanas e vigilância
	Custo: 160.000 € (valor* por UAS com três UAV)
	Fonte: (USA, 2010; Gertler, 2012; <i>Aerovironment</i> , 2017)
Características: Este com fácil transpor (mochila militar), tem capacidade de operar em períodos diurnos/noturnos, sob condições atmosféricas não muito adversas. Tem uma bateria elétrica cuja autonomia é de cerca de 90 minutos, no entanto com a capacidade de serem substituídas e carregadas a partir da viatura terrestre de apoio. <i>Payload:</i> EO/IR, com capacidade de transmissão de imagens em tempo real. Alcance: 5,4 milhas náuticas (mn); Velocidade 17-44 nós. Peso: 1,9 kg. Altitude: 100-500 ft (30-152 m).	
	Designação: RQ-14 Dragon Eye (Grupo 1) – Tático
	Operadores: USAF e <i>United States Marine Corps</i> (USMC)
	Fabricante: <i>Aerovironment</i>
	Operações: ISTAR
	Custo: 150.000 € (valor* por UAV)
	Fonte: (USAF, 2009; Gertler, 2012; Olive-drab, 2017)
Características: Este é operado através de uma unidade de apoio para operações <i>ISRT</i>. Tem duas hélices e duas câmaras EO/IR, o seu peso (4kg), permite-lhe uma autonomia de 45 minutos podendo percorrer uma distância de 2,5mn.	

	Designação: Wasp III (Grupo 1) – Tático
	Operadores: USAF
	Fabricante: <i>Aerovironment</i>
	Operações: vigilância e reconhecimento
	Custo: 47.000 € (valor* por UAV referentes a 2006)
	Fonte: (USAF, 2009; Gertler, 2012; <i>Aerovironment</i> , 2017)
Características: Este tem capacidade de lançamento manual e aterragem horizontal, tendo um peso de 1,3 kg (comprimento 76 cm e envergadura 102 cm). A altitude de operação normal é de 500 pés, apresenta uma velocidade de cruzeiro de 20 nós e uma autonomia de 50 min. Tem um alcance de 2,7mn em LOS. Pode transportar um <i>payload</i> EO/IR para efetuar missões <i>ISR</i> .	
	Designação: RQ-16 (Grupo 1) – Tático
	Operadores: USAF, USA
	Fabricante: <i>Honeywell Aerospace</i>
	Operações: ISR
	Custo: 34.000 € (valor* por UAS com dois UAV e a UCS)
	Fonte: (<i>Army Technology</i> , 2011; Gertler, 2012)
Características: O RQ-16 é um sistema que contém 2 UAV, a UCS e o equipamento de apoio. Tem 36 cm de diâmetro e pode ser montado e lançado em 10 minutos. Tem um peso de cerca de 7kg e pode ser transportado numa mochila.	
É capaz de realizar <i>Vertical Take-Off and Landing</i> (VTOL) e tem a capacidade de pairar num local ao contrário de uma grande parte de UAS de asa fixa. Tem uma autonomia de cerca de 40 min e um alcance de cerca de 5,9mn.	
	Designação: FMQ-151 Pointer (Grupo 1) – Tático
	Operadores: USAF
	Fabricante: <i>Aerovironment</i>
	Operações: ISR e deteções químicas
	Custo: -
	Fonte: (Gertler, 2012; JAPCC, 2008)
Características: Comprovada na <i>Operation Enduring Freedom</i> (OEF), é um sistema de curto alcance que tem sido substituído pelo RQ-11 Raven. Tem uma autonomia de 2h, peso de cerca de 2kg e uma envergadura de 2,7 m.	

	Designação: ScanEagle (Grupo 2) – Tático
	Operadores: USAF e USN
	Fabricante: <i>Insitu Group (Boeing)</i> - 2004
	Operações: ISR
	Custo: 96.000 € (valor* por UAS)
	Fonte: (Gertler, 2012; <i>Boeing</i> , 2017)
Características: Este com funcionamento a combustão e uma envergadura de 3 m, permite que o UAV com mais de 18kg atinja altitudes até 19.000 pés e mais de 60mn de distância, dispondo uma autonomia de voo de mais de 20h. (Sistema de propulsão a combustão)	
	Designação: RQ-7 Shadow (Grupo 3) – Tático
	Operadores: USN, USA e USAF
	Fabricante: <i>AAI Textron Systems</i> - 1997
	Operações: ISTAR, apoio à artilharia e, eventualmente, reabastecimento médico através de para-quedas.
	Custo: 11.000.000 €/UAV (4UAVs, UCS, veículos de transporte e meios de projeção, valores* de 2008)
Fonte: (Gertler, 2012; <i>Textron Systems</i>, 2017)	
Características: Este com mais de 3m de comprimento, quase 4m de largura e um peso de 212kg, tem um alcance operacional de 68mn e uma autonomia de 9h. Consegue atingir altitudes de 14.000 pés, mas a ótima é de 8.000 pés. Velocidade de 112 nós. Alcance de 125 km em LOS. O UAV utiliza uma catapulta como método de lançamento através de um catapulta e recuperado com a ajuda de uma barreira de retenção. Consegue descolar e aterrar autonomamente. <i>Payloads:</i> torre de sensores EO/IR, capazes de produzir vídeo noite/dia e transmitir à UCS, via <i>datalink</i> em LOS.	
Designação: STUAS RQ-21A Blackjack (Grupo 3) – Tático	
Operadores: USN, USMC e USAF	
Fabricante: <i>Insitu Group (Boeing)</i> – 2010	
Operações: ISTAR em terra ou em ambiente marítimo	
Custo: 14.000.000 €/UAV (valor* para cada UAS que tem 2 UCS, 2 catapultas e 5 UAVs)	
Fonte: (Gertler, 2012; Naval-technology, 2013; Drew, 2015)	

	Características: prestar apoio à defesa e proteção de navios e aos USMC. <i>Payloads:</i> câmaras dia/noite EO/IR e LRF. Tem capacidade de ser lançado e recuperado de um ambiente expedicionário/urbano ou em unidades navais. Utiliza o mesmo sistema de lançamento do <i>ScanEagle</i>. Tem um peso de mais de 56 kg, uma autonomia de 13h, um alcance de 50mn e uma altitude de 19.500 pés. Dimensões: 2,5 m de comprimento e 4,9 m de envergadura. Velocidade: 75 nós. (Sistema de propulsão a combustão)
	Designação: MQ-8 Fire Scout (Grupo 4) – Tático Operadores: USN Fabricante: <i>Northrop Grumman</i> – 2003 Operações: <i>Command, Control, Communications, Computers and Intelligence (C4ISTAR)</i>, combate e apoio ao combate, mas também podem ser utilizados no controlo costeiro, <i>Search and Rescue (SaR)</i>, reabastecimento médico Custo: 25.940.000 €/UAV (valor* de 2014) Fonte: (JAPCC, 2008; Gertler, 2012; McGarry, 2014; <i>UAS Vision</i>, 2017)
	Características: É composto por quatro pás para redução da assinatura acústica, que permite ao mesmo suportar <i>payloads</i> (câmaras EO/IR, LRF/D com capacidade para deteção de minas) de mais de 57kg e ter uma autonomia até 9,5h reduzida para 6h com a carga máxima. Possui <i>data links</i> em LOS. A UCS pode estar num navio ou ser transportada num veículo. Dimensões: 7m de comprimento e 8,4m de envergadura. Peso 1.428,8kg. Consegue ser armado com mísseis <i>Hellfire</i>; armas guiadas a laser <i>Viper</i>; com "<i>Advanced Precision Kill Weapon (APKW)</i>", um <i>rocket</i> guiado a laser de 70 mm. (Sistema de propulsão a combustão)

	Designação: MQ-1 Predator (Grupo 4) – MALE
	Operadores: USA e USAF (150)
	Fabricante: <i>General Atomics Aeronautical Systems</i>
	Operações: Combate, C4ISTAR e apoio ao combate
	Custo: 19.500.000 €/UAV (valor* incluindo 4 UAV, a

	UCS e o <i>link</i> primário ao satélite)
	Fonte: (JAPCC, 2008; Gertler, 2012; USAF, 2015)

Características: Capacidade de voo até 25.000 pés, no entanto operações entre 10.000 a 15.000 pés. Cada UAV consegue permanecer até 500 mn da UCS durante 24h até regressar. A sua velocidade de cruzeiro é de 70 nós, podendo chegar até aos 112 nós. Os EUA têm três esquadras de MQ-1, duas de reconhecimento e uma para treino. Dimensões: 8 m de comprimento, pouco mais de 2m de altura e 17m de envergadura. Peso: 1.451kg; peso do *payload*: 204 kg. Como a sua missão primária é de reconhecimento e aquisição de alvos, possui um *payload* de 204kg com duas câmaras EO e uma IR (para o voo noturno). Também vem equipado com LRD associado ao *payload* EO/IR que permite perseguir alvos em movimento. Adicionalmente pode incluir um SAR que ajuda o UAV a ver através de condições climáticas mais adversas. As suas comunicações via satélite permitem uma operação BLOS. Consegue ser armado com 4 mísseis *Hellfire* ou GBU-44 *Viper Strike*. Necessita de infraestruturas aeronáuticas para operar como as aeronaves tripuladas, mas de dimensões 1,6x23m. É compatível com o STANAG 4586.

	Designação: MQ-9 <i>Reaper</i> (Grupo 5) – HALE
	Operadores: USAF (93); Reino Unido; Itália; Turquia
	Fabricante: <i>General Atomics Aeronautical Systems Inc.</i>
	Operações: Combate, C4ISTAR, apoio ao combate
	Custo: 61.500.000 €/UAV (4 UAV com sensores para uma UCS, valores* de 2009)
	Fonte: (JAPCC, 2008; Gertler, 2012; USAF, 2015)
Características: Capacidade de voo até 50.000 pés de altitude, mas tipicamente opera entre 25.000 a 30.000 pés, com uma velocidade de cruzeiro de 200 nós (máxima 225 nós). Apresenta uma autonomia operacional de 18h (máx. 30h) e um alcance de 1.000mn. Os EUA têm três esquadras de MQ-9, uma de reconhecimento e duas de ataque. Dimensões: 11m de comprimento, 3,8m de altura e 20 de envergadura. Peso: 4.763kg; peso do <i>payload</i>: 1.701 kg. <i>Payloads:</i> <i>Multi-Spectral Targeting System</i>, com um conjunto de sensores câmara EO/IR, LRD/F e <i>laser illuminator</i>. O vídeo de cada um dos sensores pode ser visto integrado ou em separado. Consegue ser armado com seis mísseis debaixo das asas: par interior (cada um com 680kg); dois centrais com 159 kg e os dois de fora com 68 kg, podem ser AGM-114C/K <i>Hellfire</i>; GBU-12 <i>Paveway II</i>, GBU-38 JDAM ou AIM-92AA. Pode levar até 16 <i>Hellfires</i>, equivalente ao helicóptero Apache. Necesita de infraestruturas aeronáuticas para operar como as aeronaves tripuladas. Funciona BLOS, depois das 100 milhas, devido ao <i>link</i> ao satélite. Todo o sistema pode ser transportado no C-130.	

	Designação: RQ-4 <i>Global Hawk</i> (Grupo 5) – HALE
	Operadores: USAF (33 Block 30 e Block 40)
	Fabricante: <i>Northrop Grumman</i> – 1995
	Operações: C4ISTAR
	Custo: 135.000.000 €/UAV (valores* de 2012)
	Fonte: (JAPCC, 2008; Gertler, 2012; USAF, 2015)
Características: O RQ-4 <i>Global Hawk</i> divide-se em quatro <i>Blocks</i> (10, 20, 30 e 40). O <i>Block 40</i> integra o <i>Radar Technology Insertion Program</i> que é um radar eletrônico de varredura eletrônica ativa que recebeu dados MTI e SAR. O <i>Block 30</i> é uma plataforma <i>multi-intelligence</i> que integra <i>payloads</i>: EO/IR, SAR e sensores SIGINT de alta e baixa banda e ELINT. Consegue voar até 65.000 pés de altitude, mas normalmente opera aos 60.000 pés, com uma velocidade de 310 nós, uma autonomia máxima de 35h e um alcance de 5.400mn. Os EUA têm duas esquadras de reconhecimento RQ-4. Dimensões: 13,5m de comprimento, 4,7m de altura e 35,4m de envergadura. Peso: 12.111kg; peso do <i>payload</i>: 1.360 kg. Necessita de infraestruturas aeronáuticas para operar como as aeronaves tripuladas, com um comprimento de pista de cerca de 1500m. Funciona BLOS devido ao <i>link</i> ao satélite. O <i>Mission Control Element</i> e o <i>Launch and Recovery Element</i> são transportáveis no C-5B e no C-17.	
* valores convertidos de dólares	

Tabela 14- Caracterização dos principais UAS do DoD.

Fonte: Adaptado de Gonçalves A.M, 2017.