



ACADEMIA MILITAR

Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa

Aspirante de Artilharia Remi Penedo Mouta

Trabalho de Investigação Aplicada

Artilharia

Orientador: Major de Artilharia Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho

Coorientador: Capitão de Artilharia Gustavo Filipe Paulino Mendes

Júri

Presidente: Sr. Professor José Alberto de Jesus Borges

Arguente: Tenente-Coronel de Artilharia Lúcio Manuel da Costa Lopes

Orientador: Major de Artilharia Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Artilharia Bruno Filipe Simões Ladeiro

junho de 2025



ACADEMIA MILITAR

Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa

Aspirante de Artilharia Remi Penedo Mouta

Trabalho de Investigação Aplicada

Artilharia

Orientador: Major de Artilharia Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho

Coorientador: Capitão de Artilharia Gustavo Filipe Paulino Mendes

Júri

Presidente: Sr. Professor José Alberto de Jesus Borges

Arguente: Tenente-Coronel de Artilharia Lúcio Manuel da Costa Lopes

Orientador: Major de Artilharia Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Artilharia Bruno Filipe Simões Ladeiro

junho de 2025

EPÍGRAFE

“The greatest enemy of knowledge is not ignorance; it is the illusion.”

Daniel J. Boorstin

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pilar de força, paciência e amor em cada etapa do meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao chegar ao final desta etapa tão importante da minha formação, não poderia deixar de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que, de diferentes formas, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento tanto pessoal como académico.

Aos meus orientadores, o Major de Artilharia de Campanha Martinho e o Capitão de Artilharia de Campanha Mendes, agradeço profundamente a orientação dedicada, os conselhos valiosos e o rigor académico que me transmitiram ao longo deste processo.

À minha família, em especial aos meus pais, irmã e avó, agradeço do fundo do coração por serem o meu porto seguro. Obrigado pelo amor incondicional, pelas palavras de incentivo, pela paciência nos momentos difíceis e pela presença constante, mesmo quando o caminho se tornou mais exigente. Foram, sem dúvida, o alicerce que sustentou a minha determinação.

À minha namorada, pelo apoio incansável, pela compreensão nos momentos de ausência e por me ter ajudado a manter a serenidade quando a pressão apertava. Obrigado por estar sempre presente, mesmo quando a distância nos separava.

E por fim, ao meu querido avô, que partiu recentemente, deixo a mais sentida homenagem. A sua memória vive em mim a cada dia, um homem de sabedoria, simplicidade e coragem, que me ensinou pelo exemplo, o verdadeiro significado da dignidade.

A todos, o meu sincero obrigado.

RESUMO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada, tem como objetivo geral analisar as melhores medidas de defesa contra *Unmanned Aerial Systems* e identificar o potencial de integração dos sistemas *Counter-Unmanned Aerial Systems* na Artilharia de Campanha Portuguesa. A investigação surge da crescente ameaça dos *Unmanned Aerial Systems* nos campos de batalha modernos, intensificada pela sua utilização em conflitos como o da Rússia-Ucrânia, o que evidencia a necessidade de respostas eficazes. Neste contexto, os *Counter-Unmanned Aerial Systems* emergem como uma solução crucial para a proteção das unidades de Artilharia de Campanha, garantindo a segurança em posições fixas e durante movimentações operacionais. A sua integração representa um avanço estratégico, capaz de reforçar a defesa contra ameaças aéreas e assegurar a superioridade no campo de batalha.

Na primeira parte do trabalho é realizada uma caracterização dos UAS e das ameaças que representam. Tendo por base a doutrina da *North Atlantic Treaty Organization*, são apresentados os diferentes tipos de *Unmanned Aerial Systems* categorizando-os consoante as características técnicas, tais como peso, raio de ação, altitude de operação e medidas operacionais: cinéticas, não cinéticas e passivas. Esta investigação demonstra as diferentes capacidades dos *Counter-Unmanned Aerial Systems* na neutralização de ameaças, descrevendo os métodos destrutivos e as tecnologias de interferência eletrónica. Adicionalmente, explica os fatores e condicionantes da sua eficácia no campo de batalha, tais como missão, situação, terreno e condições meteorológicas, entre outros (PDE 3-00, 2012). Por último, são apresentadas as principais limitações técnicas, operacionais, legais e financeiras do seu emprego operacional. A segunda parte do estudo foca-se no caso da Artilharia de Campanha Portuguesa, destacando-se a necessidade de adaptação tecnológica e doutrinária para a implementação de *Counter-Unmanned Aerial Systems*, assim como a importância da interoperabilidade com outros sistemas de defesa aérea e redes de comando e controlo. Complementarmente, é ainda realizada uma análise comparativa de modelos *Counter-Unmanned Aerial Systems* atualmente disponíveis, com foco na sua mobilidade, tipo de neutralização, custo e adequação a diferentes contextos operacionais.

Por último, o trabalho propõe a formação de operadores e a realização de treino tático, tanto a nível individual como coletivo, como componente fundamental para garantir a eficácia destes sistemas.

Palavras-chave: *Counter-Unmanned Aerial Systems*, *Unmanned Aerial Systems*, Defesa Antidrone

ABSTRACT

This Applied Research Study aims to conduct a comprehensive analysis of the most effective defenses measures against Unmanned Aerial Systems and to assess the potential integration of Counter-Unmanned Aerial System systems into the Portuguese Artillery. This research is motivated by the growing threat posed by Unmanned Aerial Systems on contemporary battlefields, a phenomenon further intensified by its use in conflicts such as the Russia–Ukraine war, which underscores the urgent need for effective countermeasures. In this context, Counter-Unmanned Aerial System emerge as a critical solution for the protection of Artillery units, both in static defensive positions and during operational manoeuvres. Its integration represents a strategic enhancement, reinforcing air threat defense capabilities and contributing to operational superiority on the battlefield.

The first part of this study provides a detailed characterization of Unmanned Aerial Systems and the threats they pose. Drawing upon North Atlantic Treaty Organization doctrine, Unmanned Aerial Systems are classified according to technical parameters such as weight, operational range, and altitude, in addition to being analyzed in terms of countermeasure typologies—namely, kinetic, non-kinetic, and passive measures. The research further explores the diverse capabilities of Counter-Unmanned Aerial System systems in neutralizing threats, examining both destructive techniques and electronic interference technologies. It also addresses key factors influencing its operational effectiveness, including mission, context, terrain, and weather conditions, among others (PDE 3-00, 2012). Moreover, the study identifies the primary technical, operational, legal, and financial limitations associated with the deployment of these systems. The second part of the study focuses specifically on the context of the Portuguese Artillery, highlighting the need for technological and doctrinal adaptation to facilitate the implementation of Counter-Unmanned Aerial System systems and placing emphasis on the importance of interoperability with other air defense platforms and command and control networks. Additionally, a comparative analysis of currently available Counter-Unmanned Aerial System systems is presented, with particular attention given to mobility, neutralization methods, cost-effectiveness, and suitability across various operational scenarios.

Finally, the study advocates for the structured training of Counter-Unmanned Aerial System operators and the implementation of tactical exercises—both at the individual and

unit levels—as an essential component to ensure the operational effectiveness and integration of these systems.

Keywords: Counter-Unmanned Aerial System, Unmanned Aerial Systems, Anti-Drone Defense

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
PARTE I — ENQUADRAMENTO TEÓRICO CONCETUAL.....	3
CAPÍTULO 1 — Uma visão global sobre os <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i>	3
1.1. Capacidades dos <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i>	4
1.2. Limitações dos <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i>	4
1.3. <i>Unmanned Aerial Systems</i>	5
1.4. Possibilidades dos <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i> para a Artilharia de Campanha	7
CAPÍTULO 2 — Classificação dos sistemas C-UAS	9
2.1. Medidas cinéticas	10
2.2. Medidas não cinéticas.....	11
2.3. Medidas passivas	12
CAPÍTULO 3 — Integração dos C-UAS na Artilharia de Campanha	13
3.1. Modelos de operação tática	13
3.2. Tendências de evolução na Artilharia de Campanha	14
3.3. Visão global sobre o conflito Rússia-Ucrânia	16
3.4. Contribuições doutrinárias sobre os <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i>	17
3.4.1. Treino individual e coletivo dos sistemas <i>Counter Unmanned Aerial Systems</i>	18
3.4.2. <i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i> no Exército português	22
PARTE II — METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS	23
CAPÍTULO 4 — Metodologia e Métodos	23
4.1. Abordagem	23
4.2. Problematização da pesquisa	24
4.3. Instrumento de recolha e tratamento de dados	26
Parte III — ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	27

CAPÍTULO 5 — UAS e defesa C-UAS: tendências e aplicações militares.....	28
5.1. Uma visão internacional sobre utilização de UAS	29
5.2. Sistemas de C-UAS utilizados por outras forças armadas	30
5.2.1. Estados Unidos	30
5.2.2. Reino Unido.....	31
5.2.3. França	31
5.2.4. Rússia.....	31
5.2.5 China.....	32
5.3. O estado atual na Artilharia de Campanha Portuguesa dos C-UAS	32
5.4. Breves Conclusões do Capítulo	33
Capítulo 6 — Análise dos modelos de C-UAS e potencialidades para a Artilharia de Campanha Portuguesa	34
6.1. Comparação de modelos de C-UAS	34
6.2. Potencialidades e limitações dos C-UAS na Artilharia de Campanha	36
6.3. Formação e treino	37
6.4. Breves Conclusões do Capítulo	38
Capítulo 7 — Emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa ..	39
7.1. Cenários operacionais e modelos de emprego.....	39
7.1.1. C-UAS em defesa estática <i>versus</i> defesa móvel.....	40
7.1.2. Integração com sistemas de vigilância e radares	41
7.1.3 Proposta de implementação	42
7.2. Medidas de curto, médio e longo prazo para a Artilharia de Campanha Portuguesa	43
7.2.1 Apresentação de C-UAS específicos à Artilharia de Campanha	44
7.2.1.1 <i>DroneSentry</i>	44
7.2.1.2 <i>Falcon Shield</i>	44
7.2.1.3 <i>Leonidas</i>	45
7.2.1.4 <i>Helma-P</i>	46

7.2.1.5 <i>DroneHunter F700</i>	46
7.2.2 Análise SWOT	47
7.3. Breves Conclusões do Capítulo	49
CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1— Componentes do Unmanned Aerial System	6
Figura 2 — Relatório de ameaça UAS	20
Figura 3 — Relatório 11 line.....	20

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 — Modelo de investigação.....	25
Quadro 2 — Identificação dos entrevistados	27
Quadro 3 — Categorias e Subcategorias.....	28
Quadro 4 — Análise SWOT do DroneSentry	44
Quadro 5 — Análise SWOT do Falcon Shield.....	45
Quadro 6 — Análise SWOT do Leonidas	45
Quadro 7 — Análise SWOT do Helma-P	46
Quadro 8 — Análise SWOT do DroneHunter F700	46
Quadro 9— Análise de entrevistas	VI

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 — Classificação NATO dos UAV	7
Tabela 2 — Comparação dos sistemas C-UAS	34
Tabela 3 — Comparação das modalidades de sensores C-UAS	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Relação entre diferentes medidas C-UAS.....	10
---	----

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A — GUIÃO DE ENTREVISTA.....	I
Apêndice B — DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DA ENTREVISTA	V
Apêndice C— ANÁLISE DE ENTREVISTAS	VI

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AAA** — Artilharia Antiaérea
- AC** — Artilharia de Campanha
- AM** — Academia Militar
- ATP** — Army Techniques Publication
- BtrAAA** — Bateria de Artilharia Antiaérea
- C-RAM** — *Counter Rocket, Artillery and Mortar*
- C-SANT** — Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados
- C-UAV** — *Counter-Unmanned Aerial Vehicles*
- C-UAS** — *Counter-Unmanned Aerial System*
- C2** — Comando e Controlo
- CSV** — Companhia de Sistemas de Vigilância
- EO** — *Electro-Optical*
- EW** — **Electronic Warfare**
- GCS** — *Ground Control Station*
- GPS** — *Global Positioning System*
- HALE** — *High Altitude Long Endurance*
- HEL MD** — *High Energy Laser Mobile Demonstrator*
- IA** — Inteligência Artificial
- IED** — Improvised Explosive Device
- IR** — *InfraRed*
- JTF** — *Joint Task Force*
- LOS** — *Line of Sight*
- MALE** — *Medium Altitude Long Endurance*
- NATO** — *North Atlantic Treaty Organization*
- PDE** — Publicação Doutrinária do Exército
- RAAA1** — Regimento de Artilharia Antiaérea nº1
- RF** — *Radio Frequency*
- RLAM** — Radar de Localização de Artilharia de Campanha Média
- SWOT** — *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*
- TIA** — Trabalho de Investigação Aplicada
- TTP** — Técnicas, Táticas e Procedimentos

UAV — *Unmanned Aerial Vehicles*

UAS — *Unmanned Aerial System*

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem moldado profundamente os campos de batalha contemporâneos, com especial destaque para a crescente utilização de *Unmanned Aerial Systems* (UAS) em missões de reconhecimento, vigilância, ataque e apoio logístico. Estes sistemas não tripulados têm-se revelado particularmente eficazes em cenários de conflito recentes, como o da Rússia-Ucrânia, onde a sua capacidade de operar de forma autónoma e em enxames tem sobrecarregado as defesas convencionais. Tal realidade veio expor de forma clara a vulnerabilidade das unidades terrestres face a estas novas ameaças assimétricas. Neste contexto, a Artilharia de Campanha Portuguesa enfrenta um novo desafio: garantir a proteção das suas unidades contra a ameaça aérea representada pelos UAS. Para tal, a adoção de sistemas *Counter-Unmanned Aerial Systems* (C-UAS) surge como uma solução crucial para reforçar a defesa e assegurar a continuidade operacional em cenários de combate contemporâneos. A escolha deste tema para o Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) decorre da necessidade de compreender e explorar o potencial dos C-UAS na proteção das unidades de Artilharia de Campanha, alinhando-se com os objetivos do Mestrado em Ciências Militares – Artilharia de Campanha. A relevância deste estudo é reforçada pela evolução dos conflitos modernos, nos quais o domínio do espaço aéreo é determinante para a eficácia das operações militares. Assim, investigar as capacidades, limitações e estratégias de integração dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa constitui um contributo relevante para a modernização das suas capacidades defensivas e para o incremento da segurança nacional. O objetivo geral deste estudo consiste em investigar medidas inovadoras de C-UAS que possam ser aplicadas para reforçar a defesa das unidades de Artilharia de Campanha. Para atingir este objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: compreender e estudar as potencialidades dos sistemas C-UAS nas vertentes de sistemas de armas, legislação, formação e treino; recolher e analisar diferentes modelos de C-UAS, avaliando as suas características e adaptabilidade às necessidades da Artilharia de Campanha Portuguesa, com especial atenção para a identificação de ameaças, técnicas de prevenção e contra-ataque ativo; compreender de que forma os C-UAS podem ser integrados taticamente na defesa da Artilharia de Campanha, assegurando a sua eficácia no atual e futuro contexto operacional. Neste sentido, a pergunta de partida que norteia esta investigação é: "Quais as medidas inovadoras a investigar de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha?". Para responder a esta questão, o trabalho encontra-se organizado

em três partes distintas. A Parte I corresponde ao Enquadramento Teórico Conceitual, onde são apresentados os conceitos fundamentais dos UAS e dos C-UAS, as suas capacidades e limitações em cenários militares, bem como as principais tipologias e modos de operação destes sistemas. A Parte II foca-se na Metodologia, Métodos e Materiais, descrevendo a abordagem metodológica adotada, os instrumentos de recolha de dados e os procedimentos de análise, destacando a utilização de entrevistas semiestruturadas e a análise de conteúdo para suportar a investigação. Finalmente, a Parte III realiza a Análise e Discussão de Resultados, interpretando os dados recolhidos, destacando as principais conclusões sobre o emprego dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa e propondo medidas concretas para a sua implementação e otimização. Desta forma, pretende-se contribuir para o fortalecimento das capacidades defensivas da Artilharia de Campanha Portuguesa, assegurando a superioridade operacional e a segurança das suas unidades em ambientes crescentemente marcados pela presença de ameaças aéreas.

PARTE I — ENQUADRAMENTO TEÓRICO CONCETUAL

CAPÍTULO 1 — Uma visão global sobre os *Counter-Unmanned Aerial Systems*

Com o crescente desenvolvimento e risco de ameaça dos *Unmanned Aerial Systems* (UAS) contra as forças de Artilharia de Campanha, existe um aumento de interesse no desenvolvimento e compra de meios para combater estas ameaças. A necessidade em destruir estas ameaças cria uma crescente inovação e desenvolvimento de sistemas num curto período (Praisler, 2017).

Primeiramente, é possível verificar o aparecimento de várias empresas¹ no desenvolvimento de C-UAS, nas quais se utilizam métodos distintos para eliminar a ameaça. É importante saber que para eliminar a ameaça é necessário neutralizar qualquer parte do sistema do UAS, seja o operador do sistema, a estação de controlo no solo, o sinal eletromagnético ou até mesmo o próprio UAS (Kang, 2020).

Apesar da diferença de atuação entre os sistemas de C-UAS, todos os sistemas têm de ter a capacidade de, no mínimo, conseguir detetar, identificar e neutralizar (JAPCC, 2010). De modo a detetar e localizar o sistema, o C-UAS tem de ser capaz de rastrear o UAS. A deteção pode ser realizada de diversas maneiras, através de radares², sensores acústicos³, vigilância ótica⁴ ou infravermelha⁵ (Michel, 2019)

Assim que a ameaça tenha sido detetada, o sistema C-UAS tem de conseguir seguir e identificar, para que a neutralização ou destruição da ameaça seja possível. Esta neutralização pode ser efetuada por dois tipos: medidas cinéticas ou medidas não cinéticas.

As medidas cinéticas focam-se na destruição total do UAS através do uso de espingardas, metralhadoras, mísseis ou até mesmo laser de alta energia (Tedesco, 2015).

Já as medidas não cinéticas possuem mais vantagens, pois estas podem ser empregues em qualquer tipo de ambiente sem que haja danos colaterais, reduzindo significativamente o risco de causar vítimas (Michel, 2019).

¹ Raytheon Technologies; DroneShield; Rafael Advanced Defense Systems

² AN/MPQ-64 Sentinel; Giraffe AMB

³ Metravib PILAR; DroneShield FarAlert

⁴ FLIR Ranger HDC; TrakkaCam TC-300

⁵ FLIR Recon V; Boson IR

1.1. Capacidades dos *Counter-Unmanned Aerial Systems*

Apesar de os C-UAS terem todos o mesmo objetivo⁶, não implica que estes sistemas o façam de maneira igual. Neste subcapítulo, é realizado um estudo das capacidades que estes sistemas apresentam e como operam. Nas figuras abaixo, é possível visualizar exemplos dos dois tipos de C-UAS existentes: métodos destrutivos e métodos não letais.

Ambos os métodos têm como objetivo a neutralização do UAS. Nos métodos destrutivos, o sistema destrói o alvo através de algo físico, como, por exemplo, munições ou mísseis (JAPCC, 2010). Já no método não letal, o sistema interfere na ligação que o UAS tem com o seu operador e incapacita-o de ser controlado através de instrumentos (Michel, 2019). Uma das vantagens destes sistemas é que muitos não precisam de ter visibilidade direta com o alvo, facilitando assim a questão de detetar e seguir o alvo para o neutralizar. Verifica-se então que este método pode ser considerado mais pacífico, pois reduz significativamente o risco de vítimas e ainda possibilita a recuperação do dispositivo por parte de forças amigas, de maneira a obter informação relevante sobre o inimigo (Kang, 2020).

1.2. Limitações dos *Counter-Unmanned Aerial Systems*

Apesar dos C-UAS serem um sistema essencial para qualquer exército ou país, é crucial estudar as suas limitações de maneira a otimizar a sua utilização. Geralmente, estas limitações estão relacionadas com a deteção, neutralização, custos e adaptação operacional (Michel, 2019).

A deteção de um UAS é um obstáculo crítico para os C-UAS, pois a capacidade de identificação pode ser perdida pela assinatura rádio⁷ e pelo tamanho reduzido de alguns drones, pelo que muitas vezes podem ser confundidos com aves ou outros objetos aéreos (Samaras et al.,2019). Muitos C-UAS funcionam através de sensores radares⁸, óticos⁹ e infravermelhos¹⁰, podendo facilmente ser enganados por contramedidas eletrónicas (Michel, 2019).

⁶ Detetar, identificar, rastrear e neutralizar ameaças provenientes de UAS, garantindo a proteção de infraestruturas críticas, unidades militares e populações civis contra-ataques aéreos ou operações de reconhecimento não autorizadas (Wang, 2021).

⁷ Conjunto de emissões eletromagnéticas de um dispositivo, permitindo a sua deteção e localização através de frequências e modulação (Austin, 2011).

⁸ Dispositivos que emitem ondas de rádio para detetar posição e movimento de objetos, eficazes em qualquer condição meteorológica (Skolnik, 1980).

⁹ Capturam imagens no espectro visível, permitindo vigilância e identificação visual de alvos (Watts et al., 2012).

¹⁰ Detetam radiação térmica emitida pelos objetos, úteis em condições de baixa visibilidade (Holst, 2008).

Outra limitação enfrentada pelos C-UAS está relacionada com o alcance operacional, pois o tempo de reação é importante, já que um UAS pode invadir o espaço aéreo protegido mesmo antes da ativação de resposta do sistema (Wang, Liu & Song, 2021). Este tempo de resposta é especialmente importante para os sistemas de armas cinéticas¹¹, pois podem ser facilmente influenciados pelas condições de momento e ambiente operacional.

O emprego de C-UAS no campo de batalha pode apresentar desafios financeiros por diversos motivos, tais como a aquisição do próprio, manutenção e mesmo a utilização destes sistemas pode ser dispendiosa para certos países com orçamento militar limitado (Kowrach, 2018). Além disso, alguns destes sistemas possuem lasers ou mísseis, o que pode resultar, muitas das vezes, em custos superiores relativamente ao preço da ameaça a ser neutralizada.

Por último, a legislação relativa ao uso de C-UAS varia consoante os países, onde podem limitar a sua utilização, especialmente em zonas urbanas e civis (Michel, 2019)¹². A utilização de contramedidas eletrónicas, tais como o bloqueio de sinais, pode influenciar comunicações legais, criando assim um risco para aeronaves comerciais. Não obstante, a destruição dos UAS também pode gerar problemas de responsabilidade legal¹³ (Finn & Wright, 2012).

A rápida evolução destas ameaças apresenta então um desafio para os sistemas C-UAS, onde novas técnicas de dissimulação, como a utilização de materiais absorventes de radar, que reduzem o rastro eletromagnético dos UAS, dificultando assim a sua deteção (Praisler, 2017).

1.3. Unmanned Aerial Systems

A sigla UAS pode ser definida como “Aeronave que não transporta um operador humano e é capaz de voar sob controlo remoto ou programação autónoma. É projetada para ser recuperável, mas pode ser descartável e pode transportar uma carga letal ou não letal.” (JAPCC, 2010). Os UAS são uma ameaça que têm a capacidade de ser usada em todos os domínios (ar, terra, mar, espaço e cibernéticos), o que, segundo Molloy (2024), altera

¹¹ Os sistemas que utilizam energia cinética para neutralizar alvos através do impacto direto de projéteis, como mísseis e munições (Scharre, 2018).

¹² Estas variações podem ser consultadas através de Documentos Internacionais e Convenções, Leis Nacionais, Bases de Dados Jurídicas, Relatórios e Estudos Técnicos.

¹³ Potenciais danos a propriedades privadas, riscos para aeronaves civis e questões de compensação por prejuízos materiais, além de possíveis violações de direitos de privacidade e soberania nacional (Finn & Wright, 2012).

significativamente a dinâmica das operações militares ao oferecerem vantagens táticas únicas e aumentarem a eficiência operacional no campo de batalha moderno.

Para conseguir combater este tipo de ameaça é necessário um conhecimento aprofundado sobre este tipo de sistemas. Primeiramente, verificou-se o surgimento de dois tipos de conceitos parecidos, mas de igual modo distintos, UAV e UAS (*Unmanned Aerial Systems*), sendo relevante fazer a distinção entre estes dois termos. Foi possível verificar que os UAV se encontram integrados dentro dos UAS, do qual também fazem parte: *Payload*, Elemento Humano, Elemento de Controlo, Sistema de Comunicações, elemento de apoio e por fim, como referido anteriormente, o UAV. (JAPCC,2010)

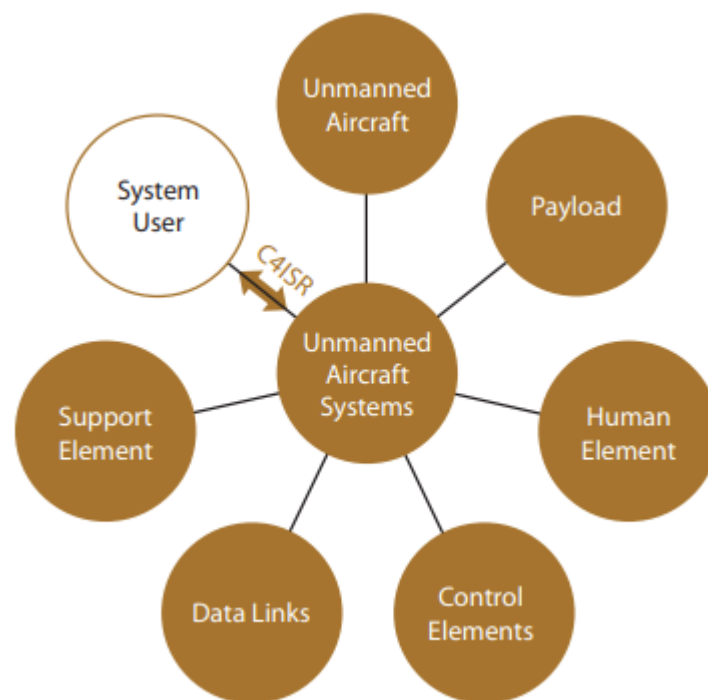


Figura 1— Componentes do *Unmanned Aerial System*

Fonte: NATO Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), "*Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO*", 2010.

Estes meios têm a capacidade de influenciar tanto o campo de batalha como facilitar a tomada de decisão do comandante, pois possuem uma diversidade de capacidades, tais como: reconhecimento, vigilância, aquisição de alvos, ataque, entrega de cargas e reabastecimento logístico e transporte de dispositivo explosivo improvisado (IED).

Por fim, os UAV podem ser classificados de maneira diferente consoante as suas características: peso, altitude a que podem operar, raio de ação e a unidade escalão que

normalmente apoiam. Esta classificação encontra-se dividida em 3 classes (Classe I, Classe II e Classe III), de acordo com a doutrina da NATO.

Tabela 1 — Classificação NATO dos UAV

Classificação NATO dos UAV					
Classe	Categoria	Emprego	Altitude de Operação	Raio de Ação	Escalão que normalmente apoia
Classe III (>600 kg)	Combate	Estratégico	Até ~20000m	Ilimitado	Teatro de Operações
	HALE	Estratégico	Até ~20000m	Ilimitado	Teatro de Operações
	MALE	Operacional	Até ~14000m	Ilimitado	JTF
Classe II (150 kg-600 kg)	Tactical	Formação Tática	Até ~5500	200km	Brigada
Classe I (<150 kg)	Small	Unidades Táticas	Até ~1500	50km	Batalhão/Regimento
	Mini	Subunidades Táticas	Até ~900	25km	Companhia/Pelotão/Esquadrão
	Micro	Subunidades Táticas	Até ~60	5km	Pelotão/Esquadrão

Fonte: Standards Related Document ATP-3.3.7.1 *UAS Tactical Pocket Guide*, Edition A Version 1, (2014)

1.4. Possibilidades dos *Counter-Unmanned Aerial Systems* para a Artilharia de Campanha

A integração dos sistemas de C-UAS na Artilharia de Campanha tem como propósito garantir a proteção tanto das posições fixas¹⁴ como móveis¹⁵, melhorando assim a sobrevivência das unidades e a eficiência da defesa aérea em operações militares.¹⁶ O uso de UAS em ataques de precisão e reconhecimento tem demonstrado a vulnerabilidade das unidades de Artilharia de Campanha, tornando essencial a adoção de contramedidas

¹⁴ Local onde uma unidade permanece estacionada durante um período prolongado, como uma base, posto de comando ou posição de tiro preparada.

¹⁵ Unidades em deslocamento ou que mudam frequentemente de localização, como colunas táticas em movimento ou sistemas de armas móveis.

¹⁶ PDE 5-36-00, Técnicas, Táticas e Procedimentos para a Proteção de Unidades Militares, Exército português, 2020.

(Gertler, 2012). A implementação destas medidas pode ocorrer de diversas maneiras, dependendo de vários fatores, tais como: necessidades operacionais (proteção de posições fixas, proteção de unidades móveis, apoio a operações ofensivas, interoperabilidade com sistemas de vigilância e defesa aérea), teatro de operações e tipo de ameaça UAS.

No contexto da Artilharia de Campanha, a integração dos C-UAS pode ser disposta em três níveis principais, cada um exige soluções tecnológicas específicas e abordagens diferenciadas, tais como:

- Proteção de instalações fixas: as unidades de Artilharia de Campanha que estejam em posições fixas ou em posições temporárias de tiro são alvos prioritários para ataques de UAS. De maneira a minimizar estes riscos, os sistemas de C-UAS fixos, como radares de vigilância aérea, sensores elétricos, sensores óticos e sistemas de interferência eletrônica, são instalados ao redor das posições. Estes sistemas conseguem detetar a ameaça a longas distâncias e assim ativar as contramedidas, como disruptores de sinais ou armas de energia dirigida, para neutralizar a ameaça (Dudush, 2018).
- Defesa de unidades móveis em deslocamento: durante os deslocamentos, as unidades de Artilharia de Campanha enfrentam desafios, pois precisam de manter a mobilidade e, simultaneamente, protegerem-se de ataques aéreos. Neste contexto, os sistemas de C-UAS montados em viaturas desempenham um papel fundamental. Equipamentos tais como, o *Leonidas*¹⁷¹⁸ (Epirus Inc) ou o *DroneHunter*¹⁹, são alguns exemplos de sistemas adaptáveis a veículos.
- Apoio a operações ofensivas: em missões ofensivas, os C-UAS podem atuar tanto na defesa de forças amigas, como na destruição das capacidades UAS inimigas. Os sistemas móveis de interferência, conhecidos como *Electronic Warfare Systems*²⁰, podem ser utilizados para interferir nas comunicações UAS durante os ataques, reduzindo assim a capacidade para efetuar reconhecimentos ou ajuste de tiro (NATO, 2020).

¹⁷ É um sistema de micro-ondas de alta potência desenvolvido para neutralizar drones através de pulsos eletromagnéticos, mais informações podem ser encontradas em Epirus Inc.

¹⁸ Vide Tabela 2, p.34.

¹⁹ É um UAS projetado para capturar drones hostis de forma autônoma, utilizando radar para detecção e redes para captura segura, mais informações podem ser encontradas em Fortem Technologies

²⁰ São plataformas de guerra eletrônica que visam detetar, enganar, negar, degradar ou destruir sistemas de comunicação e sensores inimigos (Adamy, 2001).

A implementação destas Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP), depende bastante da interoperabilidade entre os sistemas de defesa aérea (Sistemas de Misseis Terra-Ar, Sistemas de Artilharia Antiaérea, Sistemas de Vigilância Aérea, e plataformas de C2), os C-UAS e os sistemas de Artilharia de Campanha (NATO, 2020).

A utilização de redes C2²¹ integradas, comunicações seguras e protocolos padronizados para identificar e classificar ameaças UAS são essenciais para maximizar a eficiência das operações de defesa e ataque. O desenvolvimento de novos algoritmos de inteligência artificial para análise em tempo real do comportamento dos drones inimigos também pode representar uma vantagem estratégica significativa (Samaras, 2019).

A crescente evolução dos UAS exige que a Artilharia de Campanha adote uma abordagem dinâmica e adaptável para o uso de C-UAS, uma vez que, com a evolução desta ameaça, surgem novos desafios, como o uso de *Drone Swarms* (enxame de drones)²² e UAS furtivos²³, sendo necessárias novas soluções. Os sistemas de defesa apoiados em inteligência artificial, associados ao desenvolvimento de novas tecnologias de neutralização, serão necessários para garantir que a Artilharia de Campanha consiga continuar a operar com eficácia num ambiente de combate cada vez mais controlado por este tipo de ameaça (Baxter, 2024).

CAPÍTULO 2 — Classificação dos sistemas C-UAS

Os sistemas C-UAS funcionam de maneira a detetar, rastrear, identificar e neutralizar UAS. A neutralização destas ameaças pode ocorrer de diversas maneiras, tais como, medidas cinéticas, medidas não cinéticas e medidas passivas.

²¹ São sistemas e processos que permitem a gestão coordenada de operações militares, garantindo a tomada de decisão em tempo real e a distribuição de ordens para unidades operacionais (Alberts & Hayes, 2006).

²² Conjunto de UAVs que opera de forma coordenada e autónoma para reconhecimento, vigilância ou ataque (Scharre, 2018).

²³ Drones projetados para evitar a deteção por radares, utilizando materiais absorventes e design aerodinâmico (Gertler, 2012).

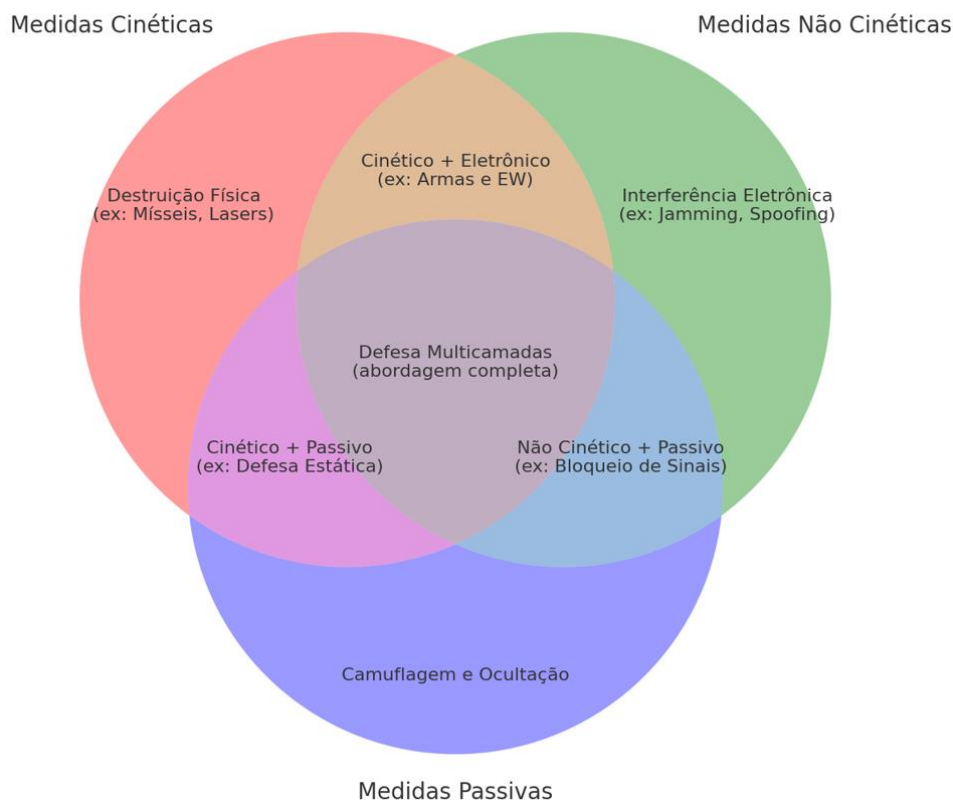


Gráfico 1 — Relação entre diferentes medidas C-UAS

Fonte: Elaboração própria

2.1. Medidas cinéticas

A medida cinética envolve o uso direto de armamento com o objetivo de destruir ou neutralizar os UAS, através de algo físico. Esta medida é baseada no conceito de medida ativa na qual se inclui tecnologias de mísseis, metralhadoras, canhões antiaéreos e lasers de alta energia. Esta medida é mais eficaz contra UAS de grande porte ou que operem em baixa/média altitude (USDA, 2025). Dentro deste sistema de defesa cinética destacam-se três medidas:

- Armas de fogo convencionais: sistemas C-RAM (*Counter Rocket, Artillery, and Mortar*) na qual se usam metralhadoras de alta cadência para conseguir abater o alvo (Dudush, 2018).
- Mísseis terra-ar: mísseis como o *FIM-92 Stinger* e o RBS 70 NG são eficazes na defesa contra UAS militares que operam em maiores altitudes (Dudush et al., 2018).

- Sistemas laser de alta energia: tecnologias como o HEL MD (*High Energy Laser Mobile Demonstrator*) têm demonstrado alto potencial na defesa contra drones ao desativar os seus sistemas eletrônicos ou destruindo-os por calor (Tedesco, 2015)

Apesar de estas medidas serem eficazes, uma das principais limitações é o alto custo e a necessidade de sistemas de pontaria altamente precisos, especialmente contra UAS de pequeno porte. Adicionalmente, o uso de munições convencionais pode representar riscos de danos colaterais em ambientes urbanos.

2.2. Medidas não cinéticas

Já as medidas não cinéticas, referem-se a interferências eletromagnéticas e guerra cibernética com o objetivo de desativar ou comprometer o funcionamento dos UAS sem que haja a destruição física destes. Este tipo de medidas tem se tornado cada vez mais relevante, devido ao uso de UAS comerciais e militares em conflitos assimétricos. As principais abordagens de medidas não cinéticas incluem:

- Interferência de sinais (*jamming*): gera um bloqueio de comunicações entre o operador e o UAS, impedindo que este seja controlado, obrigando assim a aeronave a pousar ou a retornar à origem do lançamento (Michel, 2019).
- Deceção eletrônico (*spoofing*): é uma indução de sinais falsos de maneira a alterar a trajetória dos UAS, desviando-os da área a ser protegida ou obrigando-os a pousar de maneira controlada (Samaras, 2019).
- Armas de pulso eletromagnéticos: são tecnologias capazes de desativar os circuitos elétricos dos UAS, tornando-os assim inoperacionais, sem que os danos sejam visíveis (Melnichuk, 2020).

A grande vantagem deste tipo de medida é a capacidade de neutralizar múltiplos UAS simultaneamente, sem que haja o problema de gerar destroços ou mesmo danos colaterais. No entanto, estes sistemas possuem vulnerabilidades e limitações, tais como: o alcance limitado, a suscetibilidade a contramedidas eletrônicas e possíveis interferências em sistemas aliados (Lopes, 2019)

2.3. Medidas passivas

Medidas passivas são utilizadas/empregues para reduzir a vulnerabilidade de alvos militares ao ataque de UAS, sem que haja a necessidade de os neutralizar. Algumas das estratégias, mais usadas são:

- Camuflagem térmica e ótica: tem como objetivo a redução da assinatura térmica e visual das unidades, para que estas não sejam detetadas por ameaças que estejam equipadas com sensores infravermelhos e câmaras de alta resolução (Praisler, 2017).
- Dispositivos de bloqueio de radares: são emissões de sinais de ruído para confundir os UAS que estejam equipados com sensores de navegação e mapeamento (Praisler, 2017).
- Movimentação tática e dispersão: evita o aglomerado de forças e veículos, de maneira a reduzir a efetividade de ataques coordenados de UAS (PDE 5-36-00, 2020).

Este tipo de medida não elimina a possibilidade de ameaças, mas minimiza os danos e a possibilidade de um ataque. A principal limitação desta medida é que não é suficiente para enfrentar os UAS equipados com sistemas avançados de reconhecimento e armas de precisão²⁴ (Praisler, 2017).

²⁴ Tais como o MQ-9 *Reaper* (reconhecimento ISR e mísseis Hellfire) e *Bayraktar* TB2 (vigilância e mísseis guiados a laser) (Gertler, 2012).

CAPÍTULO 3 — Integração dos C-UAS na Artilharia de Campanha

A necessidade de implementar C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa advém da observação de conflitos, como a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, onde o uso extensivo de UAS demonstrou as vulnerabilidades das forças (Michel, 2019). Neste sentido, é necessário estabelecer doutrinas, modelos táticos e tecnologias adequadas para a defesa das unidades de Artilharia de Campanha, de modo a garantir a continuidade operacional e aumentar a resiliência e sobrevivência contra-ataques aéreos.

A implementação destes sistemas na Artilharia de Campanha Portuguesa exige uma adaptação tecnológica e doutrinária, incluindo a formação e treino especializado das forças para operar os sistemas com eficiência. Além disso, a interoperabilidade entre os C-UAS e outros sistemas de defesa aérea e vigilância é crucial para otimizar a resposta contra ameaças UAS.

3.1. Modelos de operação tática

Os modelos de operação tática dos C-UAS variam de acordo com o contexto operacional, o tipo de ameaça e os recursos disponíveis. Desta maneira, a atuação dos C-UAS pode ser dividida em três eixos:

- Defesa de posições fixas: muitas das vezes as unidades de Artilharia de Campanha operam a partir de posições fixas tornando-as alvos vulneráveis. De maneira a mitigar estas vulnerabilidades, as unidades podem incluir sistemas de C-UAS instalados em torno das posições. Estes sistemas podem incluir radares de deteção de curto e médio alcance, sensores óticos e infravermelhos para captar os UAS, bem como sistemas de interferência eletrónica. Além disso, armas cinéticas, como metralhadoras de alto calibre e sistemas de defesa laser, podem ser utilizadas para neutralizar as ameaças (Dudush et al., 2018).
- Proteção de unidades móveis: o deslocamento das unidades cria desafios adicionais contra os UAS, em contraste com as posições fixas, as unidades móveis requerem sistemas compactos e montados em veículos, que sejam capazes de detetar e neutralizar as ameaças em tempo real sem que influenciem a mobilidade das forças. Desta maneira, as soluções abrangem sistemas C-UAS montados em viaturas com a capacidade de emitir pulsos eletromagnéticos para desativar as ameaças; drones interceptores, que podem ser lançados rapidamente para perseguir

e neutralizar a ameaça; e sistemas de interferência embarcados, que protegem colunas militares contra-ataques coordenados de UAS (Goppert, 2017).

- Apoio a operações ofensivas: além dos C-UAS servirem maioritariamente para operações defensivas, estes também desempenham um papel importante nas operações ofensivas, auxiliando na destruição das capacidades UAS do inimigo. Durante ataques de Artilharia de Campanha, os UAS podem ser usados para ajustar o tiro ou até mesmo vigiar o campo de batalha. Para enfrentar este desafio, pode-se adotar uma abordagem proativa, utilizando interferência eletrônica ofensiva, drones de ataque C-UAS e sistemas de inteligência de guerra eletrônica. A utilização de sistemas integrados de vigilância e detecção, também é fundamental para permitir uma atuação eficiente contra UAS inimigos antes que estes possam fornecer informações críticas ao adversário.

Por fim, estes modelos devem ser adaptáveis e integrados num sistema multicamadas de defesa aérea, garantindo proteção tanto para posições fixas quanto para unidades móveis e operações ofensivas. A experiência adquirida em conflitos recentes fortalece a necessidade de modernização das forças de Artilharia de Campanha para lidar com a ameaça. A implementação bem-sucedida destes sistemas exigirá investimentos em tecnologia, doutrina e formação especializada, tal como a interoperabilidade com as diretrizes da NATO e outras forças de maneira a maximizar a segurança e a eficiência operacional (Rogers, 2021).

3.2. Tendências de evolução na Artilharia de Campanha

Através dos conflitos modernos, tem-se verificado o impacto estratégico dos UAS, tal como na guerra na Ucrânia, onde os drones têm sido aplicados para reconhecimento, ajuste de fogos e ataques de precisão (Pettyjohn, 2024). O crescimento destas ameaças resultou na necessidade da defesa contra ataques destes sistemas, levando ao desenvolvimento acelerado dos C-UAS. Estes sistemas não só protegem as unidades de Artilharia de Campanha, como também preservam a sua capacidade de operar de maneira eficiente em ambientes de combate saturados por drones inimigos.

Atualmente, as tendências na evolução dos C-UAS na Artilharia de Campanha podem seguir três principais vetores: integração de defesa multicamadas, adoção de inteligência artificial e guerra eletrônica avançada (Sharma & Sarma, 2020).

No primeiro princípio, as defesas multicamadas combinam diversos sensores, como radares de vigilância (AN/MPQ-64 *Sentinel*, *Giraffe* AMB)²⁵, sistemas óticos (FLIR *Ranger* HDC, *TrakkaCam* TC-300)²⁶ e tecnologias infravermelhas (FLIR *Recon* V, *Boson* IR)²⁷, permitindo assim uma detecção e resposta antecipada sobre a ameaça (Michel, 2019). Esta abordagem permite então uma melhor proteção sobre uma maior tipologia de UAS, desde pequenos UAS comerciais até sistemas militares.

O segundo princípio assenta na noção de que a inteligência artificial aprimora a identificação de alvos e a tomada de decisão automatizada. Algoritmos de aprendizagem tem vindo a ser utilizados para conseguir diferenciar os UAS amigos dos UAS hostis, prever trajetórias e recomendar respostas defensivas apropriadas em tempo real (Samaras et al., 2019).

A utilização da inteligência artificial acarreta a capacidade de redução de tempo de reação das forças de Artilharia de Campanha, permitindo assim a neutralização mais eficiente das ameaças aéreas, sem comprometer a segurança das próprias operações.

Além disso, a guerra eletrónica surgiu como um pilar fundamental na neutralização destas ameaças. Os sistemas de interferência eletrónica e o bloqueio de sinais *Global Positioning System* (GPS) têm sido desenvolvidos para desorientar ou incapacitar drones, antes que estes possam causar danos (Kang et al., 2020). Lasers de alta potência²⁸ e armas de energia dirigida²⁹ estão também em ascensão (Bothwell, 2023), oferecendo uma solução mais económica, visto que não exigem a utilização de munições convencionais. Estas inovações demonstram uma mudança de paradigma em relação à defesa da Artilharia de Campanha, tornando-a mais resistente em relação às novas dinâmicas do combate aéreo (Nichols, 2020).

As tendências atuais evidenciam uma progressiva integração dos sistemas C-UAS nas redes de C2 da Artilharia de Campanha, favorecendo uma resposta mais coordenada e eficaz às ameaças emergentes. O desenvolvimento contínuo de soluções de detecção, de neutralização e de adaptação tecnológicas será essencial para garantir a proteção das unidades de Artilharia de Campanha contra o crescente desenvolvimento e emprego dos

²⁵ Skolnik, M. I. (1980). Introduction to radar systems (Vol. 3, pp. 81-92). New York: McGraw-hill.

²⁶ Elizalde, R. Practical Image and Video Processing Using MATLAB - O. Marques (Wiley IEEE, 2011) BBS.

²⁷ Holst, G. C. (2008, December). Electro-optical imaging system performance. SPIE-International Society for Optical Engineering.

²⁸ Utilizam luz concentrada para danificar ou destruir alvos rapidamente, sendo eficazes contra UAS e mísseis (Perram, 2004).

²⁹ Englobam lasers, micro-ondas de alta potência e ondas de rádio para neutralizar sistemas eletrónicos e comunicações (Adamy, 2001).

UAS no campo de batalha. Desta maneira verifica-se que a modernização dos sistemas C-UAS é um passo inevitável para garantir a superioridade operacional e a sobrevivência das forças de Artilharia de Campanha (Kallenborn & Bleek, 2019).

3.3. Visão global sobre o conflito Rússia-Ucrânia

O conflito Rússia-Ucrânia, que teve início em 2022, tornou-se um exemplo relevante da guerra moderna, onde os UAS desempenham um papel fundamental.³⁰ (exemplos de outros conflitos) A utilização destes sistemas demonstrou a importância dos C-UAS como um elemento essencial para a sobrevivência e defesa no campo de batalha.

Desde o início deste conflito, estes sistemas, tanto comerciais como militares, têm sido usados por ambas as partes. Um exemplo por parte da Ucrânia é o *Bayraktar TB2*³¹, que prova ser eficaz no que toca à destruição de blindados e sistemas de defesa aérea russos (Michel, 2019). Já a Rússia faz uso de modelos como o *Orion-E* que tem a capacidade de estar equipado com armamento guiado, como mísseis e bombas de precisão, além de realizar vigilância em tempo real para apoio a operações militares. Este sistema demonstra uma capacidade de destruição de alvos estratégicos e apoio às forças terrestres (Bendett, 2021). A capacidade de estes sistemas conseguirem fornecer informação em tempo real revolucionou a maneira de como as operações são conduzidas, permitindo então ataques mais precisos e dificultando o movimento de tropas inimigas.

Devido ao crescente uso de UAS, a necessidade de C-UAS tornou-se clara. No caso da Ucrânia, foram criadas várias abordagens para neutralizar a ameaça, incluindo sistemas de interferência eletrónica, guerra cibernética e defesa cinética, assim como sistemas de mísseis portáteis e armas antiaéreas convencionais (Kowrach, 2018). A Rússia, por sua vez, também investiu fortemente em contramedidas, recorrendo a sistemas de guerra eletrónica como o *Krasukha-4*, que tem como objetivo interferir nas comunicações dos UAS, bloqueando assim os sinais GPS e impedindo a ligação com os operadores (Tyurin et al., 2019). Contudo, os avanços tecnológicos mostram que à medida que as contramedidas

³⁰ Outros conflitos como: a Guerra Civil no Iémen (Houthis), a Guerra na Síria (Irão), os confrontos entre o Hamas e Israel, o conflito de Nagorno-Karabakh (Arménia vs. Azerbaijão), a Guerra Russo-Georgiana e as operações ocidentais no Afeganistão, no Iraque e na Síria também demonstraram o impacto estratégico dos drones.

³¹ Drone de média altitude com longa duração, construído e desenvolvido pela empresa Baykar (Péria-Peigné, 2023).

são desenvolvidas, os UAS também evoluem para superar as defesas, criando assim um ciclo contínuo de inovação e resposta.

As experiências adquiridas no conflito Rússia-Ucrânia demonstram a necessidade de sistemas C-UAS eficientes para garantir a segurança das unidades de Artilharia de Campanha e outras infraestruturas militares. Uma das lições mais importantes retiradas deste conflito é a importância de uma abordagem integrada, combinando sensores de detecção, sistemas de guerra eletrônica e armamento cinética para maximizar a eficácia da defesa contra UAS (Samaras et al., 2019). Já no contexto da Artilharia de Campanha Portuguesa, a adaptação e implementação de sistemas C-UAS podem ser críticos para garantir a proteção das unidades fixas e móveis. A modernização das defesas e o investimento em inteligência artificial para a detecção e neutralização de drones representam uma oportunidade estratégica para mitigar esta ameaça (Lopes, 2019).

A guerra Rússia-Ucrânia demonstra que os UAS se tornaram numa ferramenta indispensável nos conflitos modernos, tanto para operações ofensivas como defensivas. Desta maneira, o desenvolvimento contínuo de contramedidas, como os C-UAS, e a integração destes sistemas nas doutrinas militares são passos fundamentais para garantir a superioridade operacional e a segurança das forças armadas.

3.4. Contribuições doutrinárias sobre os *Counter-Unmanned Aerial Systems*

O crescente aparecimento de UAS nos campos de batalha tem demonstrado a necessidade de contramedidas, sendo necessário que a doutrina militar portuguesa se adapte a esta nova realidade, incorporando assim sistemas de C-UAS para garantir a proteção das suas forças.

O desenvolvimento da doutrina pode envolver três princípios fundamentais: a integração dos C-UAS na estrutura de defesa, a capacidade operacional através de treino e o alinhamento com os padrões internacionais de defesa contra os UAS (Miller, 2021).

A integração dos C-UAS nas operações de Artilharia de Campanha é a primeira contribuição doutrinária essencial. Para que haja a sobrevivência nas posições fixas e móveis, é necessário a implementação de um sistema de defesa multicamada, no qual em conjunto com os radares, sensores óticos e tecnologias de interferência eletrônica, detete e neutralize as ameaças aéreas (Michel, 2019). O Exército português pode adotar soluções já testadas em conflitos contemporâneos como sistemas de interferência e armas de energia

dirigida, que oferecem uma resposta flexível e adaptável ao cenário operacional (Samaras et al., 2019).

A capacitação operacional e o treino tático demonstram ser outro elemento crítico para a adoção dos C-UAS. A criação de programas de instrução deve incluir o reconhecimento de drones inimigos, o uso de sistemas C-UAS e a coordenação com outras unidades de maneira a garantir uma resposta integrada (Tzu, 2019). O treino tem de conter cenários realistas³², simulando ataques de UAS, permitindo assim aos militares uma adaptação às táticas inimigas. Kowrach (2018) revela que as forças que incorporam nos seus treinos, guerra eletrónica e manobras defensivas contra UAS, têm um desempenho superior na proteção de infraestruturas críticas.

Além disso, a harmonização com as diretrizes da NATO³³ e de outras alianças estratégicas³⁴ deve ser considerada. A padronização de protocolos para a deteção, classificação e resposta a ameaças facilita a interoperabilidade com forças aliadas e maximiza a eficácia das operações conjuntas (NATO, 2020). A implementação de normas e a modernização da legislação são passos fundamentais para assegurar que o uso de C-UAS esteja alinhado com as melhores práticas internacionais, evitando interferências indesejadas em sistemas civis e militares (Michel, 2019).

Assim, o uso de C-UAS na Artilharia de Campanha portuguesa depende de um esforço doutrinário, envolvendo a implementação de defesas multicamadas, o aperfeiçoamento do treino e a conformidade com os padrões internacionais. A evolução dos conflitos modernos mostra que a superioridade aérea já não depende de aeronaves tripuladas ou sistemas convencionais de defesa aérea, mas também da capacidade de neutralizar ameaças como os UAS. Deste modo, a integração dos C-UAS na doutrina militar portuguesa é uma etapa essencial para a prevenção da segurança e da eficácia operacional das unidades de Artilharia de Campanha.

3.4.1. Treino individual e coletivo dos sistemas *Counter Unmanned Aerial Systems*

O treino individual e coletivo dos sistemas C-UAS é necessário para garantir uma resposta eficaz contra os UAS. Este tipo de treino pode variar desde a deteção e identificação

³² Tais como: defesa de bases militares, proteção de colunas logísticas e intercetção em áreas urbanas (Gertler, 2012)

³³ Countering Class I Unmanned Aircraft Systems Handbook (NATO, 2020)

³⁴ Drone Strategy 2.0 da Comissão Europeia (Scott, 2023)

de ameaças até a implementação de técnicas de defesa ativas e passivas, garantindo que as unidades militares possam operar de forma coordenada e eficiente contra este tipo de ameaças (Tzu, 2019).

Primeiramente, o treino individual tem como foco o desenvolvimento de competências específicas para os militares envolvidos na operação dos sistemas C-UAS. Os comandantes devem garantir que os operadores e combatentes estão preparados para atuar em diferentes cenários, devendo coordenar e executar medidas de defesa aérea de armas combinadas contra as ameaças UAS (USDA, 2025). Existem diversos tipos de treinos individuais, tais como:

- Coordenação de medidas de defesa aérea: o treino deve incluir exercícios práticos onde os operadores dos sistemas C-UAS e as restantes unidades realizem operações conjuntas para detetar, rastrear e neutralizar UAS. Além disso, deve também existir coordenação com unidades de defesa aérea para serem testados em cenários realistas de maneira a simular a pressão do combate.

- Treino de tiro tenso: todas as unidades devem estar devidamente formadas para responder as ameaças com armas de tiro tenso, tais como metralhadoras de calibre elevado. Para tal, é necessário desenvolver treinos que contemplem a aquisição de alvos em movimento e a avaliação da distância para maximizar a eficácia dos disparos. Devem também ser testadas a prontidão e a capacidade de resposta sob condições de combate simuladas.

- Identificar e reporte de ameaças: a capacidade de identificar rapidamente uma ameaça e comunicá-la corretamente é essencial para uma resposta eficaz. O treino deve conter módulos teóricos e práticos sobre o reconhecimento visual e eletrónico de UAS, realçando os diferentes tipos de drones em conflitos modernos. As unidades devem também praticar a comunicação de informação sobre a ameaça, seguindo protocolos de comunicação, que contenham a localização, direção de voo e o comportamento do UAS (PDE 5-36-00, 2020). Nas figuras 2 e 3, é possível verificar alguns modelos de relatórios.

Line	Information Example	Example
1	Unit call sign and frequency	Red 1, FHXXX
2	Unit location	6 to 8 digit grid location
3	Location of threat UAS	Grid or distance and direction from reporting unit location
4	Time threat UAS asset spotted/ detected	DTG: 091024ZMAR16
5	Estimated time on site	Was threat UAS asset approach observed or was it spotted overhead? How long might it have been there?
6	Flight characteristics	Is threat UAS loitering in one spot (possibly already spotted reporting unit), is it flying straight (enroute to loitering location), what is the direction of the flight, or is it flying randomly (searching)?
7	Estimated size, elevation, and physical description	Wingspan, height, color, tail configuration, other distinguishing markings
FH - frequency hop DTG - date, time, group UAS unmanned aircraft system		

Figura 2 — Relatório de ameaça UAS

Fonte: Tzu (2019), S. *The UAS Training Imperative*.

1. Observing Unit _____	<input type="checkbox"/> Color _____
2. Date/Time _____	<input type="checkbox"/> Shape _____
3. Acquisition Type	<input type="checkbox"/> Lights _____
<input type="checkbox"/> EO/IR	<input type="checkbox"/> Noise _____
<input type="checkbox"/> Radar	<input type="checkbox"/> Observable Payload _____
<input type="checkbox"/> Visual	<input type="checkbox"/> Fixed Wing / Rotary Wing (circle one)
<input type="checkbox"/> Audible	9. Engage
<input type="checkbox"/> Other _____	<input type="checkbox"/> Direct Fire
4. Location of Observer	<input type="checkbox"/> C-UAS System _____
5. Distance from Observer	<input type="checkbox"/> Not Engaged
<input type="checkbox"/> 0-500 Meters	<input type="checkbox"/> Other _____
<input type="checkbox"/> 500-1000 Meters	<input type="checkbox"/> Effects from Engagement
<input type="checkbox"/> 1000-1500 Meters	<input type="checkbox"/> Recovered Yes / No / N/A
<input type="checkbox"/> 1500-2000 Meters	10. Weather / Light Data at Time of Observation
<input type="checkbox"/> 2000+ Meters	<input type="checkbox"/> Time _____
6. Altitude	<input type="checkbox"/> % Illumination
<input type="checkbox"/> 0-500 Meters	<input type="checkbox"/> Wind Direction and Speed
<input type="checkbox"/> 500-1000 Meters	<input type="checkbox"/> Cloud Cover / No Cloud Cover (circle one)
<input type="checkbox"/> 1000-1500 Meters	11. Suspected UAS Intentions
<input type="checkbox"/> 1500-2000 Meters	_____
<input type="checkbox"/> 2000+ Meters	_____
7. Heading _____	_____
8. Description	
<input type="checkbox"/> Size _____	

Figura 3 — Relatório 11 line

Fonte: JIDO (2016), Counter-Unmanned Aerial Systems (C-UAS) Smart Card

• Uso de sensores e guerra eletrônica: a utilização de sensores e contramedidas eletrônicas tornou-se um elemento fundamental na defesa C-UAS. O treino deve abranger o funcionamento de radares de curto e médio alcance, sensores óticos e sistemas de interferência de sinais de controlo remoto. Para além disso, as unidades devem estar preparadas para operar em ambientes no qual o inimigo pode usar a guerra eletrônica para evitar a deteção dos seus sistemas UAS. A familiarização com este tipo de tecnologias deve ser parte integradora da formação dos operadores.

Já o treino coletivo tem como objetivo integrar os sistemas C-UAS dentro das operações militares, a fim de promover a cooperação entre unidades e escalões. Mas o foco principal é que o Estado-Maior e as unidades estejam ambos alinhados na resposta à ameaça (USDA, 2025). As principais componentes do treino coletivo incluem:

- Planeamento e coordenação de operações C-UAS: o planeamento eficaz é necessário para a integração bem-sucedida dos sistemas de C-UAS nas operações militares. Durante os treinos, os estados maiores das unidades devem incluir cenários reais em que a ameaça UAS seja considerada um fator crucial para o sucesso da missão. O treino deve incluir a avaliação do espaço aéreo, a identificação de vulnerabilidades e a definição de protocolos claros para a neutralização de UAS hostis (C-UAS, 2019). A ligação entre as diferentes unidades deve ser realizada através de simulações de ataque em tempo real.

- Desenvolvimento de cenários realistas: os treinos devem ser quase sempre baseados em cenários realistas, nos quais se reflitam as ameaças contemporâneas. Estas simulações devem conter UAS hostis a realizar reconhecimento sobre as posições das unidades, ataques a infraestruturas críticas e tentativas de neutralização por parte da unidade C-UAS. Os treinos devem ser ajustados consoante a tipologia da missão, incluindo defesa de posições fixas, proteção de colunas militares e resposta a ataques coordenados de UAS (Tzu, 2019).

- Treino de resposta integrada: a integração entre as diferentes unidades é necessária para criar uma resposta eficaz contra os UAS. O treino deve incluir exercícios entre diferentes tipologias de unidades, nas quais trabalhem juntas para monitorizar, rastrear e eliminar ameaças aéreas. O desenvolvimento de procedimentos padrão para troca de informação e designação de alvos deve ser uma prioridade, de maneira a permitir que todas as unidades envolvidas operem de maneira eficaz em ambientes dinâmicos (PDE 5-36-00, 2020).

- Integração de sensores e sistemas de vigilância: a utilização combinada de sistemas melhora bastante a capacidade de deteção e neutralização das ameaças. O treino deve incluir exercícios práticos de integração entre estes sistemas, com o objetivo de os operadores aumentarem a eficácia na identificação de ameaças. Também o uso de inteligência artificial e a análise de dados podem otimizar a precisão destes sensores, permitindo assim que as unidades tomem decisões mais rápidas e informadas no campo de batalha.

Por fim, o ciclo de treino deve ser contínuo e atualizado conforme a evolução das ameaças. As diretrizes da NATO recomendam a padronização de procedimentos e a interoperabilidade com forças aliadas para maximizar a eficácia das operações conjuntas (ATP-3.3.7.1, 2014).

Com a rápida evolução das ameaças UAS, o treino individual e coletivo dos sistemas C-UAS é um elemento essencial para garantir a segurança como a superioridade no campo de batalha. A elaboração de planos de formação robustos e a integração dos

sistemas de C-UAS na doutrina militar são passos fundamentais para a defesa contra este tipo de ameaças.

3.4.2. Counter-Unmanned Aerial Systems no Exército português

A utilização dos C-UAS é uma prioridade na proteção das forças e infraestruturas, especialmente contra a evolução das táticas assimétricas de adversários que utilizam UAS para reconhecimento, vigilância e ataques de precisão (Rogers, 2021).

A integração e o desenvolvimento dos sistemas C-UAS no Exército português têm seguido uma abordagem multifacetada, combinando medidas passivas e ativas (PDE 5-36-00, 2020). Nas medidas passivas, ressaltam-se a camuflagem, ocultação e dispersão das unidades de maneira a diminuir a exposição aos UAS. Já no que diz respeito às medidas ativas, estas envolvem o uso de sensores para a deteção, identificação e neutralização das ameaças, recorrendo também a tecnologias de guerra eletrônica, radares de curto alcance e armas cinéticas especializadas.

Já a nível tático, foram desenvolvidas TTP específicos para combate a UAS, de maneira a permitir que unidades de escalões inferiores consigam reagir rapidamente ainda que não possuam equipamentos especializados. Esta abordagem é necessária para que as forças estejam preparadas para enfrentarem estas ameaças.

O treino e a formação do uso de C-UAS têm sido uma componente fundamental da estratégia do Exército português. No que toca aos programas de treino, estes incluem exercícios de reconhecimento e neutralização de UAS, assim como a utilização de tecnologias de interferência de sinais (*jamming*) e técnicas de combate direto (PDE 5-36-00, 2020). Além disso, são efetuados ciclos de treino regulares³⁵ com o objetivo de garantir que os operadores sejam capazes de utilizar os sistemas disponíveis em diferentes cenários operacionais.

Por fim, a doutrina C-UAS do Exército português baseia-se em referências internacionais, tais como as diretrizes da NATO³⁶ e a doutrina norte-americana ATP 3-01.81 sobre técnicas de combate a UAS. Esta influência permite alinhar as capacidades das forças nacionais com os padrões das forças aliadas, garantindo assim uma interoperabilidade e eficiência operacional.

³⁵ exercícios de tiro real, simulações de guerra eletrônica e treinos de integração C-UAS com defesa aérea (Miller, 2021)

³⁶ Countering Class I Unmanned Aircraft Systems Handbook (NATO, 2020)

PARTE II — METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS

CAPÍTULO 4 — Metodologia e Métodos

4.1. Abordagem

A seleção da metodologia é essencial para assegurar a validade e a confiabilidade dos resultados da pesquisa (Yin, 2017). Para o Trabalho de Investigação Aplicada, “*Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa*”, foi utilizada uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, fundamentada na revisão sistemática da literatura e na avaliação de dados empíricos.

A abordagem qualitativa é apropriada, pois possibilita entender os fenômenos associados aos sistemas C-UAS num contexto operacional, investigando não apenas as suas capacidades técnicas, mas também os desafios e consequências na defesa da Artilharia de Campanha (Denzin & Lincoln, 2011). Conforme destacado por Goppert et al. (2017), a investigação qualitativa é crucial para estudar sistemas emergentes, como os C-UAS, que possuem complexidade e evoluem continuamente em termos tecnológicos.

Adicionalmente, a metodologia qualitativa proporciona uma compreensão mais detalhada das percepções dos especialistas em relação ao uso de C-UAS no ambiente militar, permitindo uma análise interpretativa das suas vantagens e desvantagens (Kowrach, 2018). Neste trabalho, procura-se não apenas descrever as capacidades destes sistemas, mas também examinar de forma crítica a sua aplicabilidade na sobrevivência das unidades de Artilharia de Campanha.

A abordagem exploratória permite a análise de novas tendências e dificuldades no uso de C-UAS, possibilitando a identificação de lacunas na literatura e novas visões sobre a sua aplicação prática (Stebbins, 2001). De acordo com Michel (2019), a acelerada evolução tecnológica requer uma abordagem de pesquisa dinâmica e adaptável, capaz de reunir informações de várias fontes³⁷.

Outro aspeto essencial da metodologia é a natureza descritiva da pesquisa, que visa expor de maneira detalhada os diversos sistemas C-UAS, as suas características técnicas e os desafios operacionais que as forças armadas enfrentam (Flick, 2022). A explicação dos sistemas será enriquecida com casos reais da sua aplicação em disputas recentes, como o

³⁷ Estudos Académicos, Relatórios Operacionais, Casos Práticos, Normas e Diretrizes Internacionais (Michel, 2019)

conflito entre a Rússia e a Ucrânia, onde drones têm sido amplamente utilizados tanto para reconhecimento como para ataque (Dudush et al., 2018).

Dessa maneira, a abordagem utilizada garante uma análise completa do efeito dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa, unindo diversas fontes de informação para uma compreensão total do assunto. A triangulação dos dados, por meio da comparação entre estudos acadêmicos e casos práticos assegurará uma perspectiva sólida e embasada sobre a eficácia desses sistemas na salvaguarda das unidades de Artilharia de Campanha.

4.2. Problematização da pesquisa

A evolução dos cenários de conflito contemporâneos tem evidenciado o papel crescente dos UAS nas operações militares, não apenas em missões de reconhecimento e vigilância, mas também em ataques de precisão e operações logísticas. A acessibilidade e o baixo custo dos UAS têm permitido a sua disseminação por diversos atores, incluindo forças militares regulares, grupos insurgentes e organizações terroristas. Esta realidade exige das forças armadas respostas eficazes para neutralizar tais ameaças, especialmente em unidades de Artilharia de Campanha, onde a exposição a ataques aéreos pode comprometer seriamente a capacidade operacional. Neste contexto, surge a necessidade de explorar as potencialidades dos C-UAS como solução tecnológica para a defesa das unidades de Artilharia de Campanha Portuguesa.

O problema estudado nesta investigação centra-se, portanto, em compreender de que forma os sistemas C-UAS podem contribuir para o reforço da defesa das unidades de Artilharia de Campanha, garantindo a sua proteção em ambientes operacionais modernos. Esta questão ganha relevância tendo em conta os recentes conflitos, como o da Rússia-Ucrânia, que demonstraram a vulnerabilidade das forças terrestres face à proliferação de UAS em ataques coordenados e operações de reconhecimento (Gertler, 2012).

O objetivo geral desta investigação é analisar medidas inovadoras de C-UAS que possam ser aplicadas para reforçar a defesa das unidades de Artilharia de Campanha Portuguesa. Este objetivo encontra-se alinhado com as necessidades operacionais identificadas e com os desafios tecnológicos impostos pela evolução das ameaças UAS. Para alcançar este propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos: Compreender as potencialidades do uso de C-UAS em contextos militares e identificar as suas evoluções tecnológicas; identificar as características fundamentais dos sistemas C-UAS e explorar técnicas de treino e formação necessárias para a sua implementação eficaz;

analisar o emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa, considerando cenários de defesa fixa e móvel.

O Quadro 1 — Modelo de Investigação, apresentado abaixo, estrutura a investigação de acordo com os objetivos delineados e as perguntas derivadas (PD) que norteiam a recolha de dados. Este modelo permite um alinhamento metodológico claro entre o problema identificado, os objetivos traçados e as técnicas de recolha de dados adotadas (Yin, 2017).

Quadro 1 — Modelo de investigação

TEMA		<i>Counter Unmanned Aerial Systems</i> : potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa			
Objetivo Geral		Investigar medidas inovadoras de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha.			
Perguntas Derivadas (PD)		Pergunta de Partida (PP)	Quais as medidas inovadoras de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha?		
		Contexto em análise	Tipo de investigação	Propósito	Técnicas de recolha de dados
PD1	Quais as potencialidades do uso de C-UAS?	Potencialidades e evolução	Estudo de caso/Entrevistas	Exploração (Identificar Potencialidades)	Análise Documental; entrevistas estruturadas
PD2	Quais as características fundamentais de um C-UAS e que tipo de técnicas de treino e formação podem ser implementadas?	Doutrina Militar; Tipologia de sistema e Treino	Estudo de caso/Entrevistas	Exploração (Identificar capacidades e treino/formação)	Análise Documental; entrevistas estruturadas e análise de notícias
PD3	Qual o emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha?	Tipologia de Missões de AC	Estudo de caso/Entrevistas	Exploração (Descobrir emprego tático)	Análise Documental e Entrevistas estruturadas

Fonte: Elaboração própria

A organização apresentada no quadro permite uma visualização clara dos elementos investigativos, facilitando a sistematização dos dados recolhidos e a análise crítica dos

resultados obtidos (JW, 2009). Além disso, o modelo evidencia as relações entre as perguntas derivadas, os objetivos específicos e as técnicas de recolha de dados, permitindo uma lógica sequencial entre os passos da investigação. Esta clareza metodológica contribui para uma interpretação mais rigorosa dos dados e facilita a comparação entre as diferentes fontes de informação (Flick, 2022).

Adicionalmente, a utilização de técnicas de recolha como entrevistas estruturadas e análise documental visa garantir a triangulação de dados, reforçando a validade dos achados e proporcionando uma visão abrangente sobre o uso de C-UAS em operações militares (Flick, 2022). Esta triangulação metodológica permite contrastar as respostas obtidas com a revisão da literatura, aumentando a robustez dos resultados e mitigando eventuais vieses que possam surgir durante a recolha de dados (Yin, 2017).

4.3. Instrumento de recolha e tratamento de dados

O presente trabalho recorreu a entrevistas semiestruturadas, como a principal fonte de recolha de dados, devida a sua adequação ao estudo exploratório de um tema emergente e técnico como os C-UAS na Artilharia de Campanha portuguesa. Esta metodologia qualitativa permitiu aceder ao conhecimento e às perceções de militares que estão diretamente envolvidos ou que têm algum contacto com a temática, recolhendo tanto a experiência como a visão estratégica e doutrinária.

A construção do guião de entrevista teve como base os objetivos e perguntas derivadas do TIA, nomeadamente a identificação das potencialidades, características fundamentais e possibilidades de emprego tático dos sistemas C-UAS. As questões deste guião foram elaboradas como resposta aberta, permitindo assim uma livre expressão dos entrevistados, mas com foco em dimensões previamente definidas: experiência profissional com C-UAS, perceção da ameaça dos UAS, importância da interoperabilidade, características essenciais de um sistema eficaz, desafios operacionais, formação necessária e estado atual da doutrina nacional.

As entrevistas foram realizadas a seis militares com diferentes postos e funções, garantindo a representatividade tanto a nível operativo como estratégico. A escolha dos entrevistados foi feita com base no critério de amostragem por relevância, priorizando indivíduos com envolvimento direto na implementação, estudo ou treino relacionado com os sistemas C-UAS.

O tratamento de dados foi realizado através da técnica de análise de conteúdo temático, com a ajuda do software NVivo, que é uma ferramenta especializada na organização e interpretação de dados qualitativos. As entrevistas foram transcritas, inseridas no software e organizadas por questões, sendo posteriormente codificadas com base em categorias emergentes. Isto permitiu realizar uma codificação sistemática e visualização das ocorrências temática, facilitando a identificação de padrões, convergências e divergências entre os entrevistados. Esta abordagem contribui para uma análise mais rigorosa e estruturada, facilitando a construção de inferências sobre as necessidades, desafios e oportunidades de utilização de sistemas C-UAS na Artilharia de Campanha.

A triangulação entre as entrevistas e a revisão bibliográfica contribuiu para amplificar a validade dos dados obtidos. Além disso, de modo a facilitar a apresentação dos dados, foi elaborada a seguinte tabela que apresenta o código atribuído a cada entrevistado, com o respetivo posto/nome e cargo.

Quadro 2 — Identificação dos entrevistados

Código	Posto/Nome	Cargo
E1	Primeiro-Sargento Guerreiro	Membro do RAAA1, envolvido no projeto anti-drone
E2	Alferes Pinto	2º Cmdt da 1BtrAAA do RAAA1, envolvida no desenvolvimento do PDE relativo ao C-SANT
E3	Alferes Soares	Cmdt do Pel RLAM, em acumulação 2º Cmdt CSV
E4	Tenente Silva	2º Comandante da BtrAAA da BrigMec, participou no RALY24
E5	Capitão Couceiro	Comandante de Bateria na 1ª BtrAAA do RAAA1, envolvido no projeto anti-drone.
E6	Major Carqueijo	Gestor de projetos estratégicos do Exército, envolvido no C-UAS, acompanha o projeto anti-drone

Fonte: Elaboração própria

Parte III — ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Concluído o trabalho de campo, serão agora analisados e discutidos os resultados da investigação. Esta secção está organizada de acordo com as categorias principais que emergiram da análise dos dados recolhidos e correspondem aos capítulos 5, 6 e 7 deste

trabalho. As definições destas categorias provêm das ideias mais significativas e críticas identificadas ao longo do estudo, sendo estas organizadas para facilitar a interpretação dos resultados e promover uma leitura estruturada e coerente. Assim, a triangulação dos resultados foi estruturada em 3 categorias, divididas por 8 subcategorias.

Quadro 3 — Categorias e Subcategorias

Categorias	Subcategorias
Estudo sobre UAS e defesa C-UAS: tendências e aplicações militares	Tendências recentes na utilização de UAS
	Sistemas de C-UAS utilizados
	Estado atual da defesa C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa
Análise dos modelos de C-UAS e potencialidades para a Artilharia de Campanha Portuguesa	Comparação de modelos de C-UAS
	Potencialidades e limitações dos C-UAS
	Formação e treino
Emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa	Cenários operacionais e modelos de emprego
	Medidas de curto, médio e longo prazo para a Artilharia de Campanha Portuguesa

Fonte: Elaboração própria

A apresentação deste quadro permite identificar de forma clara as áreas de foco da investigação, proporcionando um entendimento estruturado dos principais temas abordados nos capítulos subsequentes. A organização categórica alinha os objetivos traçados com as respostas obtidas, permitindo uma interpretação mais objetiva dos resultados.

CAPÍTULO 5 — UAS e defesa C-UAS: tendências e aplicações militares

O uso de UAS intensificou-se nos conflitos contemporâneos, representando um desafio significativo para as forças militares em todo o mundo. Este capítulo explora as principais tendências de utilização de UAS em operações militares, destacando o seu papel em reconhecimento, vigilância, ataques de precisão e guerra eletrónica. Adicionalmente, são analisados os diferentes sistemas de C-UAS desenvolvidos por diversas forças armadas, com enfoque nas soluções adotadas pelos Estados Unidos, Reino Unido, França, Rússia e China. A análise apresentada pretende demonstrar como as estratégias de defesa antidrone

evoluíram para mitigar as ameaças representadas pelos UAS e reforçar a proteção das unidades militares, incluindo a Artilharia de Campanha Portuguesa.

5.1. Uma visão internacional sobre utilização de UAS

Estes sistemas não tripulados tornaram-se uma ferramenta essencial para o reconhecimento, a vigilância, a aquisição de alvos e os ataques de precisão, contribuindo para a superioridade tática em diversos teatros de operações. A guerra na Ucrânia é um exemplo paradigmático desta tendência, onde os UAS, como o *Bayraktar TB2*, têm sido utilizados de forma eficaz para destruir blindados e sistemas de defesa aérea russos, destacando a capacidade destes meios em alcançar objetivos estratégicos com elevados níveis de precisão (E5). Da mesma forma, a Rússia recorre ao *Orion-E*, um sistema UAS que permite realizar vigilância em tempo real e ataques de precisão, evidenciando a importância da integração de drones nas operações militares contemporâneas (E6).

Além da guerra na Ucrânia, o uso de UAS em conflitos no Médio Oriente, como na Síria e no Iémen, reforça a tendência de adoção destes sistemas por forças estatais e não estatais. Os drones são frequentemente utilizados para reconhecimento de posições inimigas, ajustes de tiro de artilharia e ataques a alvos específicos com munições de precisão, demonstrando uma adaptação versátil em diferentes contextos operacionais. O entrevistado E6 reforça esta perspetiva, destacando que a acessibilidade e a sofisticação crescente dos UAS permitem a sua utilização por grupos insurgentes, aumentando significativamente as ameaças às forças convencionais.

Os testemunhos recolhidos nas entrevistas evidenciam também a preocupação com o fácil acesso a UAS comerciais, que podem ser modificados para missões militares. De acordo com o entrevistado E1, "*qualquer pessoa com o conhecimento técnico e recursos financeiros pode adquirir um SANT comercial, muitas vezes modelos que são originalmente projetados para fins recreativos ou para uso em setores como agricultura e inspeção de infraestrutura.*" Esta acessibilidade representa um desafio estratégico para as forças militares, que se veem obrigadas a desenvolver capacidades de defesa adaptadas a esta nova realidade. Adicionalmente, o entrevistado E2 destaca que "*a ameaça crescente dos SANT representa uma transformação significativa nas dinâmicas dos conflitos*", sendo necessária a implementação de sistemas C-UAS eficazes para mitigar este tipo de ameaça.

A integração dos UAS nos conflitos modernos mostra ainda uma evolução nas táticas de emprego. Segundo o entrevistado E4, "*os UAS são cada vez mais utilizados por forças irregulares, forças insurgentes e atores não estatais porque são de acesso fácil, e a adaptação de UAS civis para fins militares, com a colocação de engenhos explosivos, ampliam a sua versatilidade e letalidade.*" Estes relatos refletem a tendência de utilização de UAS em cenários assimétricos, onde a capacidade de operar de forma autónoma e em enxames sobrecarrega as defesas tradicionais, exigindo respostas mais robustas e tecnológicas para a neutralização da ameaça.

Desta forma, observa-se que os UAS se tornaram numa ferramenta indispensável nos conflitos militares, tanto para forças convencionais como para atores não estatais. A sua versatilidade, custo reduzido e capacidade de operar em diferentes tipos de ambiente representam um desafio crescente para as defesas aéreas tradicionais. Esta realidade sublinha a importância dos sistemas *Counter-Unmanned Aerial Systems* (C-UAS) como uma resposta necessária para garantir a proteção das unidades de Artilharia de Campanha Portuguesa e preservar a capacidade operacional em futuros teatros de guerra.

5.2. Sistemas de C-UAS utilizados por outras forças armadas

A utilização dos sistemas C-UAS tem sido vastamente usada por várias forças armadas, devido à elevada ameaça dos UAS nos conflitos recentes. Desde métodos cinéticos até soluções baseadas em guerra eletrónica, a utilização de C-UAS tem como objetivo garantir a segurança de infraestruturas críticas, tropas no campo de batalha e espaços aéreos soberanos.

5.2.1. Estados Unidos

Começando pelos Estados Unidos da América (EUA), um dos países com maior investimento em tecnologias C-UAS, que integra soluções avançadas para a proteção de bases militares e unidades operacionais. O sistema *Coyote*, desenvolvido pela empresa Raytheon, é um drone intercetor de abordagem cinética, que pode ser lançado a partir de plataformas terrestres e navais, perseguindo e destruindo alvos em voo. Outro sistema utilizado pelos EUA é o *Dronebuster*, um sistema portátil de interferência eletromagnética que bloqueia sinais GPS e o controlo remoto dos drones, obrigando assim a ameaça a pousar ou a voltar à origem. Além disso, os sistemas como THOR (*Tactical High Power*

Operational Responder) utilizam pulsos eletromagnéticos com o objetivo de desativar drones em enxame, sendo bastante eficaz contra os ataques coordenados.

5.2.2. Reino Unido

As Forças Armadas do Reino Unido adotaram diversas soluções C-UAS, combinando guerra eletrônica e medidas cinéticas. Um dos principais sistemas usados é o AUDS (*Anti-UAS Defence System*), onde se combinam radares de detecção, câmaras eletro-óticas e bloqueadores de sinais de rádio para interromper a comunicação entre o UAS e o seu operador. Além deste, também emprega o *SkyWall 100*³⁸, um sistema portátil que lança redes para capturar os drones em pleno voo. Este sistema é bastante útil para ambientes urbanos, onde a utilização de medidas destrutivas poderia causar danos colaterais.

5.2.3. França

Devido a ataques a infraestruturas e aeroportuárias, o Estado francês investiu significativamente em sistemas de neutralização de drones. O sistema *Boreades*³⁹, desenvolvido pela *CS Group*, é um dos principais sistemas usados pela França, que combina radares de longo alcance, IA e guerra eletrônica de maneira a detetar e neutralizar a ameaça de forma automática. A França tem também experimentado armas de energia dirigida, como lasers de alta potência, que têm a capacidade de destruir drones a longas distâncias com precisão, reduzindo assim os custos operacionais em comparação com sistemas baseados em mísseis.

5.2.4. Rússia

A Rússia, por sua vez, desenvolveu uma série de contramedidas, com bastante foco na guerra eletrônica. O sistema *Krasukha-4* é um dos mais avançados nesse campo, tem a capacidade de interromper comunicações de UAS e satélites inimigos e também possui a capacidade de desativar drones ao bloquear os respetivos sensores e sistemas de navegação. Outro sistema notável é o *Pantsir-S1*, que combina Artilharia Antiaérea e mísseis terra-ar,

³⁸ Vide Tabela 2, p.35

³⁹ Vide Tabela 2, p.35

projetado para interceptar alvos aéreos. Este sistema tem sido usado com grande frequência na guerra da Ucrânia.

5.2.5 China

Por fim, a China também tem desenvolvido soluções C-UAS, investindo em tecnologias convencionais como também em IA. Um dos sistemas que se destaca é o *Silent Hunter*⁴⁰, um sistema laser de alta energia que pode destruir drones, desde pequeno a médio porte, até 4 km de distância. Este sistema tem sido usado para proteger bases militares e eventos internacionais. Outro sistema de destaque é o *Drone Defender*, que trabalha através de interferências de radiofrequência para desativar os drones sem que haja a necessidade de destruição física. Adicionalmente, a China tem investido em redes de IA com o objetivo de prever ataques de enxames de drones e otimizar o tempo de resposta em tempo real.

5.3. O estado atual na Artilharia de Campanha Portuguesa dos C-UAS

A defesa contra sistemas UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa encontra-se numa fase inicial, onde existem esforços de conceptualização, desenvolvimento e aquisição de capacidades C-UAS. A nível institucional, destaca-se o Projeto Anti-Drone que se encontra a ser supervisionado pelo Gabinete de Gestão de Projetos Estratégicos do Exército, com o objetivo de providenciar às unidades a capacidade de defesa contra UAS, designada nacionalmente por Contra-Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT).

De momento, não existe nenhuma publicação doutrinária do Exército (PDE), mas o Regimento de Artilharia Antiaérea n.º 1 (RAAA1) encontra-se no desenvolvimento e elaboração da PDE, segundo as entrevistas de E1, E2 e E5.

A ameaça que representam os UAS é unanimemente reconhecida como crítica por todos os entrevistadores, devido ao seu baixo custo e facilidade de aquisição como também pela sua versatilidade tática, incluindo vigilância, regulação de fogos e ataques de precisão. Como referem os entrevistados E3 e E4, a capacidade destes sistemas operarem em baixa altitude e com assinatura reduzida compromete os atuais sistemas de defesa aérea, tornando assim evidente a necessidade de soluções específicas.

⁴⁰ Vide Tabela 2, p.35

Os sistemas C-UAS são vistos como essenciais para proteger postos de comando, sistemas de armas e assegurar a continuidade operacional em ambientes saturados de ameaças aéreas. Contudo, os entrevistados E5 e E6 referem desafios relevantes, nomeadamente a integração com as estruturas de C2 existentes, a mobilidade dos sistemas e a dificuldade na atribuição de responsabilidades de empenhamento.

Os entrevistados E4 e E6 também referem que, embora em termos doutrinários se reconheça a importância da interoperabilidade com outros sistemas de defesa aérea, a doutrina nacional ainda se encontra em construção, baseada em modelos aliados e sem aplicação prática consolidada.

Deste modo, o estado atual da defesa C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa caracteriza-se por uma clara consciência da ameaça e pela existência de iniciativas estruturantes, mas ainda numa fase primária no que respeita à doutrina, equipamento e treino operacional.

5.4. Breves Conclusões do Capítulo

A análise das tendências de utilização de UAS em conflitos militares revela um aumento significativo das capacidades destes sistemas, tanto em termos de autonomia como de precisão em combate. Os sistemas C-UAS demonstraram ser uma resposta essencial para mitigar os riscos impostos pelos UAS, especialmente em cenários assimétricos onde o domínio do espaço aéreo pode definir o sucesso ou o fracasso de uma operação militar. A implementação de tecnologias como a guerra eletrónica, os drones interceptores e os sistemas de interferência de sinais provaram ser eficazes, mas dependem de uma integração coordenada com outras capacidades militares. Para a Artilharia de Campanha Portuguesa, a adoção de soluções C-UAS robustas representa um passo estratégico para assegurar a proteção das suas unidades em ambientes operacionais complexos.

Capítulo 6 — Análise dos modelos de C-UAS e potencialidades para a Artilharia de Campanha Portuguesa

Com o aumento exponencial do uso de UAS em conflitos modernos, a necessidade de desenvolver soluções de defesa eficazes levou à criação de diversos modelos de C-UAS. Este capítulo apresenta uma análise comparativa entre os diferentes modelos de C-UAS disponíveis no mercado, destacando as suas características técnicas, métodos de neutralização e aplicabilidade operacional. Além disso, explora as potencialidades e limitações destes sistemas no contexto da Artilharia de Campanha Portuguesa, identificando as lacunas e as oportunidades de modernização que podem ser exploradas para reforçar a defesa antiaérea das suas unidades.

6.1. Comparação de modelos de C-UAS

Em resposta à crescente proliferação dos sistemas UAS surgiu o desenvolvimento de diferentes tipologias de sistemas C-UAS, que variam em capacidade, modo de operação, grau de letalidade e integração operacional. A diversidade atual dos sistemas demonstra a necessidade de adaptar os meios aos diferentes cenários operacionais. A seguinte comparação incide sobre alguns dos sistemas mais pertinentes a nível internacional, considerando como critérios de comparação o método de neutralização, mobilidade, aplicabilidade tática e custo estimado.

Tabela 2 — Comparação dos sistemas C-UAS

Sistema	Tipo	Neutralização	Mobilidade	Aplicação ideal	Custo estimado (€)
Coyote Block 3	Cinético	Interceção aérea	Móvel/fixo	Alvos múltiplos, zonas abertas	~330 000 por unidade ⁴¹
Drone Hunter	Híbrido	Captura com rede	Móvel	Ambientes urbanos, recolha de <i>intel</i>	~100.000 por sistema ⁴²
Leonidas	Não cinético	Pulso eletromagnético	Móvel	Colunas móveis, saturação de drones	>1 milhão por unidade ⁴³

⁴¹ Raytheon Technologies – Coyote Block 3 estimado com base em contratos do Departamento de Defesa dos EUA.

⁴² Fortem Technologies – valores indicados em feiras de defesa e contratos com aeroportos.

⁴³ Epirus Inc. – estimativas com base em sistemas de energia dirigida similares.

Boreades	Não cinético	<i>Jamming</i> + IA	Fixo	Proteção de instalações críticas	~2-5 milhões por sistema ⁴⁴
SkyWall 100	Cinético	Captura por rede portátil	Portátil	Ameaças isoladas, aéreas civis	~15 000 por unidade ⁴⁵
Silent Hunter	Cinético	Laser de alta energia	Fixo	Drones de médio porte, vigilância	~1,4 milhões por sistema ⁴⁶

Fonte: elaboração própria

Por fim, será apresentada uma comparação entre os principais modelos de sensores e tecnologias de mitigação C-UAS, conforme anteriormente mencionado na revisão da literatura, tais como: sistemas baseados em radar, sensores de radiofrequências (RF), sistemas óticos e infravermelhos (EO/IR) e sensores acústicos.

Começando pelos sistemas radares, estes emitem sinais de rádio que, ao encontrarem um objeto, retornam ao recetor, permitindo desta maneira a deteção de ameaças. Apesar de eficazes na deteção de inúmeros alvos simultaneamente e de conseguirem operar em diversas condições climatéricas, a sua utilidade pode ser comprometida em zonas urbanas devido a reflexões de sinais em estruturas.

Os sensores de RF monitorizam o espectro eletromagnético à procura de comunicações entre um drone e o seu operador, tendo a capacidade de serem discretos e não emitirem sinais, o que os torna bastante difíceis de detetar. No entanto, os drones que operam de modo autónomo ou que utilizam técnicas de comunicação não convencionais conseguem escapar à deteção destes sistemas.

As câmaras EO e os sensores IR capturam imagens visuais térmicas, que permite a identificação visual das ameaças, e servem maioritariamente para confirmar a presença da ameaça após ter sido detetada por outra tipologia de sensores. No entanto, a sua utilidade é restringida pelas condições de visibilidade, uma vez que necessitam de uma boa linha de visão direta com o alvo.

Por fim, o sensor acústico tem a capacidade de detetar ruídos produzidos pelas hélices e motores dos drones. Este tipo de sistema pode ser útil em locais nos quais outros sensores falhem. As suas desvantagens são evidentes em locais com bastante ruído ou poluição sonora, além de terem um curto alcance.

⁴⁴ CS Group – preço estimado com base em pacotes completos de vigilância e C-UAS (radar + *jamming* + IA).

⁴⁵ OpenWorks Engineering – preços de exportação para forças policiais e segurança civil.

⁴⁶ Global Times China – valores divulgados pela imprensa internacional e comparáveis a sistemas HEL.

Tabela 3 — Comparação das modalidades de sensores C-UAS

Modalidade	Ativo/ passivo	Pode detetar	Localizar/ rastrear	Identificar/ classificar	Necessita de linha de visão (LOS)	Afetado pelo clima	Funciona à noite
Radar	Ativo	Sim (UAS)	Sim (UAS)	Limitado	Sim	Sim	Não
EO (Ótico)	Passivo	Sim (UAS)	Sim (UAS)	Limitado	Sim	Sim	Não
IR (Infravermelho)	Passivo	Sim (UAS)	Sim (UAS)	Limitado	Sim	Não	Sim
RF (Radiofrequência)	Passivo	Sim (UAS & GCS)	Sim (UAS & GCS)	Sim	Preferencialmente	Não	Sim
Acústico	Passivo	Sim (UAS & GCS)	Sim (UAS)	Limitado	Preferencialmente	Sim	Sim

Fonte: adaptada de “*Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS) Tech Guide*” do Departamento de Segurança Interna dos EUA.

6.2. Potencialidades e limitações dos C-UAS na Artilharia de Campanha

Estes sistemas apresentam um vasto leque de potencialidades, desde a proteção de posições fixas e móveis até à neutralização de ameaças aéreas de forma proativa e integrada. Os entrevistados E4 e E6 reforçam que as capacidades de deteção e neutralização contribuem para a continuidade das operações de fogo e proteção dos sistemas de comando, controlo e radar.

O entrevistado E5 afirma que, do ponto de vista tático, os C-UAS são considerados essenciais para garantir a autoproteção da Artilharia de Campanha, historicamente limitada neste domínio. A eficácia destes sistemas é reforçada quando operam integrados em sistemas de defesa aérea de múltiplas camadas, como o NATINAMDS da NATO. A interoperabilidade é um fator crítico, permitindo uma resposta coordenada e mitiga as janelas de vulnerabilidade, como afirmam os entrevistados E1 e E2.

Entre as principais potencialidades, o entrevistado E3 destaca: a versatilidade de emprego, a mobilidade operacional e a possibilidade de integração com sensores óticos, infravermelhos e radares de curto alcance.

Contudo, os sistemas C-UAS também apresentam limitações significativas. Uma das principais encontra-se na detecção através do radar ou visual de UAS de assinatura térmica ou eletrónica reduzida, especialmente em ambientes urbanos ou em locais com forte interferência eletrónica. Os elevados custos de aquisição, operação e manutenção são de igual modo uma limitação, sobretudo em sistemas de capacidade cinética. Os entrevistados E3 e E5 referem como limitação a complexidade da integração com os atuais sistemas de C2 e a necessidade de doutrina própria a nível nacional.

Por fim, a eficácia destes sistemas depende da existência de formação especializada e do ajuste com outras capacidades de combate, garantindo uma defesa ativa, preventiva e coordenada.

6.3. Formação e treino

A implementação destes sistemas implica um grande investimento em termos da formação e treino, tanto a nível individual como coletivo.

No treino individual, é essencial desenvolver competências técnicas específicas nos operadores dos sistemas C-UAS. Os entrevistados E4 e E6 defendem uma formação estruturada, que comece com cursos técnicos para operadores, seguida de treino coletivo por escalões, simulando cenários reais com UAS. Verificamos que este modelo se assemelha com a prática adotada em outros sistemas militares, o que permite uma resposta eficiente face às ameaças emergentes. Este treino deve consistir em treino com sensores (óticos, infravermelhos, radar), familiarização com técnicas de *jamming* e *spoofing*, bem como comunicação e classificação de ameaças em tempo real.

No plano coletivo, o treino deve-se focar mais na integração dos meios C-UAS com as outras unidades de defesa aérea e da manobra. A interoperabilidade, referida pelos entrevistados E1 e E5, é crucial para evitar redundâncias e garantir uma defesa coordenada. Os exercícios devem incluir cenários o mais realistas possíveis de maneira a promover a coesão tática e a clareza na atribuição de responsabilidades no empenhamento dos meios.

Outra necessidade crítica é a criação de uma doutrina nacional e a padronização da formação. Além disso, como destacado pelo entrevistado E4, a utilização de sistemas de simulação é um elemento essencial para otimizar recursos e garantir a continuidade da formação em períodos de inatividade operacional.

Por fim, a formação em tecnologias emergentes, como a IA aplicada à detenção automática e guerra eletrônica, foi considerada indispensável pelos entrevistados E1, E3 e E5, alinhando a Artilharia de Campanha portuguesa com as tendências tecnológicas da NATO e dos principais aliados.

6.4. Breves Conclusões do Capítulo

A comparação entre os diferentes modelos de C-UAS evidencia a diversidade de soluções tecnológicas disponíveis para a neutralização de UAS em operações militares. Embora cada sistema apresente vantagens específicas, a escolha de um modelo adequado depende do tipo de ameaça, do contexto operacional e da capacidade de integração com outros sistemas de defesa. Para a Artilharia de Campanha Portuguesa, a modernização e aquisição de modelos versáteis, capazes de operar em ambientes urbanos e de campo aberto, poderá aumentar significativamente a resiliência contra ameaças aéreas e assegurar uma proteção eficaz das suas unidades.

Capítulo 7 — Emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa

A aplicação dos sistemas C-UAS no campo de batalha exige uma abordagem tática bem definida, especialmente quando integrados nas operações de Artilharia de Campanha. Este capítulo apresenta os principais cenários operacionais e modelos de emprego dos C-UAS, detalhando as medidas de curto, médio e longo prazo para fortalecer a defesa das unidades de Artilharia de Campanha. A análise centra-se nas estratégias de defesa fixa, móvel e ofensiva, abordando os desafios operacionais e as necessidades de interoperabilidade com os sistemas de C2.

7.1. Cenários operacionais e modelos de emprego

A experiência adquirida em teatros de operações modernos, como é o exemplo do conflito Rússia-Ucrânia, demonstrou a necessidade de uma resposta robusta contra UAS. No contexto estático, os sistemas de defesa devem ser capazes de proteger posições fixas com sistemas de deteção e neutralização integrados, recorrendo a sensores e radares de diversos alcances que estejam associados a medidas cinéticas ou não cinéticas. Já na defesa móvel, torna-se importante o uso de sistemas que sejam compactos, tendo a possibilidade de serem montados em viaturas, de maneira a manter a mobilidade e eficácia contra as ameaças durante o deslocamento.

Vários entrevistados destacam esta dualidade. O entrevistado E5 menciona a importância da criação de forças especializadas, ao nível do pelotão, para proteção contra UAS, realçando a necessidade de integração operacional em todos os escalões. O entrevistado E6 sublinha que os sistemas devem ser interoperáveis com redes de C2 e capazes de operar em ambientes de combate saturados. Já o entrevistado E4 reforça esta necessidade, citando o exercício RALY24, onde a interoperabilidade foi testada entre múltiplas plataformas e sistemas de defesa.

Nos modelos de emprego ofensivos, os C-UAS devem apoiar a destruição de UAS inimigos antes que estes possam realizar *Intelligence, Surveillance e Reconnaissance* (ISR) ou correções de fogos. A utilização de sistemas de guerra eletrónica ofensiva, como *jamming* e *spoofing*, pode neutralizar a ameaça de comprometer a segurança operacional.

Por fim, a eficácia destes sistemas está diretamente relacionada com a sua capacidade de adaptação ao terreno e ao tipo de ameaça, com destaque para a importância da IA na

deteção e decisão automática, bem como a interoperabilidade com sistemas aliados da NATO.

7.1.1. C-UAS em defesa estática *versus* defesa móvel

A diferenciação entre defesa estática e defesa móvel é importante para a adaptação eficiente dos sistemas C-UAS no contexto da Artilharia de Campanha. Em posições estáticas, como postos de comando, postos logísticos ou posições de tiro prolongadas, a prioridade reside na cobertura contínua e robusta contra ameaças aéreas, permitindo a instalação de sensores fixos (radares, câmaras térmicas) e sistemas de interferência mais potentes. Por sua vez, na defesa móvel, que acompanha o deslocamento de unidades operacionais, os sistemas devem privilegiar a portabilidade, a autonomia e a rápida ativação.

Segundo o entrevistado E1, os sistemas C-UAS são “essenciais para proteger as unidades de Artilharia de Campanha”, impedindo ataques e vigilância inimiga. Esta visão é particularmente relevante para posições estáticas, onde a concentração de meios e a previsibilidade das posições de tiro tornam as unidades alvos prioritários. Os sistemas com capacidade de detetar e neutralizar drones a longa distância e integrados com outros meios de defesa aérea são recomendados para esse tipo de cenário.

Já em contexto de mobilidade, a eficácia dos C-UAS depende da sua capacidade de acompanhar o ritmo das operações. Como referido pelo entrevistado E5, é essencial garantir a “mobilidade e/ou portabilidade” dos sistemas. A proteção em deslocamento requer C-UAS integrados em viaturas, com sensores leves e sistemas de neutralização imediata, como *jamming* portátil ou armas de energia dirigida. A interoperabilidade com os sistemas C2 e de vigilância é também destacada como relevante pelo entrevistado E2, particularmente na defesa móvel, onde as decisões devem ser tomadas rapidamente e com base em dados partilhados em tempo real.

Por fim, o uso combinado de abordagens, integrando defesas estáticas com elementos móveis, permite criar uma rede de proteção multicamadas, adaptável às exigências do campo de batalha moderno, isto é essencial para lidar com ameaças como enxames (*swarm attacks*), que exigem uma resposta escalonada e coordenada entre diferentes plataformas C-UAS.

7.1.2. Integração com sistemas de vigilância e radares

A integração dos sistemas C-UAS com sistemas de vigilância e radares constitui um vetor essencial para a eficácia das operações de defesa antiaérea na Artilharia de Campanha. Esta integração permite ampliar a cobertura de detecção, melhorar a precisão na identificação de ameaças e reduzir significativamente o tempo de resposta. Em termos operacionais, tal integração possibilita a fusão de dados provenientes de radares de curto e médio alcance, sensores óticos e infravermelhos, proporcionando uma consciência situacional mais robusta e coordenada.

De acordo com o entrevistado E4, a interoperabilidade entre os sistemas C-UAS e os sistemas de vigilância, incluindo os sistemas integrados de C2 da Artilharia Antiaérea (como o SICCA3), é já uma realidade praticada em exercícios como o RALY24 da NATO. Estes exercícios demonstram que a interligação entre sensores, armas e sistemas de C2 melhora a eficácia na neutralização de UAS, permitindo uma resposta em camadas, coordenada e automática.

Simultaneamente o entrevistado E6 reforça esta visão, sublinhando que a partilha de dados entre diferentes plataformas e sensores é crucial para evitar redundâncias e otimizar recursos. A capacidade de fusão de dados reduz janelas de vulnerabilidade, especialmente em cenários saturados por múltiplos UAS, e permite uma resposta adaptada ao tipo de ameaça – desde micro drones até UAS táticos.

Do ponto de vista técnico, a integração deve contemplar não só sensores ativos (radares) como também sensores passivos (acústicos, térmicos), bem como a capacidade de detetar UAS com baixa assinatura visual e térmica, como é defendido pelo entrevistado E3. Por sua vez, o entrevistado E1 destaca a importância de radares de alta resolução e sensores avançados como parte integrante de um sistema C-UAS eficaz.

A integração eficaz destes sistemas depende ainda da compatibilidade com os padrões da NATO, de maneira a garantir operações conjuntas e interoperabilidade multinacional. A experiência acumulada nos teatros de operações e exercícios conjuntos valida a necessidade de um sistema modular e escalável que permita a articulação fluída entre radares de vigilância aérea, sensores de guerra eletrónica e sistemas C-UAS.

7.1.3 Proposta de implementação

A implementação de sistemas C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa deve assentar numa abordagem faseada, integrada e orientada para a interoperabilidade, a eficácia tática e a sustentabilidade tecnológica. A primeira fase deverá incidir na aquisição de sistemas móveis com capacidades de deteção e neutralização escalonadas, incluindo sensores óticos, infravermelhos e radares de curto alcance, integrados com tecnologias de *jamming* e *spoofing*. Esta escolha garante mobilidade e flexibilidade, sendo especialmente indicada para proteger unidades em movimento e em posições temporárias como referido pelos entrevistadores E5 e E6.

O entrevistado E4 refere que a integração em redes de C2 deve ser prioridade desde o início, promovendo uma coordenação eficaz com outras unidades e sistemas de defesa aérea. Esta interoperabilidade permite uma gestão eficiente do espaço aéreo e evita redundâncias operacionais, como salientado no exercício RALY24, onde tal coordenação demonstrou ganhos operacionais significativos.

Paralelamente, é essencial desenvolver um plano de formação técnico-operacional. Os entrevistados E1 e E5 indicam que esta formação deverá incluir treino individual em sensores e meios de neutralização, bem como treino coletivo baseado em cenários táticos realistas, com simulação de ameaças UAS e coordenação entre unidades. O entrevistado E2 acrescenta ainda que devem ainda ser incluídos módulos de guerra eletrónica e inteligência artificial, dada a importância crescente destas tecnologias no combate antidrone.

A segunda fase de implementação deve contemplar a adoção de sistemas mais avançados, como armas de energia dirigida (laser) e sistemas automáticos de classificação de ameaças baseados em IA. Esta evolução tecnológica permitirá uma resposta mais rápida e precisa, particularmente útil em cenários de ataques por enxame (*swarm*) — um dos maiores desafios identificados, como destacado pelos entrevistados E1 e E2.

Por fim, recomenda-se a criação de células C-UAS dentro das unidades AAA e de Artilharia de Campanha, capazes de operar autonomamente ou em apoio direto, conforme o modelo de “pelotão C-SANT” proposto pelo entrevistado E5. Estas células devem ser dotadas de mobilidade tática, capacidade de ligação com redes C2 e autonomia para resposta rápida no terreno.

7.2. Medidas de curto, médio e longo prazo para a Artilharia de Campanha Portuguesa

A crescente ameaça que os UAS representam no campo de batalha moderno impõe à Artilharia de Campanha Portuguesa a necessidade de adotar medidas escalonadas em termos temporais desde curto a médio e longo prazo, de maneira a garantir a sua sobrevivência e eficácia operacional.

Começando pelas medidas a curto prazo, a prioridade deve incidir na sensibilização e formação inicial dos militares para a ameaça dos UAS e para o potencial dos sistemas C-UAS. Os entrevistados E3 e E6 destacam a carência de doutrina consolidada e de formação técnica como um dos principais obstáculos à implementação eficaz destas capacidades. Assim, é essencial a implementação de programas de formação técnica individual e coletiva para operadores, baseados em simulações realistas e integração com outras unidades, conforme propõem os entrevistados E4 e E5. Complementarmente, devem ser realizados estudos de mercado e testes com sistemas existentes, para uma seleção criteriosa de equipamentos adaptáveis às necessidades da Artilharia de Campanha, como sugerido pelo entrevistado E1.

A médio prazo, os entrevistados E2 e E4 referem que a aposta deve passar pela aquisição faseada de sistemas C-UAS móveis e portáteis, com foco em sensores óticos e infravermelhos, capacidades de *jamming* e integração com os sistemas C2 existentes. Este passo deverá ser acompanhado pelo desenvolvimento de doutrina nacional, a partir de experiências nacionais e internacionais, como as recolhidas no exercício RALY24 pelo entrevistado E4, e alinhada com os padrões da NATO, garantindo interoperabilidade, como defende o entrevistado E5. Paralelamente, deve-se investir na reestruturação curricular da formação dos artilheiros, incluindo tópicos sobre C-UAS e guerra eletrónica.

Por fim a longo prazo, os entrevistados E2 e E6 referem ser imprescindível o investimento em tecnologias emergentes, como inteligência artificial e guerra eletrónica, que permitirão a automatização da deteção, classificação e resposta a ameaças UAS, mesmo em ambientes de saturação aérea. A criação de unidades especializadas C-UAS no seio da Artilharia Antiaérea capazes de operar de forma autónoma ou integrada será crucial. Estes vetores devem ser dotados de sistemas escalonados de neutralização — desde drones interceptores a armas de energia dirigida — e capacidade de rápida mobilidade, como refere o entrevistado E4. Finalmente, será necessário o desenvolvimento contínuo de doutrina,

regulamentação e testes operacionais que acompanhem a evolução das ameaças e tecnologias.

7.2.1 Apresentação de C-UAS específicos à Artilharia de Campanha

7.2.1.1 *DroneSentry*

O sistema *DroneSentry* integra sensores acústicos, radares e câmaras EO/IR para deteção, rastreamento e identificação de UAS, combinando-os com contramedidas de guerra eletrónica (*jamming* e *spoofing*). A sua arquitetura modular permite instalação em posições fixas ou veículos táticos, o que o torna particularmente versátil em apoio a Baterias de Artilharia de Campanha em movimento ou em posição. Possui ainda a vantagem de ser interoperável com sistemas C2, o que facilita a sua integração em redes de vigilância existentes.

Quadro 4 — Análise SWOT do *DroneSentry*

<i>Strenghts</i> (Capacidades):	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas):
<ul style="list-style-type: none"> • Modularidade elevada; • Integração com redes C2; • Capacidade multissensorial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depende fortemente de linha de visão; • Pode interferir com comunicações amigas.
<i>Opportunities</i> (Oportunidades):	<i>Threats</i> (Ameaças):
<ul style="list-style-type: none"> • Expansão para forças conjuntas e apoio a infraestruturas críticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações legislativas ao uso de <i>jamming</i> em zonas civis; • Suscetível a UAS com comunicações criptografadas.

Fonte: elaboração própria

7.2.1.2 *Falcon Shield*

O *Falcon Shield* é um sistema de defesa aérea não cinética que recorre a tecnologias de interferência de comunicações para neutralizar UAS hostis. Com um forte enfoque na proteção de infraestruturas críticas e forças em operações, adapta-se bem a posições fixas de Artilharia de Campanha. Além disso, a sua capacidade de funcionar em modo passivo

reduz a assinatura eletromagnética da unidade, uma vantagem tática significativa em ambientes contestados.

Quadro 5 — Análise SWOT do *Falcon Shield*

<i>Strenghts</i> (Capacidades):	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas):
<ul style="list-style-type: none"> • Atuação passiva; • Reduz risco de detecção; • Elevada precisão de identificação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de aquisição e manutenção; • Necessita de operadores altamente especializados.
<i>Opportunities</i> (Oportunidades):	<i>Threats</i> (Ameaças):
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicável a zonas urbanas e ambientes civis sem causar danos colaterais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida evolução tecnológica dos UAS pode reduzir a eficácia de <i>spoofing</i>.

Fonte: elaboração própria

7.2.1.3 *Leonidas*

O sistema *Leonidas*⁴⁷ representa uma solução cinética inovadora baseada em pulsos eletromagnéticos de alta potência (HPM — *High-Powered Microwave*). Este tipo de armamento permite a neutralização de múltiplos UAS simultaneamente, incluindo drones em modo enxame (*swarm*), sem a necessidade de munições físicas. Esta característica torna-o ideal para a defesa de colunas de Artilharia de Campanha em deslocamento, oferecendo elevada mobilidade e letalidade.

Quadro 6 — Análise SWOT do *Leonidas*

<i>Strenghts</i> (Capacidades):	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas):
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de eliminar múltiplos alvos; • Neutralização instantânea; • Ideal para <i>swarms</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo energético; • Sensível a condições ambientais extremas.
<i>Opportunities</i> (Oportunidades):	<i>Threats</i> (Ameaças):

⁴⁷ Vide Tabela 2, p.34

<ul style="list-style-type: none"> • Emprego em forças de reação rápida e unidades de vanguarda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode interferir com sistemas eletrónicos aliados se mal calibrado; • Elevado custo inicial.
---	--

Fonte: elaboração própria

7.2.1.4 *Helma-P*

O *Helma-P* é um sistema laser de alta energia portátil concebido para missões de proteção de forças no terreno. Com capacidade de deteção e rastreamento ótico e infravermelho, pode eliminar UAS de curto alcance em tempo real. A sua baixa pegada logística e facilidade de operação tornam-no adequado para ser integrado em equipas de defesa antiaérea de apoio direto às BtrAAA.

Quadro 7 — Análise SWOT do *Helma-P*

<i>Strenghts</i> (Capacidades):	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas):
<ul style="list-style-type: none"> • Precisão milimétrica; • Ausência de munições físicas; • Reação instantânea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance limitado; • Dependente de condições atmosféricas (por exemplo, nevoeiro ou chuva).
<i>Opportunities</i> (Oportunidades):	<i>Threats</i> (Ameaças):
<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para complementar defesas em posições críticas ou vulneráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado por unidade; • Requer elevado treino técnico.

Fonte: elaboração própria

7.2.1.5 *DroneHunter F700*

O *DroneHunter F700* é uma solução cinética não destrutiva que utiliza redes para capturar UAS inimigos em voo. Opera de forma autónoma e está equipada com radar próprio, sendo eficaz contra drones de pequena dimensão. Este sistema é particularmente útil em ambientes urbanos ou próximos de infraestruturas críticas, onde a destruição física de UAS poderia representar riscos colaterais.

Quadro 8 — Análise SWOT do *DroneHunter F700*

<i>Strengths</i> (Capacidades):	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas):
<ul style="list-style-type: none"> • Não destrutivo; • Recuperação de UAS para análise forense; • Baixo risco colateral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ineficaz contra múltiplos UAS simultâneos; • Alcance limitado.
<i>Opportunities</i> (Oportunidades):	<i>Threats</i> (Ameaças):
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicável em ambientes urbanos ou protegidos (por exemplo, instalações nucleares). 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em lidar com drones de alta velocidade ou com blindagem.

Fonte: elaboração própria

7.2.2 Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta de planejamento estratégico que tem como objetivo identificar e organizar os principais fatores que influenciam o sucesso ou insucesso de determinado projeto, sistema ou organização. A sigla SWOT corresponde às iniciais das palavras em inglês: *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* e *Threats*, traduzidas respectivamente para Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças.

As *Strengths* (Forças) referem-se às características internas positivas que conferem vantagem competitiva ao sistema analisado. Estas podem incluir capacidades técnicas, inovação tecnológica, eficiência operacional, mobilidade ou integração com outras plataformas. Segundo Kotler (2010), as forças representam “os recursos e competências que uma organização possui e que lhe conferem uma posição vantajosa perante os seus concorrentes”. No caso dos sistemas C-UAS, uma força pode ser, por exemplo, a sua eficácia comprovada em ambientes operacionais diversos ou a capacidade de neutralizar múltiplos alvos simultaneamente.

As *Weaknesses* (Fraquezas) são os fatores internos que limitam ou enfraquecem o desempenho do sistema, tais como elevados custos de operação, dependência de infraestrutura específica, limitações tecnológicas ou complexidade de uso. Kotler (2010) refere que as fraquezas são “as limitações internas que impedem uma organização de alcançar os seus objetivos de forma eficiente” e que a sua identificação permite antecipar dificuldades antes que afetem o desempenho geral.

As *Opportunities* (Oportunidades) dizem respeito a fatores externos positivos que o sistema pode explorar em seu benefício. Estas oportunidades podem surgir através de avanços tecnológicos, evolução doutrinária, necessidades operacionais emergentes ou lacunas na defesa aérea que possam ser colmatadas. Kotler (2010) considera que “as oportunidades são tendências ou eventos do ambiente externo que, quando aproveitados, podem impulsionar o crescimento e o sucesso de uma organização”. Na Artilharia de Campanha, a possibilidade de integrar os C-UAS em plataformas móveis ou em sistemas de comando e controlo interoperáveis constitui uma oportunidade clara.

As *Threats* (Ameaças) são os fatores externos que podem comprometer ou prejudicar o desempenho do sistema. Estas ameaças podem incluir o surgimento de tecnologias rivais, a rápida evolução das capacidades dos UAS inimigos, limitações legais ou a possibilidade de ataques cibernéticos. De acordo com Kotler (2010), “as ameaças consistem em mudanças no ambiente externo que podem afetar negativamente a performance da organização se não forem devidamente monitorizadas e combatidas”. Em relação aos sistemas C-UAS, o desenvolvimento de UAS furtivos ou de enxames coordenados representa uma ameaça crescente.

Esta metodologia permite, assim, uma visão abrangente ao considerar tanto os aspetos internos (forças e fraquezas), como os fatores externos (oportunidades e ameaças), oferecendo uma base sólida para a tomada de decisões fundamentadas e estratégicas. No contexto da Artilharia de Campanha, a análise SWOT aplicada aos sistemas *Counter-Unmanned Aerial Systems* (C-UAS) é particularmente relevante, dado o papel crítico que estes sistemas desempenham na proteção das unidades contra ameaças aéreas, nomeadamente drones inimigos. Através desta análise, é possível avaliar de forma sistemática as potencialidades e limitações de cada modelo de C-UAS, possibilitando uma comparação objetiva entre diferentes soluções tecnológicas e apoiando a seleção do sistema mais adequado às necessidades e capacidades operacionais da Artilharia de Campanha Portuguesa.

No ponto 7.2.1 do presente trabalho, foram apresentados cinco sistemas de C-UAS específicos com potencial aplicação na Artilharia de Campanha: o *DroneSentry*, o *Falcon Shield*, o *Leonidas*⁴⁸, o *Helma-P* e o *DroneHunter F700*. A análise SWOT realizada para cada um desses sistemas permitiu identificar os seus principais atributos e limitações. O *DroneSentry* destacou-se pela sua elevada capacidade de deteção multissensorial e

⁴⁸ Vide Tabela 2, p.34

integração modular, embora revele dependência significativa de ligação eletrónica e alguma vulnerabilidade a contramedidas. O *Falcon Shield* apresentou-se como uma solução escalável com cobertura de longo alcance, mas com complexidade operacional e custos elevados. O sistema *Helma-P*, baseado em laser de alta energia, demonstrou grande precisão e capacidade dissuasora, contudo, envolve custos por disparo muito elevados e exige operadores altamente qualificados. Já o *DroneHunter F700* oferece a vantagem de capturar fisicamente drones hostis, sendo ideal para contextos urbanos onde se deseja evitar destruição, mas é limitado na atuação contra drones de maior porte ou velocidade, e demonstra ser ineficaz contra enxames.

Entre os sistemas analisados, o *Leonidas* destaca-se como o mais adequado para a Artilharia de Campanha Portuguesa. A sua principal força reside na capacidade de neutralizar múltiplos UAS em simultâneo, através de pulsos eletromagnéticos, sendo especialmente eficaz contra enxames de drones, uma das ameaças mais complexas no campo de batalha atual. Este sistema permite a defesa ativa de unidades móveis sem comprometer a mobilidade, adaptando-se facilmente a veículos de combate e reduzindo significativamente o risco de danos colaterais. Apesar de exigir uma fonte energética robusta, apresenta uma relação custo-benefício favorável, sobretudo quando comparado com alternativas mais dispendiosas e limitadas como o *Helma-P*. Além disso, o *Leonidas*⁴⁹ é menos vulnerável a contramedidas eletrónicas, uma vez que atua diretamente sobre os circuitos dos UAS inimigos. A sua rápida capacidade de resposta, eficácia operacional e adaptabilidade aos diversos cenários fazem dele uma solução robusta, fiável e estrategicamente vantajosa para a defesa antiaérea da Artilharia de Campanha Portuguesa.

7.3. Breves Conclusões do Capítulo

A utilização tática dos sistemas C-UAS na Artilharia de Campanha Portuguesa representa uma componente crítica para a proteção das suas unidades em operações militares. Os cenários analisados demonstram a importância da defesa multicamadas e da interoperabilidade com outras forças para maximizar a capacidade de resposta contra ameaças aéreas. A implementação de medidas estratégicas a curto, médio e longo prazo permitirá consolidar uma capacidade de defesa antidrone eficaz e alinhada com as exigências operacionais contemporâneas.

⁴⁹ Vide Tabela 2, p.34

CONCLUSÕES

O presente Trabalho de Investigação Aplicada, intitulado “*Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa*”, teve como propósito analisar de forma aprofundada as ameaças representadas pelos sistemas UAS às unidades de Artilharia de Campanha, bem como identificar e propor soluções inovadoras no domínio dos sistemas C-UAS que possam ser aplicadas no contexto nacional. Esta investigação surgiu da crescente necessidade de sistemas C-UAS, uma vez que, como verificado em conflitos contemporâneos como o russo-ucraniano, o espaço aéreo atual é fortemente contestado por pequenos e médios UAS, usados tanto para vigilância como para ataques de precisão, o que expõe a Artilharia de Campanha a um novo tipo de vulnerabilidade.

A abordagem metodológica de natureza qualitativa escolhida combinou uma revisão sistemática da literatura técnico-científica com a realização de entrevistas semiestruturadas a militares com experiência ou envolvimento em projetos de defesa anti-drone. Esta estratégia metodológica permitiu reunir informação técnica, operacional e doutrinária, garantindo uma visão integrada e aplicada do tema. De maneira a cumprir com os Objetivos Específicos e com o Objetivo Geral, os resultados da investigação permitiram responder com clareza às perguntas derivadas e, em última instância, à pergunta de partida que orientou todo o trabalho.

No que respeita à PD1: “Quais as potencialidades do uso dos sistemas C-UAS?”, conclui-se que estes representam uma ferramenta crucial para a autoproteção das unidades de Artilharia de Campanha. A sua aplicação permite assegurar a defesa de posições fixas, como baterias de fogos ou postos de comando, bem como a proteção de unidades em deslocamento ou envolvidas em operações ofensivas. A versatilidade destes sistemas, associada à possibilidade de integração com sensores óticos, infravermelhos, radares e redes C2, permite uma cobertura eficaz do campo de batalha contra ameaças de UAS. As tecnologias como *jamming*, *spoofing*, armas de energia dirigida ou captura cinética oferecem alternativas adequadas a diferentes contextos operacionais, com a vantagem de reduzirem danos colaterais, especialmente em ambientes civis ou urbanos. Os sistemas C-UAS aumentam ainda a resiliência das forças e contribuem para a continuidade das operações de tiro, reforçando o papel da Artilharia de Campanha no apoio às forças em manobra.

Em relação à PD2: “Quais as características fundamentais de um C-UAS e que tipo de técnicas de treino e formação podem ser implementadas?”, apurou-se que a capacidade de deteção, identificação, seguimento e neutralização da ameaça aérea é o critério central. Esta sequência deve ser assegurada por uma combinação de sensores e mecanismos de resposta capazes de atuar em tempo real. Os sistemas mais eficazes são aqueles que conseguem combinar precisão, portabilidade, baixo tempo de resposta e integração com outros meios de vigilância e defesa aérea. O fator custo-benefício também se revelou importante, tendo sido identificado que alguns sistemas cinéticos apresentam custos significativamente superiores à própria ameaça que procuram neutralizar. Do ponto de vista da formação, a implementação destes sistemas implica a existência de treino específico a dois níveis: individual e coletivo. No plano individual, o operador deve adquirir competências técnicas no manuseamento de sensores e sistemas de neutralização, bem como na identificação de diferentes tipos de UAS. No plano coletivo, é necessário integrar os sistemas C-UAS nas operações conjuntas, promovendo a interoperabilidade entre unidades e o desenvolvimento de exercícios táticos que simulem cenários realistas de ameaça. A formação contínua, estruturada por escalões, permite reforçar a prontidão operacional e adaptar as forças à evolução constante da ameaça aérea.

Quanto à PD3: “Qual o emprego tático dos C-UAS na Artilharia de Campanha?”, concluiu-se que deve seguir uma lógica de aplicação modular e adaptável. Em posições estáticas, como zonas de preparação de fogos ou bases logísticas, os sistemas fixos oferecem uma solução robusta de defesa. Já no caso das unidades móveis ou em deslocamento, é essencial recorrer a sistemas montados em viaturas ou a soluções portáteis que não comprometam a mobilidade. Em operações ofensivas, os C-UAS podem ser utilizados de forma proativa, interferindo nos sistemas UAS inimigos e negando-lhes a capacidade de observação ou regulação de fogos. A eficácia tática é exponenciada quando estes sistemas operam num modelo de defesa em camadas, articulado com outras armas de apoio e com o sistema de comando e controlo. A doutrina nacional, embora ainda em construção, reconhece esta necessidade e aponta para um caminho de integração progressiva e interoperabilidade com os padrões da NATO.

Com base na análise dos resultados obtidos, é agora possível responder à PP: “Quais as medidas inovadoras a investigar de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha?”. A investigação revelou que as medidas mais promissoras combinam inovação tecnológica, adaptação doutrinária e investimento na formação. Destacam-se, entre estas, o desenvolvimento e aquisição de sistemas baseados em

inteligência artificial e guerra eletrónica, com capacidade de neutralização seletiva de drones hostis; a integração de sensores e sistemas de alerta precoce nos processos de decisão do escalão de tiro; a criação de programas de treino centrados na identificação, comunicação e resposta à ameaça UAS; e a revisão da doutrina nacional, tendo em vista a sua harmonização com os modelos aliados. Estas medidas, a serem implementadas de forma faseada e coordenada, permitirão construir uma capacidade C-UAS nacional robusta, eficaz e sustentável, contribuindo decisivamente para a segurança e eficiência operacional da Artilharia de Campanha Portuguesa.

Em termos gerais, concluiu-se que o emprego de sistemas C-UAS não é apenas uma solução desejável, mas sim uma necessidade operacional premente para a Artilharia de Campanha. A ameaça colocada pelos UAS, cada vez mais acessíveis, autónomos e letais, obriga a uma resposta multidimensional. Os sistemas C-UAS oferecem essa resposta, desde que enquadrados num esforço mais amplo de modernização das forças, onde a tecnologia, a doutrina, a formação e a interoperabilidade caminham em conjunto. O Exército português tem já projetos estruturantes em desenvolvimento, como o Projeto Antidrone, e demonstra consciência clara da ameaça e da necessidade de resposta. No entanto, ainda se encontram por ultrapassar desafios significativos, como a definição de uma doutrina operacional consolidada, a aquisição de sistemas adequados à realidade nacional e a integração eficaz destes nos sistemas C2 existentes.

Este trabalho procurou, assim, contribuir de forma prática e aplicada para o avanço da capacidade de defesa anti-UAS da Artilharia de Campanha Portuguesa. Os dados recolhidos através da análise bibliográfica e das entrevistas aos militares envolvidos apontam para caminhos concretos de desenvolvimento, capazes de aumentar a segurança, a capacidade de resposta e a eficácia operacional das nossas unidades. Face ao ritmo acelerado de evolução da ameaça, a implementação das medidas aqui identificadas torna-se imperativa. O futuro da Artilharia de Campanha passará inevitavelmente pela sua capacidade de operar e sobreviver num campo de batalha cada vez mais dominado por sistemas aéreos não tripulados. O desenvolvimento contínuo de medidas de contra-UAS e a sua integração na doutrina e prática operacionais constituem uma prioridade estratégica para a preservação da superioridade operacional e da segurança das forças nacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adamy, D. (2001). *EW 101: A first course in electronic warfare* (Vol. 101). Artech house.

Alberts, D. S., & Hayes, R. E. (2006). *Understanding command and control*. CCRP Publications.

APA, A. (2020). *Publications manual of the American Psychological Association: the official guide to APA style* (ed.). Washington: American Psychological Association.

Austin, R. (2011). *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*. John Wiley & Sons.

Baxter, W. C. A. (2024). *Enhancing Tactical Level Targeting With Artificial Intelligence*. Field Artillery Journal.

Bendett, S., Boulègue, M., Connolly, R., Konaev, M., Podvig, P., & Zysk, K. (2021). *Advanced military technology in Russia*. Chatham House.

Bothwell, B. (2023). *Science & Tech Spotlight: Directed Energy Weapons*. URL: <https://www.gao.gov/products/gao-23-106717>.

Campos, G. D. C. S. (2023). *Emprego dos Unmanned Aerial Vehicles para a Artilharia: Perspetivas Futuras*. Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada, Academia Militar, Lisboa.

Cilas-laser. (2020). *HELMA-P Laser Counter-UAV System*. <https://www.cilas.com/laser/helma-p>

Costa, F. J. T. D. (2024). *Drone Warfare: Operational Context, Countermeasures and Tactical Insights for the Portuguese Marine Corps*.

CS Group. (n.d.). *Boreades: Counter-UAV System*. CS Group.

Dedrone. (s.d.). *The Comprehensive Guide to Counter-UAS*. <https://www.dedrone.com/white-papers/counter-uas>

Departamento de Segurança Interna dos EUA. (2020). *Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS) Tech Guide*.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Eds.). (2011). *The Sage handbook of qualitative research*. sage.

DroneShield. (2022). *DroneSentry: Integrated Drone Detection and Mitigation System*. <https://www.droneshield.com/c-uas-products/dronesentry>

Dudush, A., Tyutyunnik, V., Trofymov, I., Bortnovs'kiy, S., & Bondarenko, S. (2018). *State of the Art and Problems of Defeat of Low, Slow and Small Unmanned Aerial Vehicles*. *Advances in Military Technology*, 13(2), 157–171.

Epirus Inc. (2023). *Leonidas Electromagnetic Weapon System*. <https://www.epirusinc.com/electronic-warfare>

Epirus Inc. (2021). *Leonidas: High-Powered Microwave System*. <https://www.epirusinc.com>

Erceg, A., Erceg, B. Č., & Vasilj, A. (2017). *Unmanned aircraft systems in logistics—legal regulation and worldwide examples toward use in Croatia*. *Business Logistics in Modern Management*.

Exército Português. (2012). *PDE 3-00: Operações*. Ministério da Defesa Nacional

Exército Português. (2020). *PDE 5-36-00 Planeamento Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT)*. Ministério da Defesa Nacional

Flick, U. (2022). *An introduction to qualitative research*. Sage Publications.

Finn, R. L., & Wright, D. (2012). *Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications*. *Computer Law & Security Review*, 28(2), 184-194.

Fortem Technologies. (n.d.). *DroneHunter*. <https://fortemtech.com/>

Fortem Technologies. (2022). *DroneHunter F700*. <https://fortemtech.com/products/dronehunterf700/#:~:text=Meet%20The%20Ultimate%20C%2DUAS,resulting%20in%20costly%20collateral%20damage.>

Gertler, J. (2012). *U.S. Unmanned Aerial Systems*. Congressional Research Service.

Global Times China. (2022). *Silent Hunter Laser Weapon System*. <https://www.globaltimes.cn/page/202211/1279311.shtml>

Goppert, J. M., Wagoner, A. R., Schrader, D. K., Ghose, S., Kim, Y., Park, S., ... & Hopmeier, M. J. (2017, April). *Realization of an autonomous, air-to-air Counter Unmanned Aerial System (CUAS)*. In 2017 First IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC) (pp. 235-240). IEEE.

Handbook, N. L. (1997, October). *Senior NATO Logisticians' Conference Secretariat NATO Headquarters Brussels*.

Holst, G. C. (2008, December). *Electro-optical imaging system performance*. SPIE-International Society for Optical Engineering.

JIDO (2016), Counter-Unmanned Aerial Systems (C-UAS) Smart Card

Joint Air Power Competence Centre (JAPCC). (2010). *Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO (UAS CONEMP)*.

Jw, C. (2009). *Research design-qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE, Ca; ofprnia.

Kallenborn, Z., & Bleek, P. C. (2019). *Drones of mass destruction: Drone swarms and the future of nuclear, chemical, and biological weapons*. War on the Rocks, 14.

Kang, H., Joung, J., Kim, J., Kang, J., & Cho, Y. S. (2020). *Protect your sky: A survey of counter unmanned aerial vehicle systems*. Ieee Access, 8, 168671-168710.

Kotler, P. (2010). *Marketing management (13.^a ed.)*. Pearson Education. Link

Kowrach, J. M. (2018). *US army counter-unmanned aerial systems: more doctrine needed*. Monograph, School of Advanced Military Studies US Army Command and General Staff College, Fort Levenworth.

Leonardo. (2023). *Falcon Shield Counter-UAV System*.
<https://www.leonardo.us/falcon-shield>

DJI. (2023). *Matrice 300 RTK: Overview*. DJI Official Website.
<https://www.dji.com/matrice-300-rtk>

Lopes, F. M. D. C. H. (2019). *Defesa contra UAS commercial off the shelf no âmbito das operações de Harbour Protection* (Doctoral dissertation).

Marques, J. P. G. (2023). *Sistemas mini, micro e nano unmanned aerial vehicle (UAV): Implementação nos escalões Secção e Pelotão de Infantaria*.

Melnichuk, A., Kuzina, E. A., & Yurkov, N. K. (2020, May). *Methods and means for countering unmanned aerial vehicles*. In 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (pp. 1-6). IEEE.

Michel, A. H. (2019). *Counter-drone systems*. Bard College.

Miller, C. C. (2021). *Counter-small unmanned aircraft systems strategy*. US Department of Defenese.

Molloy, D. O. (2024). *Drones in Modern Warfare: Lessons Learnt from the War in Ukraine*. Australian Army Research Centre.

NATO. (2020). Countering Class I Unmanned Aircraft Systems Handbook. https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/05/2020_cuas.pdf

NATO Standardization Agency (NSA). (2014). *UAS Tactical Pocket Guide* (ATP-3.3.7.1, Edition A, Version 1). North Atlantic Treaty Organization.

Nichols, R. K., Mumm, H. C., Lonstein, W. D., Ryan, J. J., Carter, C., & Hood, J. P. (2020). *Counter unmanned aircraft systems technologies and operations*. New Prairie Press.

OpenWorks Engineering. (n.d.). *SkyWall 100: Handheld Drone Capture System*. OpenWorks Engineering. <https://openworksengineering.com/skywall-patrol/>

Péria-Peigné, L. (2023). *TB2 Bayraktar—Big Strategy for a Little Drone*. *Briefings De L'Ifri*, Security Studies Center.

Perram, G. P., Marciniak, M. A., & Goda, M. (2004). *High-energy laser weapons: technology overview*. *Laser Technologies for Defense and Security*, 5414, 1-25.

Pettyjohn, S. (2024). *Drones are transforming the battlefield in Ukraine but in an evolutionary fashion*. *War on the Rocks*, 5.

Pinheiro, A. D. D. O. D. (2023). *Implementação de sistemas anti-Unmanned Aerial Vehicles nos Esquadrões de Carros de Combate* (Doctoral dissertation).

Praisler, D. J. (2017). *Counter-UAV solutions for the joint force*. Air War College.

Raytheon Technologies. (2021, 1 de dezembro). *Coyote Block 3 Counter-Drone System*. *Raytheon Missiles & Defense*. <https://www.rtx.com/news/news-center/2024/10/14/rtxs-raytheon-demos-kurfs-and-coyote-performance-against-complex-uas-threats>

Rogers, J. (2021). *Future threats: Military UAS, terrorist drones, and the dangers of the second drone age*. In *Drone warfare: Trends and emerging issues* (pp. 481-505). The Joint Air Power Competence Centre.

Rostec. (2022, 15 de maio). *Krasukha-4 Electronic Warfare System Tested in Ukraine*. *Rostec Defense*. <https://rostec.ru/en/media/news/ew-in-the-sky-and-on-the-ground/#start>

Samaras, S., Diamantidou, E., Ataloglou, D., Sakellariou, N., Vafeiadis, A., Magoulianitis, V., ... & Tzovaras, D. (2019). *Deep learning on multi sensor data for counter UAV applications—A systematic review*. *Sensors*, 19(22), 4837.

Scharre, P. (2018). *Army of none: Autonomous weapons and the future of war*. WW Norton & Company.

Scott, B. I., & Andritsos, K. I. (2023). *A drone strategy 2.0 for a smart and sustainable unmanned aircraft eco-system in Europe*. *Air and Space Law*, 48(3).

Sharma, P., Sarma, K. K., & Mastorakis, N. E. (2020). *Artificial intelligence aided electronic warfare systems-recent trends and evolving applications*. *IEEE Access*, 8, 224761-224780.

Skolnik, M. I. (1980). *Introduction to radar systems* (Vol. 3, pp. 81-92). New York: McGraw-hill.

Staff, U. J. (2007). *JP 1, Doctrine for the Armed Forces of the United States*. 2015-03-25] <http://www.dtic.mil/jmel.htm>. *CJCS15120. D, 2*.

Stebbins, R. A. (2001). *Exploratory research in the social sciences* (Vol. 48). Sage.

Stephens, R. (2025). *How drones have shaped the nature of conflict*. Vision of Humanity. <https://www.visionofhumanity.org/how-drones-have-shaped-the-nature-of-conflict/>

Suewongsuwan, K., Angsuseranee, N., Wongkamchang, P., & Phasinam, K. (2024). *Comparative analysis of UAV detection and tracking performance: Evaluating YOLOv5, YOLOv8, and YOLOv8 DeepSort for enhancing anti-UAV systems*. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(5), 708-726.

Tedesco, M. T. (2015). *Countering the unmanned aircraft systems threat*. *Military Review*, 95(6), 64-69.

Tyurin, V., Martyniuk, O., Mirnenko, V., Open'ko, P., & Korenivska, I. (2019, October). *General approach to counter unmanned aerial vehicles*. In 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD) (pp. 75-78). IEEE.

Tzu (2019), S. *The UAS Training Imperative*.

USDA (2016). *Techniques for Combined Arms for Air Defense* (ATP 3-01.8). Headquarters, Department of the Army.

USDA (2025). *Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Operations* (ATP 3-01.81). Headquarters, Department of the Army.

Varanda, A. J. A. (2024). *Experimentação Operacional: Aquisição de Objetivos e Regulação de Fogos Indiretos com Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) – Apresentação de Resultados*. Centro de Experimentação e Modernização Tecnológica do Exército.

Wang, H., Cheng, H., & Hao, H. (2020, September). *The use of unmanned aerial vehicles in military operations*. In International Conference on Man-Machine-Environment System Engineering (pp. 939-945). Singapore: Springer Singapore.

Wang, J., Liu, Y., & Song, H. (2021). *Counter-unmanned aircraft system (s)(C-UAS): State of the art, challenges, and future trends*. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 36(3), 4-29.

Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). *Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use*. Remote sensing, 4(6), 1671-1692.

Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.

APÊNDICES
Apêndice A — GUIÃO DE ENTREVISTA

GUIÃO DE ENTREVISTA



ACADEMIA MILITAR

Guião de Entrevista

*Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na
Artilharia de Campanha Portuguesa*

Autor: Aspirante de Artilharia Remi Penedo Mouta

Orientador: Major de Artilharia Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho

Coorientador: Capitão de Artilharia Gustavo Filipe Paulino Mendes

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada
junho de 2025

INFORMAÇÃO FORNECIDA AO ENTREVISTADO

- a. Pedido de autorização para realizar a gravação áudio da entrevista
- b. Apresentação do entrevistador ao entrevistado, de modo a estabelecer os objetivos, critérios e ferramentas da entrevista

Primeiramente, gostaria de agradecer a sua presença nesta entrevista, de modo a concretizar e definir métodos de pesquisa do Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada. Sou o Aspirante de Artilharia Remi Penedo Mouta e esta entrevista exploratória destina-se à investigação do Tema: “Counter Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa”.

Na investigação corrente, foi definida como Pergunta de Partida: “Quais as medidas inovadoras a investigar de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha?”, sendo esta o método exploratório do Trabalho de Investigação Aplicada. Com a mesma finalidade, foram, do mesmo modo, definidas três perguntas derivadas:

- **Pergunta Derivada 1** – *“Quais as potencialidades do uso de C-UAS?”*
- **Pergunta Derivada 2**– *“Quais as características fundamentais de um C-UAS e que tipo de técnicas de treino e formação individual/coletivo pode ser implementadas?”*
- **Pergunta Derivada 3** – *“Qual o emprego tático dos C-UAS na AC?”*

Os Objetivos da investigação encontram-se intimamente ligados às Perguntas derivadas definidas, sendo que são os seguintes:

- Investigar medidas inovadoras de C-UAS a aplicar em prol da defesa das unidades de Artilharia de Campanha.
- Compreender e estudar as potencialidades nas vertentes de sistemas de armas, legislação, formação e treino destes sistemas.
- Recolha de vários modelos de C-UAS, analisando as suas características e compreendendo quais destas serão as mais preponderantes e úteis para a defesa da Artilharia de Campanha, visando também a formação e treino nas medidas de defesa passivas e ativas contra os UAS.
- Compreender de que forma os C-UAS poderão ser utilizados, de modo a serem um elemento proveitoso na defesa da Artilharia de Campanha portuguesa

c. Aspetos Deontológicos

A duração da entrevista será conforme a disponibilidade do entrevistado, primariamente, mas sempre com o propósito de obter os elementos necessários para a concretização dos objetivos propostos. A mesma, será gravada em áudio, sendo que, apenas o entrevistado e o entrevistador terão acesso a este ficheiro áudio, podendo o primeiro responder ou não às perguntas que achar adequadas.

RECEBER O CONSENTIMENTO INFORMADO

Peço-lhe que leia cautelosamente o seguinte documento.

1. INTRODUÇÃO

De modo a concretizar os objetivos propostos, e obter as informações necessárias para o esclarecimento dos mesmos, torna-se fundamental a realização desta entrevista.

2. CORPO DE QUESTÕES

De agora em diante serão apresentadas as questões a responder.

Questão n.º 1 -Poderia partilhar a sua experiência profissional e relação com sistemas C-UAS ou defesa aérea?

Questão n.º 2 -Qual é a sua perceção sobre a ameaça crescente dos UAS no contexto militar moderno?

Questão n.º 3 - Como avalia a utilidade dos sistemas C-UAS na proteção das unidades de Artilharia de Campanha?

Questão n.º 4 -Qual a importância da interoperabilidade entre os C-UAS e outros sistemas de defesa aérea?

Questão n.º 5 -Quais são, na sua visão, as principais características que um sistema C-UAS deve possuir para ser eficiente na Artilharia de Campanha?

Questão n.º 6 -Como avalia a necessidade de investimento em tecnologias emergentes como inteligência artificial e guerra eletrónica na luta contra UAS?

Questão n.º 7 - Como deve ser estruturada a formação individual e coletiva para operadores de sistemas C-UAS?

Questão n.º 8 -Considera que o Exército português tem atualmente doutrinas e procedimentos adequados para a implementação de C-UAS?

Questão n.º 9 -Quais são os principais desafios táticos que a Artilharia de Campanha enfrenta na implementação dos C-UAS?

Questão n.º 10 -Qual a sua opinião sobre o desenvolvimento de uma estratégia de defesa multicamadas para C-UAS em Portugal?

Questão n.º 11 -Quais medidas de curto, médio e longo prazo deveriam ser implementadas para fortalecer a defesa da Artilharia de Campanha contra UAS?

Questão n.º 12 -Como vê a evolução tecnológica dos UAS e a necessidade de adaptação contínua das estratégias de defesa?

Questão n.º 13 -Considera que Portugal deve investir em sistemas C-UAS próprios ou depender de soluções importadas?

Questão n.º 14- Quais entidades ou especialistas recomenda entrevistar para a abordagem deste tema, considerando a sua relevância técnica e operacional?

Questão n.º 15- Quais documentos normativos, doutrinários ou estudos considera essenciais para fundamentar esta investigação?

Apêndice B — DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DA ENTREVISTA

Declaração de Consentimento

Tomei conhecimento que se encontra a realizar um Trabalho de Investigação Aplicada, enquadrado no Mestrado Integrado em Ciências Militares, na Especialidade de Artilharia de Campanha, subordinado ao tema “*Counter-Unmanned Aerial Systems: potencialidades de emprego na Artilharia de Campanha Portuguesa*”. Este trabalho tem como autor o Aspirante de Artilharia de Campanha Remi Penedo Mouta, tendo como orientador o Major de Artilharia de Campanha Bruno Miguel Gonçalves Lopes Martinho e coorientador o Capitão de Artilharia de Campanha Gustavo Filipe Paulino Mendes.

Serei entrevistado individualmente pelo Aspirante Remi Penedo Mouta, onde será realizada uma entrevista com guião, previamente apresentado, e com a intenção de obter informações de acordo com os objetivos propostos anteriormente. Compreendendo que não usufruirei de qualquer compensação por participar nesta investigação, ainda que a minha participação reflita numa utilidade extrema à realização deste trabalho. No final do estudo poderei obter os resultados no mesmo, encontrando-se disponível no Repositório Comum da Biblioteca da Academia Militar, ou pela solicitação ao investigador.

Aceito participar neste estudo realizando a seguinte entrevista.

Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___

Em nome da equipa de investigação agradeço a sua colaboração

Remi Penedo Mouta

Aspirante de Artilharia

Em caso de qualquer dúvida contactar: mouta.rp@academiamilitar.pt/961321584

Apêndice C— ANÁLISE DE ENTREVISTAS

Quadro 9— Análise de entrevistas

Questão 1 – Poderia partilhar a sua experiência profissional e relação com sistemas C-UAS ou defesa aérea?	
E1	<p>Cheguei ao RAAA1 em 2018. Em 2019, iniciámos o desenvolvimento do projeto anti-drone. Desde então, temos trabalhado ativamente nesta área, tendo inclusive escrito um artigo sobre o tema. Além disso, temos mantido contactos com várias empresas que desenvolvem sistemas C-SANT e visitámos o Centro di Eccellenza C-SANT di Sabaudia (Itália), o que nos permitiu aprofundar ainda mais o nosso conhecimento e experiência.</p>
E2	<p>Fui colocada no RAAA1 em outubro de 2024, na 1BtrAAA. O regimento encontra-se a desenvolver um PDE relativo ao C-SANT e a aprofundar cada vez mais o tema. Adicionalmente, estamos focados na futura aquisição destes sistemas.</p>
E3	<p>Não possuo qualquer experiência ou relação. O contacto feito com estes qualquer um destes meios foram apenas para fins de instrução.</p>
E4	<p>Sou atualmente o 2ºCmdt da Bateria de Artilharia Antiaérea da Brigada Mecanizada, tendo executado várias funções na Bateria, incluindo a função de comandante de pelotão do sistema míssil portátil. De destacar que, no último ano a participei no RAMSTEIN LEGACY (RALY24), um exercício de Defesa Aérea integrado no Sistema Integrado de Comando e Controlo da Artilharia Antiaérea (SICCA3), na Roménia. O RALY24 visou treinar e desenvolver as técnicas táticas e procedimentos no âmbito de <i>Integrated Air and Missile Defence</i> (IAMD) da NATO com foco tático, operacional e estratégico. A IAMD da NATO é implementada através da NATO <i>Integrated Air and Missile Defence System</i> (NATINAMDS), uma rede de sensores, armas e sistemas de comando e controlo interligados. Neste campo, a integração é crucial, na medida em que permite a coordenação de todos os sistemas e capacidades de defesa aérea. Quanto aos C-SANT não posso afirmar que tenha experiência operacional direta, mas já por alguma vezes tive oportunidade de assistir a diversas apresentações de diferentes sistemas, quer como C-SANT ou como apenas SANT, tendo oportunidade de ter um contacto com empresas especializadas.</p>
E5	<p>Fui colocado no RAAA1, na 1ª Bateria de Artilharia Antiaérea em 2016, onde permaneci até março de 2025. Desempenhei as funções de Comandante de Pelotão Sistema Míssil Ligeiro, 2º Comandante e Comandante de Bateria até ao presente ano. No que respeita ao C-SANT, na altura sob o Comando do Cap Gonçalves (2019) iniciámos a pesquisa de doutrina que pudesse ser replicada ao Exército português e a realizar alguns testes simples com recurso ao</p>

	armamento ligeiro. Estou igualmente envolvido no Projeto Anti-Drone do Exército.
E6	O Major Carqueijo é atualmente gestor de portefólio de projetos no Gabinete de Gestão de Projetos Estratégicos do Exército, acompanhando de perto o Projeto Anti-Drone, responsável pelo desenvolvimento da capacidade C-UAS (<i>Counter-Unmanned Aerial Systems</i>). Embora não tenha experiência operacional direta no manuseamento de sistemas C-UAS, possui um profundo envolvimento institucional, supervisionando toda a edificação da capacidade C-SANT (designação portuguesa para C-UAS). Participa frequentemente em conferências nacionais e internacionais, inclusive da NATO, mantendo contacto regular com empresas especializadas, tanto nacionais como estrangeiras. A sua experiência é, portanto, fortemente alicerçada na gestão, conceptualização e enquadramento estratégico destas tecnologias.

Questão 2 – Qual é a sua perceção sobre a ameaça crescente dos UAS no contexto militar moderno?

E1	A evolução dos SANT, que teve início nas missões de Informações, Vigilância e Reconhecimento (ISR), e que agora inclui uma ampla gama de operações, como ataques armados, o que gerou uma crescente necessidade de criar capacidades de defesa adequadas para enfrentar essa nova realidade. A nossa principal preocupação foi a acessibilidade e adaptabilidade de um simples Drone comercial, o que levanta sérios desafios em termos de segurança e defesa. Atualmente, qualquer pessoa com o conhecimento técnico e recursos financeiros pode adquirir um SANT comercial, muitas vezes modelos que são originalmente projetados para fins recreativos ou para uso em setores como agricultura e inspeção de infraestrutura. A partir disso, é possível modificar esses sistemas, equipando-os com tecnologias de vigilância, armas ou explosivos, tornando-os uma ameaça.
E2	A ameaça crescente dos SANT representa uma transformação significativa nas dinâmicas dos conflitos. Estes apresentam tanto oportunidades quanto desafios. Embora ofereçam vantagens consideráveis em termos de precisão, custo e eficiência, os SANT também trazem novas ameaças, especialmente no que diz respeito ao facto de qualquer pessoa atualmente conseguir adquirir um SANT e modificá-lo de forma que este se torne uma ameaça. O avanço das capacidades tecnológicas, tanto dos SANT quanto das defesas contra eles, será um fator crucial nos conflitos atuais.
E3	A ameaça crescente dos UAS (Veículos Aéreos Não Tripulados) no contexto militar moderno é altamente significativa e multifacetada. Os UAVs são um meio <i>Low Risk, High Reward</i> no sentido de serem meios que podem ser adquiridos e adaptados com relativa facilidade e um investimento mínimo. As forças empenhadas passam a ter uma ferramenta não humana que faculta uma observação em tempo real com identificação e geolocalização de alvos, assim

	<p>como a regulação de fogos e a avaliação de anos mesmo que tenham recursos limitados (humanos e/ou materiais). Além disso, devido à sua assinatura térmica, visual e de radar reduzida, bem como à capacidade de operar a altitudes extremamente baixas, os UAS têm uma menor probabilidade de serem detetados por sistemas de defesa aérea convencionais, os quais se encontram, em muitos casos, otimizados para ameaças de maior envergadura e velocidade.</p>
E4	<p>A minha perceção é de que as ameaças UAS são cada vez maiores e tendem a crescer no contexto militar moderno. Está muito em voga a sua utilização por forças irregulares, forças insurgentes e atores não estatais, porque são de acesso fácil, e a adaptação de UAS civis para fins militares (com a colocação de engenhos explosivos) ampliam a sua versatilidade e letalidade. De acrescentar ainda que os UAS, especialmente de carácter civil, apresentam uma excelente relação custo/capacidade. Por outro lado, ao contrário do que se passa com aviação tradicional, os UAS são muito mais difíceis de neutralizar e têm um papel cada vez mais central em missões de vigilância, reconhecimento e ataque. Uma curiosidade, a esta temática o sistema canhão na defesa aérea bem como a própria caçadeira, tornam-se meios de uma importância capital para uma melhor neutralização destes sistemas, melhor que neutralizar, diria barrar.</p>
E5	<p>O conflito mais presente é o da Ucrânia-Rússia, e é inegável que o recurso a Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) aumentou de forma exponencial. De forma mais isolada, em outros conflitos também recorrentemente são noticiados ataques com recurso a estes equipamentos.</p>
E6	<p>O Major destaca que os UAS representam uma ameaça cada vez mais significativa, resultado da proliferação, acessibilidade e sofisticação crescente destes sistemas. Esta ameaça não é exclusiva de forças convencionais, uma vez que grupos insurgentes e atores não estatais também têm acesso a estas tecnologias. A facilidade de adaptação de UAS civis para fins militares (como colocação de explosivos ou câmaras) amplia a sua letalidade e versatilidade. O seu baixo custo e dificuldade de deteção tornam-nos um vetor especialmente atrativo. Acrescenta ainda que, ao contrário da aviação tripulada tradicional, os UAS são mais difíceis de neutralizar e têm um papel cada vez mais central em missões de vigilância, reconhecimento e ataque.</p>
<p>Questão 3 – Como avalia a utilidade dos sistemas C-UAS na proteção das unidades de Artilharia de Campanha?</p>	
E1	<p>De uma forma simples, os sistemas C-SANT são essenciais para proteger as unidades de artilharia, pois evitam ataques de drones armados, impedem a vigilância inimiga e garantem a segurança das posições de artilharia. Eles permitem uma resposta rápida a ameaças aéreas, mantendo a eficácia e a segurança das operações.</p>

E2	A utilização de sistemas C-SANT para a proteção das unidades de artilharia é uma estratégia cada vez mais relevante no contexto militar moderno, onde o uso de SANT se tornou uma ameaça crescente. A sua capacidade de detetar e neutralizar SANT hostis antes que estes causem danos diretos às unidades de artilharia aumenta a eficácia operacional e reduz os riscos. Quando usados de forma eficaz, os C-SANT podem desempenhar um papel crucial na preservação da capacidade de fogo e da mobilidade das unidades de artilharia, garantindo que estas cumprem as suas missões de forma mais segura e eficaz.
E3	A Artilharia de Campanha, sendo responsável pelo apoio de fogos em larga escala, é um alvo prioritário para os UAS inimigos que procuram neutralizar as capacidades de apoio e logística das forças armadas. A implementação de sistemas C-UAS permite mitigar estas ameaças ao fornecer uma camada adicional de defesa. Estes sistemas sendo capazes de detetar, identificar e neutralizar UAS inimigos, protegem assim as posições de artilharia e garantem a continuidade das missões. A capacidade de resposta rápida e eficaz dos C-UAS reduz significativamente o risco de danos e aumenta a segurança das forças no terreno.
E4	São sistemas muito importantes e necessários, quer para a proteção da Artilharia de Campanha quer para as restantes forças numa área de operações, porque podem ser empregues para proteger elementos sensíveis como postos de comando, sistemas de armas e forças de reconhecimento, uma vez que permitem detetar e neutralizar ameaças antes que estas cumpram os seus objetivos, como recolha de dados de vigilância ou ataques diretos.
E5	A missão da Artilharia Antiaérea (AAA) é garantir a proteção em todas as camadas, considerando os sistemas de armas disponíveis, contra ameaças aéreas. É, portanto, um recurso crítico e com baixa capacidade de autoproteção. Neste sentido, considero que a integração de sistemas C-SANT é uma necessidade não só para a Artilharia Antiaérea, como para as unidades de manobra que esta protege.
E6	Os sistemas C-UAS (ou C-SANT) são avaliados como altamente úteis e necessários para a proteção da Artilharia de Campanha. Permitem detetar e neutralizar ameaças antes que estas cumpram os seus objetivos, como recolha de dados de vigilância ou ataques diretos. Contribuem para aumentar a consciência situacional e a sobrevivência operacional das unidades, atuando como multiplicadores de força. São particularmente importantes para proteger elementos sensíveis como postos de comando, sistemas de armas e radares. Mesmo que não haja neutralização imediata, a deteção precoce por si só representa uma vantagem crítica.

Questão 4 – Qual a importância da interoperabilidade entre os C-UAS e outros sistemas de defesa aérea?

E1	A interoperabilidade entre os sistemas C-SANT e a defesa aérea é importante porque permite que diferentes sistemas trabalhem juntos de forma eficiente, melhorando a detecção e neutralização de drones. Isso torna a defesa mais rápida e precisa, garantindo maior proteção contra ameaças aéreas.
E2	A interoperabilidade entre os sistemas C-SANT e outros sistemas de defesa aérea é fundamental para garantir uma defesa eficaz e coordenada contra as múltiplas ameaças que podem surgir no campo de batalha. A integração destes sistemas permite uma abordagem mais robusta e adaptável, combinando diferentes capacidades de defesa para enfrentar uma vasta variedade de ameaças.
E3	A interoperabilidade entre os sistemas C-UAS (<i>Counter Unmanned Aerial System</i>) e outros sistemas de defesa aérea é de vital importância para garantir uma defesa eficaz e coordenada contra ameaças aéreas. Como dito anteriormente os sistemas de defesa aérea convencionais, em muitos casos, encontram-se otimizados para ameaças de maior envergadura e velocidade. Os C-UAS complementam os sistemas tradicionais de defesa aérea ao fornecer soluções específicas contra UAS, que são cada vez mais utilizados em operações militares. A integração dos C-UAS com sistemas de radar, mísseis e outras tecnologias permite uma detecção precoce, seguimento e neutralização de UAS inimigos, aumentando significativamente a capacidade de resposta e proteção das forças armadas. Este trabalho em conjunto garante uma proteção mais abrangente e eficaz, reduzindo algumas vulnerabilidades e otimizando recursos.
E4	Usando como exemplo o exercício RALY 24, que referi anteriormente, atualmente a interoperabilidade é denominador comum no atual campo de batalha, ou seja, é obvio que a interoperabilidade entre os C-UAS e os outros sistemas de defesa aérea, bem como outros, é essencial. Neste tópico em específico digo que a interoperabilidade entre ambos vai permitir uma melhor coordenação e aproveitamento de ambas as capacidades, partilha de informações e complemento tanto das capacidades como e reduzir as janelas de vulnerabilidade.
E5	A questão da interoperabilidade é bastante importante, no entanto, é preciso uma discussão sobre os moldes deverá ser feita. A saturação do vetor aéreo com incontáveis plataformas aéreas irá carecer de sistemas de Comando e Controlo (C2) com maior capacidade de processamento de dados, além disso, considero que a responsabilidade de empenhamento sobre as ameaças aéreas deve ser atribuída a diferentes entidades, através da criação de <i>layers</i> para que cada uma delas tenha apenas acesso à informação que necessita para o cumprimento da sua missão. Assim, considero que dentro da organização da AAA deverão existir forças, por exemplo, de escalão Pelotão, cuja missão é a proteção contra SANTs.

E6	A interoperabilidade é considerada obrigatória e central no atual campo de batalha. O Major reforça que hoje nenhum sistema pode atuar de forma isolada. A integração entre os sistemas C-SANT e a defesa antiaérea é essencial para evitar redundâncias, otimizar a alocação de recursos, garantir a partilha de informação (fusão de dados) e reduzir janelas de vulnerabilidade. A interoperabilidade permite ainda coordenação automática ou semiautomática de respostas, facilita operações combinadas com forças aliadas e reduz o risco de incidentes de fogo amigo.
Questão 5 – Quais são, na sua visão, as principais características que um sistema C-UAS deve possuir para ser eficiente na Artilharia de Campanha?	
E1	Alta Precisão de Detecção e Neutralização; Capacidade de Operar nos mais variados ambientes; Interoperabilidade com Outros Sistemas de Defesa; Capacidade de empastelamento Eletrônica eficiente (<i>Jamming</i>); Velocidade de Reação; Baixo custo de operação e manutenção; Radares de alta resolução e sensores avançados; Eficaz nos mais variados tipos de SANT; Comunicação em tempo real; Mobilidade e flexibilidade.
E2	Radares de alta resolução e sensores avançados; Capacidade de lidar com diferentes tipos de SANT; Sistemas de neutralização rápidos (através de <i>jamming</i> , por exemplo); Interoperabilidade com sistemas de defesa aérea; Comunicação em tempo real; Autonomia em ambientes de guerra cibernética; Capacidade de ação rápida; Mobilidade e flexibilidade; Baixo custo de operação e manutenção;
E3	Sensores integrados (ótico e infravermelho) para detecção de UAS de baixa assinatura e que voem a baixa altitude; Comunicação em tempo real com sistemas automatizados de classificação e priorização de ameaças de forma a reduzir o tempo de reação; Capacidade de se mobilizarem e operarem em conjunto com unidades de Artilharia de Campanha em diversos escalões, sem comprometer o ritmo da missão atribuída; Integração plena nos sistemas C2 existentes, permitindo assim a coordenação com as armas de fogos indiretos e outras capacidades de apoio ao combate; Capacidade de operar de forma autónoma e contínua.
E4	Um sistema C-UAS eficiente deve possuir: Capacidades de deteção e identificação , através de sensores ativos e passivos (radares, infravermelhos, óticos, etc.). Integração com sistemas de comando e controlo , permitindo coordenação tática e fusão de dados. Meios de neutralização escalonados: desde meios portáteis (<i>drone guns</i>), passando por canhões e <i>jamming</i> , até mísseis, consoante a ameaça. Mobilidade e adaptabilidade , para acompanhar o movimento das unidades e adaptar-se a diferentes teatros de operações.

E5	As características mais importantes que considero necessárias num sistema C-SANT para ser eficiente na AAA são a mobilidade e/ou portabilidade, alcance e capacidade C2.
E6	Um sistema C-UAS eficiente deve possuir capacidades de deteção e identificação, através de sensores ativos e passivos (radares, infravermelhos, óticos, etc.), integração com sistemas de comando e controlo, permitindo coordenação tática e fusão de dados e meios de neutralização escalonados, desde meios portáteis (<i>drone guns</i>), passando por canhões e <i>jamming</i> , até mísseis, consoante a ameaça. Deve também ter mobilidade e adaptabilidade, para acompanhar o movimento das unidades e adaptar-se a diferentes teatros de operações, baixo impacto nas comunicações amigas, evitando interferência nos próprios sistemas e ainda a capacidade de atualização tecnológica, face à constante evolução dos UAS, mantendo a eficácia operacional ao longo do tempo.

Questão 6 – Como avalia a necessidade de investimento em tecnologias emergentes como inteligência artificial e guerra eletrónica na luta contra UAS?

E1	O investimento em tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA) e guerra eletrónica, é fundamental na luta contra SANTS. A IA pode melhorar a deteção, rastreamento e resposta a drones de forma mais rápida e precisa, enquanto a guerra eletrónica, com <i>jamming</i> e interferência de sinais, é essencial para neutralizar SANTS hostis. Essas tecnologias aumentam a eficácia dos sistemas C-SANT, tornando a defesa mais ágil e adaptável frente às ameaças aéreas em constante evolução.
E2	O investimento em tecnologias emergentes como inteligência artificial e guerra eletrónica é crucial para fortalecer as capacidades de defesa contra SANT e responder de forma eficaz às ameaças cada vez mais sofisticadas que esses sistemas representam no campo de batalha. As tecnologias emergentes não só aumentam a eficácia das estratégias de defesa contra SANT, como também oferecem novas abordagens para deteção, neutralização e contramedidas. A IA oferece velocidade, precisão e autonomia no reconhecimento e neutralização de <i>drones</i> , enquanto a guerra eletrónica proporciona contramedidas eficazes contra as comunicações e navegação dos SANT.
E3	Do que eu entendo a integração da IA e da GE parece permitir Identificação e classificação autónoma de UAS assim com a priorização e ameaças quando o espaço aéreo está saturado, e além permitem ainda a criação de zonas de exclusão aérea através do bloqueio de sinais em uma área específica. É uma necessidade, algo prioritária, mas tem de se ter em vista a sua interoperabilidade quando esse investimento surgir.

E4	Os vários exemplos da história dizem-nos que os maiores sucessos estão relacionados com a inovação e evolução, não só a nível tático como capacidades dos diferentes exércitos, ou seja, vai ser uma inevitabilidade usarmos a inteligência artificial, daí achar que se trata de um investimento mais do que essencial. De destacar a interoperabilidade entre ambos, no campo de C-SANT desde o início e são considerados quase mandatórios para o futuro do combate antidrone. A IA, vai permitir a deteção automática de padrões, análise preditiva de rotas, adaptação de frequências e decisão autónoma em tempo real e a guerra eletrónica é fundamental para bloqueio, spoofing e até neutralização de UAS.
E5	O investimento e consequente inclusão da inteligência artificial (IA) na luta contra SANT é um passo inevitável, mas que traz consigo uma reflexão muito importante, nomeadamente a imputação de responsabilidade sobre o empenhamento contra uma determinada ameaça, em particular quando esta poderá ser analisada de forma errónea pela IA. No entanto, humanamente torna-se cada vez mais difícil fazer a distinção entre BLUE SANTs (amigos) e RED SANTs (inimigos) num vetor aéreo extremamente saturado.
E6	Tanto a inteligência artificial (IA) como a guerra eletrónica são vistas como investimentos essenciais. A IA, especialmente através de <i>machine learning</i> , permite deteção automática de padrões, análise preditiva de rotas, adaptação de frequências e decisão autónoma em tempo real. Embora ainda esteja em estágios iniciais de desenvolvimento, a IA já é uma mais-valia. A guerra eletrónica é fundamental para bloqueio, <i>spoofing</i> e até captura de UAS. Ambos os campos devem estar integrados nos sistemas C-SANT desde o início e são considerados quase obrigatórios para o futuro do combate antidrone.
Questão 7 – Como deve ser estruturada a formação individual e coletiva para operadores de sistemas C-UAS?	
E1	A formação para operadores de sistemas C-SANT deve ser completa, combinando conhecimento técnico e prático com habilidades de coordenação e comunicação. A capacitação contínua, simulações realistas e integração com outras unidades de defesa aérea são fundamentais para garantir uma resposta rápida e eficaz às ameaças de SANT.
E2	A formação individual e coletiva para operadores de sistemas C-SANT deve ser abrangente, focando tanto no conhecimento técnico e prático quanto na coordenação e comunicação eficaz com outras unidades. A capacitação contínua, a simulação de cenários realistas e a integração com outras unidades de defesa aérea são essenciais para garantir que os operadores de C-SANT possam responder rapidamente e de forma eficaz a ameaças de SANT.
E3	Não possui experiência suficiente para responder.

E4	A formação deve seguir a mesma lógica de outros sistemas militares: Formação individual específica para operadores dos sistemas, com instrução técnica detalhada. Treino coletivo, iniciando-se em pequenos escalões e progredindo até níveis superiores. Integração com outras forças, com foco na coordenação de interunidades. Simulações realistas e cenários táticos, com treino face a ameaças reais ou simuladas, e eventualmente uso de UAS próprios como adversários. Realço que este modelo não representa uma revolução, mas uma adaptação dos métodos já existentes. Uma importância capital aos sistemas de simulação, permite treino das TTPs e poupança de recursos.
E5	Neste momento existem subgrupos na NATO que estão a desenvolver cursos com vista a formação de recursos humanos nesta temática. E à data, a perspetiva vai no sentido de dar formação diferenciada através de cursos para os operadores, cursos para os comandantes de unidade C-SANT, curso de planeamento C-SANT e curso para entidades com funções a um nível mais estratégico.
E6	A formação deve seguir a mesma lógica de outros sistemas militares. Deve existir formação individual específica para operadores dos sistemas, com instrução técnica detalhada, treino coletivo, iniciando-se em pequenos escalões e progredindo até níveis superiores, e integração com outras forças, com foco na coordenação interunidades. Devem também ser realizadas simulações realistas e cenários táticos, com treino face a ameaças reais ou simuladas, e eventualmente uso de UAS próprios como adversários. O Major realça que este modelo não representa uma revolução, mas uma adaptação dos métodos já existentes.
Questão 8 – Considera que o Exército português tem atualmente doutrinas e procedimentos adequados para a implementação de C-UAS?	
E1	Atualmente, está em desenvolvimento um PDE com o objetivo de estabelecer as doutrinas e procedimentos a serem seguidos.
E2	Neste momento encontra-se a ser desenvolvido um PDE que visa definir as doutrinas e procedimentos a adotar.
E3	Não. Para nós estes meios são extremamente recentes não existe uma doutrina comum a todas as U/E/O nem conhecimento para tal. Mas prevejo que haja no futuro. A principal dificuldade que verifico é a formação dos futuros artilheiros ser totalmente virada para a AC. Visto isto provavelmente o maior desafio será reestruturar a formação de forma que os militares consigam sequer saber que existem estes meios e entender a base do funcionamento deles quando chegam às unidades. No dia-a-dia as unidades nem sempre conseguem assegurar essa formação e a “manutenção do conhecimento”

E4	Tenho assistido a várias apresentações sobre sistemas C-UAS, do que tenho conhecimento está para ser criada esta capacidade, pois o exército apenas dispõe de doutrina que ainda está em construção e só será completamente desenvolvida após a aquisição dos sistemas e sua aplicação prática.
E5	O Exército português não possui recursos suficientes para criar doutrina, neste sentido, considero que está a caminhar no sentido de criar doutrina que enquadre a utilização futura de sistemas C-SANT, assim como está a desenvolver projetos para aquisição desses mesmos sistemas, que à data ainda não equipam nenhuma unidade de Artilharia Antiaérea. De referir, que apenas em março de 2025 foi aprovada uma publicação doutrinária sobre C-SANT.
E6	Atualmente, o Exército dispõe apenas de conceitos e manuais iniciais, baseados em experiências de aliados. A doutrina ainda está em construção e só será completamente desenvolvida após a aquisição dos sistemas e sua aplicação prática. Além da doutrina, será necessário formar operadores, adaptar as referências de formação e estabelecer normas de empenhamento, gestão do espaço aéreo e integração legal. É um processo contínuo e multidimensional.

Questão 9 – Quais são os principais desafios táticos que a Artilharia de Campanha enfrenta na implementação dos C-UAS?

E1	Exposição das unidades de artilharia a ataques aéreos; Constante desenvolvimento dos SANTS; Custos avultados; A integração dos sistemas de defesa C-UAS com os sistemas de artilharia existentes pode apresentar desafios logísticos Ataques por enxame (<i>Swarm attack</i>); Restrições de alcance e precisão; Emprego de guerra eletrónica; Detecção e classificação de SANT em cenários hostis, onde múltiplos drones inimigos podem ser lançados ao mesmo tempo; Restrições de alcance e precisão.
E2	Vulnerabilidade das unidades de artilharia a ataques aéreos; Guerra eletrónica; Detecção e classificação de SANT em ambientes hostis, ou seja, onde múltiplos drones hostis podem ser lançados simultaneamente; Limitações de alcance e precisão; A integração logística de sistemas de defesa C-UAS com os sistemas existentes de artilharia pode ser complexa; Em cenários de <i>Swarm attack</i> , os sistemas C-SANT devem ser altamente eficazes para lidar com múltiplos alvos simultaneamente. A defesa contra <i>Swarm attack</i> de SANT pode ser um dos maiores desafios táticos; Custo;
E3	Corresponder aos requisitos NATO nomeadamente: elevada mobilidade tática; Capacidade de proteção em deslocamento e em posições temporárias; Compatibilidade com sistemas C2 e comunicações nacionais ou NATO.
E4	Os desafios incluem: Integração dos sistemas C-UAS nas TTPs existentes (colocação de sensores, rotinas operacionais). Coordenação da mobilidade dos sistemas com a das unidades. Evitar o abate de UAS amigos por erro de

	classificação, o que exige treino e procedimentos claros. Atribuição de responsabilidades, como a inclusão de sistemas portáteis nos esquemas de proteção das baterias.
E5	O principal desafio tático será o modelo de integração da capacidade C-SANT dentro das organizações atuais das unidades de AAA e de que forma será realizado o C2.
E6	Os desafios incluem a integração dos sistemas C-UAS nas TTPs existentes (colocação de sensores, rotinas operacionais), a coordenação da mobilidade dos sistemas com a das unidades e evitar o abate de UAS amigos por erro de classificação, o que exige treino e procedimentos claros. Também se deve ter em conta a dificuldade na atribuição de responsabilidades, como a inclusão de sistemas portáteis nos esquemas de proteção das baterias, e ainda a possibilidade de interferência nos próprios sistemas com <i>jamming</i> ou <i>spoofing</i> mal regulados.
Questão 10 – Qual a sua opinião sobre o desenvolvimento de uma estratégia de defesa multicamadas para C-UAS em Portugal?	
E1	(Sem resposta fornecida)
E2	O desenvolvimento de uma estratégia de defesa multicamadas para C-SANT em Portugal é uma necessidade estratégica, considerando o crescente papel dos SANT no cenário atual. Embora enfrente desafios financeiros, tecnológicos e operacionais, a implementação de uma defesa eficaz contra SANT através de sistemas integrados e resposta coordenada é essencial.
E3	Posicionaria Portugal a um nível semelhante a outros países da EU em termos da proteção contra ameaças aéreas emergentes. Penso que seja altamente recomendável, essencial e coerente com as exigências operacionais contemporâneas, sobretudo no contexto da proteção do território nacional e das nossas infraestruturas críticas.
E4	Tenho assistido a várias apresentações em que os sistemas de defesa vão desde os operadores individuais com <i>drone guns</i> , passando pelos <i>jammers</i> até ao conceito de aplicação da Artilharia Antiaérea como os sistemas canhão. (caso exemplo: Ucrânia);
E5	Se entendo bem, a questão visa a necessidade da existência de vários sistemas C-SANT que garanta a proteção a diferentes altitudes em Portugal? Sendo correta a minha perceção da questão, não vejo como uma prioridade. A probabilidade de uma ameaça SANT em Portugal deverá centrar-se, maioritariamente, em SANTs de classe I NATO. Tudo o que for plataformas das classes II e III apresentam dimensões bastante superiores, e nesse sentido algumas podem ser neutralizadas com recurso a sistemas <i>hard-kill</i> com empregabilidade em outra tipologia de ameaças aéreas. Entendo ser mais importante, numa primeira fase, dotar a AAA de sistemas V-

	SHORAD/SHORAD e MRAD, que permitem a proteção contra um conjunto de ameaças mais diversificado.
E6	O Major defende fortemente a implementação de uma estratégia escalonada ou multicamadas, inspirada na defesa aérea tradicional (V-SHORAD, SHORAD). A ideia é ter diferentes níveis de resposta, desde operadores individuais com <i>drone guns</i> , passando por sistemas canhão e <i>jammers</i> , até mísseis especializados, permitindo flexibilidade e eficácia contra ameaças de diferentes classes e perfis.
Questão 11 – Quais medidas de curto, médio e longo prazo deveriam ser implementadas para fortalecer a defesa da Artilharia de Campanha contra UAS?	
E1	Este projeto tem como objetivo, numa primeira fase, a aquisição de quatro ou mais empasteladores portáteis, um ou mais sensores de radiolocalização portáteis e um sistema de C2. Alguns dos sistemas propostos têm demonstrado alta eficácia na proteção de infraestruturas em ambientes urbanos ou em eventos de grande visibilidade, possibilitando a neutralização de ameaças e a redução de danos colaterais. Esses sistemas irão complementar as capacidades dos atuais sistemas de armas de AAA, como o Sistema Míssil Portátil (SMP) Stinger, e também do futuro Sistema Míssil Ligeiro, que equipará a AAA. Além disso, serão dotados de radares que irão reforçar a ação dos radares de alerta local.
E2	Medidas a curto prazo: Aquisição e implementação de sistemas de C-SANT; Treino dos militares; Realização de exercícios com o objetivo de treinar TTPs C-SANT; Medidas a médio prazo: Aquisição de simuladores e realização de treino simulado; Melhorias na coordenação de defesa aérea. Medidas a longo prazo: Desenvolvimento de tecnologias avançadas de C-SANT; Integração de soluções cibernéticas e guerra eletrônica.
E3	Todas as ditas anteriormente penso que se encaixam em qualquer prazo. Provavelmente a atualização da própria Artilharia de Campanha teria de acontecer para que essa implementação fosse bem-sucedida.
E4	Curto prazo: Aquisição de equipamentos portáteis, formação básica, criação de primeiras doutrinas. Médio prazo: Integração de sistemas maiores (radares, C2), interoperabilidade com defesa aérea, treino avançado. Longo prazo: Doutrina consolidada, produção nacional de sistemas, adaptação contínua aos avanços dos UAS, capacitação da indústria de defesa.
E5	Considero que a curto prazo a participação em subgrupos de trabalho como o NATO <i>Countering Unmanned Aircraft System Working Group</i> (NATO C-UAS

	WG), a partilha de informação com países que também estão numa fase inicial de implementação desta temática (Espanha, França, Bélgica, entre outros) serão a forma mais prática de obter informação sobre que soluções estão disponíveis e qual a visão global de utilização das mesmas. A médio/longo prazo considero importante a criação de cursos nacionais para formação de recursos humanos e a aquisição de sistemas C-SANT.
E6	A curto prazo, deve ser implementada a aquisição de equipamentos portáteis, formação básica, criação de primeiras doutrinas. A médio prazo, a integração de sistemas maiores (radares, C2), interoperabilidade com defesa aérea, treino avançado. E, por fim, a longo prazo, uma doutrina consolidada, produção nacional de sistemas, adaptação contínua aos avanços dos UAS e capacitação da indústria de defesa.
Questão 12 – Como vê a evolução tecnológica dos UAS e a necessidade de adaptação contínua das estratégias de defesa?	
E1	A evolução tecnológica dos UAS tem impactado profundamente as operações militares em todo o mundo, e o Exército/Forças Armadas precisam de estar prontos para adaptar suas estratégias de defesa à medida que essas tecnologias avançam à velocidade da luz.
E2	A evolução tecnológica dos SANT tem sido contínua ao longo dos anos, com avanços significativos que tornam os SANT cada vez mais difíceis de detetar, intercetar e neutralizar. Dado o seu potencial de combate, ataque, vigilância e guerra cibernética, a evolução dos SANT representa um desafio constante para as forças armadas e para as estratégias de defesa. Desta forma, as estratégias de defesa precisam de evoluir de forma igualmente dinâmica para enfrentar as ameaças SANT de uma forma eficaz.
E3	Os UAVs tendencialmente estão a tornar-se ou mais pequenos, ou com maior alcance, ou com maior autonomia, ou uma junção destes 3 fatores. Cada vez mais é possível modular a sua capacidade e torná-los capazes de transportar cargas úteis diversas (munições, explosivos, etc.). Já começamos a ver que nem sempre atuam sozinhos e têm vindo a tornar-se uma ameaça “coletiva” com o desenvolvimento de <i>swarmings</i> coordenados. Posto isto, as estratégias de defesa devem deixar de ser estáticas e passar a integrar um modelo dinâmico, orientado por ciclos curtos de avaliação-adaptação.
E4	A defesa contra UAS exige adaptação contínua , com sistemas atualizáveis e escalonáveis de destacar que a evolução dos UAVs é constante e imprevisível.
E5	A evolução tecnológica dos SANTs tem sido substancialmente mais rápida que o desenvolvimento de sistemas C-SANT, logo as estratégias de defesa terão de ter atualizadas de forma contínua procurando soluções inovadores.

E6	A evolução dos UAS é constante e imprevisível. A defesa contra UAS exige adaptação contínua, com sistemas atualizáveis e escalonáveis. O Major sublinha que a relação entre UAS e C-UAS é um “jogo do gato e rato”, onde cada inovação num lado exige resposta imediata no outro. A obsolescência rápida é um desafio inevitável.
Questão 13 – Considera que Portugal deve investir em sistemas C-UAS próprios ou depender de soluções importadas?	
E1	Neste momento estamos em processo de aquisição de um sistema C-SANT desenvolvido em conformidade com os requisitos e parâmetros técnicos definidos pela NATO. Esta aquisição insere-se no âmbito do reforço das nossas capacidades de defesa e vigilância, nomeadamente no que respeita à proteção contra ameaças provenientes de sistemas aéreos não tripulados, assegurando a interoperabilidade com os sistemas dos nossos aliados e o cumprimento dos standards operacionais da Aliança Atlântica.
E2	Neste momento, acho que Portugal deve investir em sistemas importados que vão de encontro aos requisitos NATO.
E3	A nossa indústria neste sector é uma das mais avançadas na Europa. Contudo, existe uma carência de comunicação eficaz entre as empresas nacionais e as forças armadas. Estas empresas demonstram uma forte disposição para colaborar, e os resultados obtidos quando há uma parceria estreita são, de facto, excelentes. Como mencionado anteriormente, o domínio dos UAS é ainda recente no nosso Exército, o que contribui para a dificuldade das empresas nacionais em antecipar de forma precisa os requisitos e especificações necessárias para este tipo de sistema. No entanto, acredito que, com uma melhoria significativa na comunicação entre o Exército e as empresas, aliada ao contínuo aprimoramento do nosso próprio conhecimento e capacidades, seremos capazes de alcançar resultados excecionais, investindo exclusivamente em soluções nacionais, adaptadas às nossas necessidades específicas.
E4	Portugal já possui empresas nacionais com capacidade de desenvolver sistemas como <i>drone guns</i> e <i>jammers</i> . No entanto, para outros sistemas, como mísseis e sistemas canhão, de momento é impossível não depender de terceiros. O ideal era seria um equilíbrio entre produção nacional e aquisição externa, maximizando a soberania tecnológica dentro das limitações da indústria nacional.
E5	Portugal faz parte da NATO, como tal e face à volatilidade e rápida evolução desta ameaça, considero que será mais interessante procurar soluções que permitam a integração e interoperabilidade com os sistemas dos demais países NATO, permitindo que Portugal seja competitivo e consiga responder aos requisitos NATO nesta temática.

E6	Portugal já possui empresas nacionais com capacidade de desenvolver sistemas como <i>drone guns</i> e <i>jammers</i> . No entanto, para sistemas mais complexos (mísseis, canhões), a dependência externa é inevitável. O ideal seria um equilíbrio entre produção nacional e aquisição externa, maximizando a soberania tecnológica dentro das limitações da indústria nacional.
----	---

Fonte: elaboração própria