

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR  
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS  
CURSO DE ESTADO-MAIOR CONJUNTO  
2024/2025**



**TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO INDIVIDUAL**

**ARTILHARIA ANTIAÉREA NO EXÉRCITO – IMPLICAÇÕES DOS  
SISTEMAS AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A  
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO  
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS  
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL  
REPUBLICANA.**

**Filipa Alexandra Marques da Costa Ferreira  
MAJOR, ARTILHARIA**



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR  
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**ARTILHARIA ANTIAÉREA NO EXÉRCITO –  
IMPLICAÇÕES DOS SISTEMAS AÉREOS NÃO  
TRIPULADOS**

**MAJOR, ARTILHARIA Filipa Alexandra Marques da Costa Ferreira**

Trabalho de Investigação Individual CEMC 24/25

Pedrouços 2025



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR**  
**DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**ARTILHARIA ANTIAÉREA NO EXÉRCITO –**  
**IMPLICAÇÕES DOS SISTEMAS AÉREOS NÃO**  
**TRIPULADOS**

**MAJOR, ARTILHARIA Filipa Alexandra Marques da Costa Ferreira**

Trabalho de Investigação Individual CEMC 24/25

Orientador: Coronel de Artilharia Paulo Manuel da Encarnação Rosendo

Coorientador: Tenente-Coronel de Artilharia Alexis da Fonseca Vicente

Pedrouços 2025



## **Declaração de compromisso Antiplágio**

Eu, **Filipa Alexandra Marques da Costa Ferreira**, declaro por minha honra que o documento intitulado “**Artilharia Antiaérea no Exército – Implicações dos Sistemas Aéreos Não Tripulados**” corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida, enquanto auditora do **Curso de Estado-Maior Conjunto 2024/2025** no Instituto Universitário Militar, e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, **23 de junho de 2025**

Filipa Alexandra Marques da Costa Ferreira



## **Agradecimentos**

A elaboração do presente trabalho de investigação individual não teria sido possível sem a colaboração e apoio de algumas pessoas às quais expresso os meus sinceros agradecimentos e gratidão.

Em primeiro à minha família, por me ter apoiado incondicionalmente e pela motivação constante.

Ao meu orientador Cor ART Paulo Manuel da Encarnação Rosendo e ao meu coorientador TCor ART Alexis da Fonseca Vicente, pelo acompanhamento, conselhos prestados e disponibilidade permanente.

Aos entrevistados, Cor FAP António Luís Beja Eugénio, Cor ART José Carlos Pinto Mimoso, Cor ART Renato Afonso Gonçalves de Assis, Cor ART Simão Pedro da Costa de Sousa, TCor ART Paulo Alexandre Siborro Alves, TCor ART Emanuel Alves de Sousa e TCor José Miguel Sequeira Maldonado que, de forma altamente prestimosa, se mostraram disponíveis desde o primeiro contacto para a concretização desta investigação.

Deixo ainda uma palavra de apreço a todos os camaradas de curso, pela amizade e camaradagem.



## Índice

1. Introdução .....	1
2. Enquadramento teórico e conceptual .....	5
2.1. Estado da Arte.....	5
2.1.1. Capacidade Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados.....	5
2.1.2. Ameaça Sistemas Aéreos Não Tripulados Classe I no Teatro de Operações da Ucrânia.....	6
2.2. Conceitos estruturantes .....	6
2.2.1. Defesa Antiaérea .....	6
2.2.2. Sistemas Aéreos Não Tripulados .....	7
2.2.3. Contra – Sistemas Aéreos Não Tripulados .....	9
2.3. Modelo de análise .....	10
3. Metodologia e Método.....	11
3.1. Metodologia.....	11
3.2. Método.....	11
3.2.1. Participantes e procedimento .....	11
3.2.2. Instrumentos de recolha de dados .....	12
3.2.3. Técnicas de tratamento de dados .....	12
4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados.....	14
4.1. Ameaça dos Sistemas Aéreos Não Tripulados Classe I no Teatro de Operações da Ucrânia.....	14
4.1.1. Caracterização geral.....	14
4.1.2. Características técnicas .....	14
4.1.3. Emprego Tático.....	20
4.1.4. Perspetivas de evolução .....	22
4.2. Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados.....	22
4.2.1. Sensores .....	22
4.2.2. <i>Effectors</i> .....	25
4.2.3. Características dos sensores e <i>effectors versus</i> a ameaça SANT analisada .	28
4.3. Contra – Sistemas Aéreos Não Tripulados na Artilharia Antiaérea portuguesa.....	30



4.3.1. Missões dentro e fora de Território Nacional .....	30
4.3.2. Características dos sensores e <i>effectors</i> para o cumprimento das missões ..	31
4.4. Síntese conclusiva.....	32
5. Conclusões .....	34
Referências Bibliográficas.....	37

### Índice de Apêndices

Apêndice A - Corpo de Conceitos.....	Apd A-1
Apêndice B - Modelo de Proteção e Ciclo de operação C-SANT.....	Apd B-1
Apêndice C - Modelo de Análise .....	Apd C-1
Apêndice D - Lista de Entrevistados .....	Apd D-1
Apêndice E - Guião de Entrevista .....	Apd E-1
Apêndice F - Análise de conteúdo das Entrevistas.....	Apd F-1
Apêndice G - Quadro de características SANT.....	Apd G-1
Apêndice H - Frequências .....	Apd H-1

### Índice de Figuras

Figura 1 - Níveis de atuação da Defesa Aérea.....	7
Figura 2 - Classificação NATO de SANT.....	8
Figura 3 - Elementos do SANT .....	8
Figura 4 - Defesa C-SANT como parte do IAMD .....	9
Figura 5 - Camadas Defensivas C-SANT.....	9
Figura 6 - Relação dos níveis de Autonomia dos SANT e intervenção do Homem .....	18
Figura 7 - Missões desempenhadas pela ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia.....	21
Figura 8 - Modularidade dos SANT FPV .....	21
Figura 9 - Espectro eletromagnético dos sensores .....	23
Figura 10 - Exemplo de sensor Radar ativo .....	23
Figura 11 - Exemplo de sensor EO/IR.....	24
Figura 12 - Exemplo de Sistema <i>RF Jamming</i> .....	25
Figura 13 - Exemplo Sistema Laser .....	26
Figura 14 - Exemplo de Sistema canhão .....	27
Figura 15 - Exemplo de SANT para Colisão.....	28
Figura 16 - Modelo de Proteção C-SANT.....	Apd B-1



Figura 17 - Ciclo de Operação C-SANT ..... Apd B-1

Figura 18 - Frequências GPS e GLONASS..... Apd H-1

### Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Categorias de SANT Classe I.....	14
Gráfico 2 - SANT Classe I do Tipo FPV e LM.....	14
Gráfico 3 - Configuração da amostra .....	15
Gráfico 4 - Dimensão (m).....	15
Gráfico 5 - Velocidade horizontal máxima (m/s).....	16
Gráfico 6 - Altitude máxima (m).....	16
Gráfico 7 - Alcance máximo (km).....	17
Gráfico 8 - Sistemas de Navegação por unidade.....	18
Gráfico 9 - Controlo dos SANT por unidade .....	19

### Índice de Quadros

Quadro 1 - Grupos e percentagem de dados da amostra .....	12
Quadro 2 - Números de SANT Classe I por configuração .....	15
Quadro 3 - Tipos de sensores .....	20
Quadro 4 - Tipo de Armamento .....	20
Quadro 5 - Características para os sensores .....	28
Quadro 6 - Características para os <i>effectors</i> .....	29
Quadro 7 - Modelo de Análise .....	Apd B-1
Quadro 8 - Entidades Entrevistadas.....	Apd D-1
Quadro 9 - Respostas à questão 1 .....	Apd F-1
Quadro 10 - Respostas à questão 2 .....	Apd F-2
Quadro 11 - Respostas à questão 3 .....	Apd F-3
Quadro 12 - Respostas à questão 4.....	Apd F-4
Quadro 13 - Respostas à questão 5 .....	Apd F-5
Quadro 14 - Respostas à questão 6.....	Apd F-6
Quadro 15 - Respostas à questão 7 .....	Apd F-7
Quadro 16 - Respostas à questão 8.....	Apd F-7
Quadro 17 - Características da amostra SANT Classe I do TO da Ucrânia .....	Apd G-1
Quadro 18 - Classificação SANT Classe 1.....	Apd G-3
Quadro 19 - Frequências utilizadas pelos SANT .....	Apd H-1



## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Missões em TN.....	30
Tabela 2 - Missões fora TN .....	31
Tabela 3 - Características e tipologias dos sensores.....	31
Tabela 4 - Características e tipologias dos <i>effectors</i> .....	32



## Resumo

O conflito no Teatro de Operações da Ucrânia tem evidenciado a relevância dos Sistemas Aéreos Não Tripulados de Classe I, enquanto vetor de transformação do campo de batalha. A utilização eficaz destes sistemas pelas partes contendoras em missões de vigilância e ataque, tem exposto por sua vez as limitações dos sistemas de Defesa Aérea quanto à proteção da força. Neste contexto, a presente investigação procurou estudar a necessidade de adaptação da Artilharia Antiaérea do Exército português para enfrentar esta ameaça, através da Capacidade Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT), circunscrita ao vetor material. A investigação seguiu um raciocínio dedutivo assente numa estratégia de investigação qualitativa e num desenho de pesquisa de estudo de caso, através da análise documental e da realização de entrevistas a especialistas. Verificou-se que a ameaça se caracteriza, predominantemente, por sistemas da categoria *Mini*, multirotor, com dimensão mediana de 0,815 metros, velocidades de 28 metros por segundo e alcances medianos de 20 quilómetros, com tendência para a autonomização e emprego em massa. Conclui-se que os sistemas C-SANT deverão integrar uma arquitetura variada de sensores, combinados com *effectors* cinéticos e não cinéticos, com capacidade de atualização tecnológica, de forma a assegurar a eficácia perante a ameaça analisada.

**Palavras-chave:** Artilharia Antiaérea, Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados, Sensores, *Effectors*



**Abstract**

*The conflict in the Ukrainian Theatre of Operations has underscored the importance of Class I Unmanned Aircraft Systems, as a means of transforming the battlefield. The opposing forces' effective employment of these systems in both surveillance and strike missions has, in turn, exposed the limitations of traditional Air Defence systems in providing force protection. In this context, the present research examined the need to adapt the Portuguese Army's Air Defence Artillery in response to this threat, focusing specifically on the Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS) capability, limited to the material dimension. The research adopted a deductive approach, employing a qualitative methodology and a case study design, through document analysis and semi-structured interviews with subject matter experts. The findings indicate that the threat is predominantly characterised by multi-rotor systems within the Mini category, with a median size of 0.815 metres, speeds of 28 metres per second, and median ranges of 20 kilometres, displaying a trend towards increased autonomy and mass deployment. It is concluded that C-UAS systems should comprise a diverse architecture of sensors, integrated with kinetic and non-kinetic effectors, and possess the capacity for technological modernisation to maintain effectiveness against the identified threat.*

**Keywords:** *Air Defence Artillery, Counter Unmanned Aircraft Systems, Sensors, Effectors*



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

### A

AAA Artilharia Antiaérea

### B

BDA *Battle Damage Assessment*

BLOS *Beyond Line of Sight/ Além da linha de vista*

### C

COTS *Commercial Off the Shelf*

C-RAM Contra Rockets, Artilharia e Morteiros

C-SANT Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados

C-sUAS *Counter-small Unmanned Aircraft Systems*

C2 Comando e Controlo

### D

DA Defesa Aérea

DAA Defesa Antiaérea

DoD *Department of Defense*

DPF Divisão de Planeamento de Forças

### E

ED Energia Dirigida

EO Eletro-óticos

EP Exército português

EUA Estados Unidos da América

### F

FA Forças Armadas

FND Forças Nacionais Destacadas

FPV *First Person View*

FRI Força de Reação Imediata

FSS Forças e Serviços de Segurança

### G

GBAD *Ground Based Air Defence*

GCS *Ground Control Station*

GE Guerra Eletrónica

GLONASS *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*



GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
<b>H</b>	
HVE	<i>High Visibility Event/ Evento de Alta Visibilidade</i>
<b>I</b>	
IA	Inteligência Artificial
IAMD	<i>Integrated Air and Missile Defence</i>
IR	Infravermelho
ISR	<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>
ISTAR	<i>Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance</i>
IUM	Instituto Universitário Militar
<b>J</b>	
JCGGBAD	<i>Joint Capability Group on Ground Based Air Defence</i>
<b>L</b>	
LM	<i>Loitering Munition</i>
LOS	<i>Line of Sight / Linha de vista</i>
LSS	<i>Low Slow and Small</i>
<b>M</b>	
MALE	<i>Medium Altitude Long Endurance</i>
Md	Mediana
<b>N</b>	
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
NEP/INV	Normas de Execução Permanente/Investigação
<b>O</b>	
OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
<b>P</b>	
PEFSM	Plano de Emprego de Forças para a Segurança Militar
PSY	Psicológica
<b>Q</b>	
QC	Questão Central
QD	Questão Derivada



**R**

RCS	<i>Radar Cross Section</i>
RF	<i>Radio Frequency / Rádio Frequência</i>
ROE	<i>Rules of Engagement / Regras de Empenhamento</i>
RWS	<i>Remote Weapon Systems</i>

**S**

SA	<i>Situational Awareness</i>
SANT	Sistemas Aéreos Não Tripulados

**T**

TII	Trabalho de Investigação Individual
TN	Território Nacional
TO	Teatro de Operações

**V**

VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VSHORAD	<i>Very Short Range Air Defense</i>



## 1. Introdução

O início da utilização de Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) remonta à Primeira Guerra Mundial, com os primeiros “drones” desenvolvidos pelo *British Royal Flying Corps* cuja finalidade visava atacar os dirigíveis alemães (Molloy, 2024). Desde então, teve uma ascendência evidenciada nos conflitos recentes no Médio Oriente, como as guerras do Iraque e Afeganistão, onde os SANT se revelaram essenciais para o *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* (ISR) e para o apoio direto às forças da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO). Na segunda guerra Nagorno-Karabakh, o Azerbaijão demonstrou que o uso de *loitering munitions* (LM) (Apêndice A) e de SANT, como o *Bayraktar TB2*, permitiu manter a superioridade aérea através da destruição dos meios de Defesa Aérea<sup>1</sup> (DA) e de Guerra Eletrónica (GE) arménios (Antal, 2023).

As operações de combate realizadas com recurso à utilização de SANT tomaram uma nova proporção no conflito de alta intensidade em curso no Teatro de Operações (TO) da Ucrânia, onde os SANT se tornaram uma arma essencial para as Forças Armadas (FA) Ucranianas obterem uma vantagem assimétrica sobre as forças russas (Molloy, 2024). Na fase inicial do conflito foram utilizados pelas partes contendoras, SANT Classe III da categoria *Medium Altitude Long Endurance* (MALE), para missões *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance* (ISTAR) assim como na realização de ataques na profundidade do campo de batalha. Porém, pelo facto de nenhuma das partes ter conseguido estabelecer superioridade aérea devido à eficácia dos respetivos sistemas de DA, a Ucrânia e a Federação da Rússia<sup>2</sup> recorreram à utilização de SANT Classe I. Estes sistemas, maioritariamente de origem comercial (*Commercial Off the Shelf* - COTS) com capacidade *multi-role*<sup>3</sup>, têm-se revelado fundamentais para as missões de ISR, *Battle Damage Assessment* (BDA), para a regulação do tiro de artilharia e para a realização de ataques diretos contra forças e equipamentos recorrendo, por exemplo, aos SANT Classe I – do tipo *First Person View*<sup>4</sup> (FPV) (Blakcori et al., 2024).

Os SANT Classe I caracterizam-se, genericamente, pelas suas pequenas dimensões, diminuta assinatura radar e baixa altitude de operação (Joint Capability Group on Ground Based Air Defence [JCGGBAD], 2013).

Os sistemas tradicionais de DAA estão vocacionados para o combate às ameaças

---

<sup>1</sup> A DA integra: Operações Defensivas de Luta Aérea, Defesa Antiaérea (DAA) e a Autodefesa de Antiaérea - Capítulo 2.

<sup>2</sup> Doravante designada por Rússia.

<sup>3</sup> Desempenho de diferentes missões mediante configuração.

<sup>4</sup> SANT pilotado por controlo remoto com transmissão de vídeo em direto, extremamente manobrável e veloz.



aéreas de maiores dimensões, sendo eficazes contra SANT Classe II e Classe III. Dos diversos estudos realizados pela NATO através do seu JCGGBAD desde 2013, têm sido procuradas soluções no âmbito dos sistemas Contra SANT (C-SANT) e a sua integração na arquitetura de DAA (JCGGBAD, 2019). Recentemente, os *Capability Codes e Capability Statements* da NATO (2023), reforçam que as unidades de Artilharia Antiaérea (AAA) deverão ter, ao nível dos seus sistemas de *Very Short Range Air Defense* (VSHORAD) a capacidade para destruir, anular ou reduzir a ameaça SANT Classe I<sup>5</sup>, ou possuir sistemas C-SANT.

A AAA do Exército português (EP) encontra-se equipada com sistemas VSHORAD<sup>6</sup>, todavia com lacunas quanto à capacidade de deteção e neutralização de SANT Classe I, contrariamente aos de Classe II e III, sendo necessário tomar medidas para ir ao encontro dos *Capability Codes e Capability Statements* da NATO em vigor e, conseqüentemente, ser possível realizar a proteção da força contra esta ameaça. Neste seguimento, o EP iniciou a edificação da Capacidade (Apêndice A) C-SANT, cujo conceito inicial foi aprovado em 2023. No conceito, encontram-se plasmadas oito linhas de ação, uma referente à observação e monitorização, para acompanhamento da evolução dos SANT, em geral, e da ameaça SANT, em particular, bem como das tendências de desenvolvimento de sistemas C-SANT, e outra linha referente ao desenvolvimento da Capacidade através da elaboração de planos necessários à sua implementação, à identificação de requisitos operacionais e especificações técnicas (Divisão de Planeamento de Forças [DPF], 2023).

Destarte, a temática em estudo assume particular relevância, na medida em que visa analisar a necessária Capacidade C-SANT, quanto ao vetor material, para fazer face à atual ameaça SANT Classe I, tomando como exemplo a existente no TO da Ucrânia, com o desiderato de identificar as características dos sistemas mais apropriadas para a AAA do EP. O presente Trabalho de Investigação Individual (TII), inserido no domínio científico das Ciências Militares, enquadrado na área nuclear de investigação de Técnicas e Tecnologias Militares, concretamente na subárea “Integração de Sistemas de Armas<sup>7</sup>”, teve como objeto de estudo o vetor de desenvolvimento material da Capacidade C-SANT para a AAA do EP.

Por conseguinte, a investigação foi delimitada quanto aos domínios: temporal, espacial e conteúdo (Santos & Lima, 2019). A delimitação do objeto de estudo no domínio temporal,

---

<sup>5</sup> *Low Slow and Small* (LSS).

<sup>6</sup> Sensores: Radar PSTAR; Armas: Sistema Míssil Portátil STINGER.

<sup>7</sup> Linha de Investigação n.º 214 do Anexo A – Taxonomia das Linhas de Investigação do Instituto Universitário Militar (IUM) (Despacho do Comandante do IUM n.º 17/2024, de 15 de fevereiro).



restringiu-se ao período compreendido entre o início da invasão da Ucrânia pela Rússia, a 24 de fevereiro de 2022, até à data da conclusão da investigação, a 30 de abril de 2025. Especialmente, a investigação foi delimitada ao TO da Ucrânia quanto à ameaça SANT, por ser considerado o TO onde tem aumentado consideravelmente em número, tecnologia e forma de emprego, “trazendo consigo grandes desafios à proteção das forças terrestres pelos meios de AAA” (Davis Jr & Borsari, 2023, p. 22), e à NATO quanto ao desenvolvimento da Capacidade C-SANT. No que ao conteúdo diz respeito, a investigação foi delimitada aos SANT Classe I por serem uma ameaça que os atuais sistemas de AAA do EP não têm capacidade de combater, obrigando a uma consequente necessidade de adaptação que passa pela edificação da Capacidade C-SANT. Ainda neste domínio, a investigação foi delimitada quanto ao vetor de desenvolvimento material, com foco nos subsistemas sensores e *effectors*, ficando excluído da investigação o subsistema Comando e Controlo (C2).

A investigação tem como Objetivo Geral (OG) analisar as características dos sistemas C-SANT necessárias para a sua integração na AAA do EP. Com o propósito de alcançar o OG, foram deduzidos três Objetivos Específicos (OE), nomeadamente:

OE1 - Analisar a ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia quanto às suas características técnicas, emprego tático e tendências evolutivas.

OE2 - Analisar as características dos sistemas C-SANT necessárias para combater a ameaça SANT Classe I existente no TO da Ucrânia.

OE3 - Analisar as missões passíveis de serem desempenhadas pela Capacidade C-SANT da AAA do EP, quanto às características necessárias dos sistemas para o seu cumprimento.

Por conseguinte, deduziu-se como Questão Central (QC): Quais as características necessárias dos sistemas C-SANT para a AAA do EP combater a ameaça SANT Classe I, semelhante à ameaça existente no TO da Ucrânia? Decorrente do OG, e respetivos OE, foram formuladas as seguintes Questões Derivadas (QD):

QD1 - Como se caracteriza a ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia?

QD2 - Quais as características dos sistemas C-SANT necessárias para combater a ameaça SANT Classe I existente no TO da Ucrânia?

QD3 - Quais as missões que a Capacidade C-SANT da AAA do EP deverá desempenhar?

O trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos, iniciando-se com a presente introdução. O segundo capítulo apresenta o estado da arte e os conceitos estruturais necessários para a compreensão da temática em apreço, seguindo-se o terceiro capítulo



alusivo à metodologia e método seguidos na investigação. O quarto capítulo, cerne da investigação, apresenta os dados e efetua a discussão dos resultados obtidos, respondendo às QD e QC, terminando com o quinto capítulo onde são apresentadas as conclusões, os contributos para o conhecimento, as limitações da investigação e uma proposta de estudos futuros.



## 2. Enquadramento teórico e conceptual

O presente capítulo visa apresentar o estado da arte, os conceitos estruturantes e o modelo de análise da investigação.

### 2.1. Estado da Arte

#### 2.1.1. Capacidade Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados

O primeiro estudo sobre o desenvolvimento da Capacidade C-SANT na NATO, dirigido pelo JCGGBAD, traduziu-se no relatório final do *SG170 On Engagment of LSS Aerial Targets by Ground Based Air Defence* (GBAD), em 2013, que apontava para a necessidade de desenvolvimento de sistemas específicos para as unidades de DAA fazerem face à ameaça SANT Classe I. Sequencialmente, outros estudos foram apresentados em 2015<sup>8</sup>, 2017<sup>9</sup> e 2019<sup>10</sup> relativos ao desenvolvimento de sensores, *effectors* e à nova arquitetura de sistemas de DAA, incluindo a integração dos sistemas C-SANT, contribuindo para o *Integrated Air and Missile Defence* (IAMD) (Apêndice A).

Ao nível do desenvolvimento da Capacidade C-SANT das nações aliadas, pode tomar-se como exemplo os Estados Unidos da América (EUA), que através do Exército iniciou o desenvolvimento em 2016 através do lançamento da estratégia C-SANT. Esta visava coordenar os esforços para o desenvolvimento da Capacidade C-SANT no ramo, baseando-se nos vetores Doutrina, Organização, Treino, Material, Liderança, Pessoal, Infraestruturas e Interoperabilidade (US Army, 2016). Com o evoluir da ameaça SANT, em particular da Classe I, foi criado em 2019 o *Joint Counter-small Unmanned Aircraft Systems* (C-sUAS) *Office* vocacionado para liderar, sincronizar e supervisionar o desenvolvimento da Capacidade C-SANT de menores dimensões, a fim de estabelecer uma arquitetura comum nas FA Americanas. Consequentemente, foi apresentada em 2021 uma Estratégia C-sUAS, elaborada pelo *Department of Defence* (DoD) dos EUA (DoD, 2021). Decorrente dos vários cenários de conflito em curso, onde a evolução e o emprego da ameaça SANT tem demonstrado a urgente necessidade de proteção de forças e infraestruturas, foi assinada em dezembro de 2024 uma nova Estratégia, dirigida para o desenvolvimento e aquisição de sistemas C-SANT (DoD, 2024).

Relativamente à realidade nacional, o EP iniciou a edificação da Capacidade C-SANT, com a aprovação do Conceito Inicial em 2023. Consta como linha de ação no conceito, o desenvolvimento da Capacidade através da elaboração de planos necessários à sua

---

<sup>8</sup> SG 188 *Study on GBAD sensors mix optimisation study for emerging threats.*

<sup>9</sup> SG 200 *On LSS threat effectors.*

<sup>10</sup> SG 220 *GBAD Operations in the 21st Century.*



implementação e à identificação de requisitos operacionais e especificações técnicas (DPF, 2023) para os materiais a adquirir.

### 2.1.2. Ameaça Sistemas Aéreos Não Tripulados Classe I no Teatro de Operações da Ucrânia

No que diz respeito ao impacto da atual ameaça SANT Classe I e aos sistemas C-SANT existentes, vários autores têm analisado o decorrer do conflito Rússia-Ucrânia, identificando lições e apresentando propostas.

Borsari & Davis Jr. (2023) afirmam que o conflito Rússia-Ucrânia, veio demonstrar o papel crucial dos SANT no campo de batalha, sendo considerado o primeiro conflito de grande escala em que estes sistemas são utilizados de forma massiva. Apresentam recomendações para a NATO quanto ao desenvolvimento da Capacidade C-SANT, de onde se destacam, no âmbito da vertente material, dois pontos. O primeiro, relativo à adoção em escala em todas as FA da referida Capacidade, a fim de garantir a DA de forças e áreas. Como segundo ponto, recomendam a combinação por camadas de *effectors* cinéticos e não cinéticos, destacando os *effectors* de Energia Dirigida (ED) e GE, os sistemas móveis de DAA de curto alcance e sistemas Contra *Rockets*, Artilharia e Morteiros (C-RAM).

Renic e Christensen (2024), analisam de igual forma o papel dos SANT no conflito Rússia-Ucrânia, destacando a importância da utilização de SANT Classe I, como sistemas com melhor custo-benefício, que têm causado elevados danos a sistemas de armas ou forças a custos muito inferiores, quando comparados com a utilização de sistemas de armas tradicionais. Destacam os esforços que têm sido feitos para o desenvolvimento e incorporação de Inteligência Artificial (IA) nos SANT Classe I permitindo a sua autonomização (Apêndice A) quanto à seleção e empenhamento sobre alvos. No âmbito da Capacidade C-SANT existente no TO, apontam para a GE como uma capacidade crítica utilizada nos *effectors*, que reflete o investimento dos contendores nestes meios. Contudo, alertam para a necessidade de diversificação dos *effectors* e para o desenvolvimento de sistemas AAA mais baratos, sugerindo o sistema C-SANT *Slinger*, cujo *effector* é um sistema canhão de 30 mm, capaz de destruir SANT a 800 m de distância.

## 2.2. Conceitos estruturantes

### 2.2.1. Defesa Antiaérea

A DA compreende as medidas ativas e passivas, assim como os respectivos meios, destinados a anular ou reduzir a eficácia dos ataques hostis executados pela ameaça aérea, a fim de permitir a liberdade de ação das forças amigas e assegurar a proteção de meios e instalações críticas. As medidas ativas são realizadas pelos sistemas de C2, sensores,

sistemas de comunicações e sistemas de armas, com a finalidade de detetar, identificar, intercetar e destruir a ameaça aérea, ao passo que, as medidas passivas são técnicas e/ou procedimentos realizados pelas forças visando aumentar o seu grau de sobrevivência perante a ameaça aérea, como a camuflagem (EP, 2016). Compreende três níveis de atuação, Figura 1, num sistema coordenado e sincronizado, onde se encontra como nível intermédio a DAA. Esta é realizada por meios específicos de AAA cuja “responsabilidade primária é manter a liberdade de ação e proteger os elementos críticos da força, prevenindo ataques aéreos e destruindo, anulando ou reduzindo a eficácia da ameaça aérea” (EP, 2016, pp. 1–2).



**Figura 1 - Níveis de atuação da Defesa Aérea**

Fonte: Exército português (2016, pp. 1–2)

### 2.2.2. Sistemas Aéreos Não Tripulados

A NATO (2019) define SANT como um sistema cujos componentes incluem um veículo aéreo não tripulado (VANT), a rede de suporte e todo o equipamento e pessoal necessários para controlar o VANT. A evolução tecnológica dos SANT tem contribuído para o aumento da sua utilização ao nível militar, tendo estes sistemas passado a desempenhar mais missões para além do ISR, tais como aquisição de alvos e ataque (Bolsari & Davis Jr., 2023).

A doutrina americana acresce ainda como missões dos SANT: (i) *Situational Awareness* (SA); (ii) Repetição de comunicações; (iii) *Weapon delivery*, podendo efetuar ataques contra alvos terrestres quando equipados com munições, ou como LM; (iv) Apoio de fogos - regulação dos fogos indiretos; (v) Guerra psicológica (PSY), sendo a sua utilização capaz de causar pânico entre as forças oponentes (U.S. Army, 2023).

Os SANT são classificados em três classes, de acordo com o seu peso, alcance e altitude de voo, entre outros fatores, conforme espelhado na Figura 2 (NATO, 2019).

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

Figura 2 - Classificação NATO de SANT

Fonte: NATO (2019, pp. 2–2)

São constituídos por vários elementos: (i) VANT – uma ou mais aeronaves não tripuladas, controladas remotamente ou autónomas; (ii) Operador – operador e respetiva *Ground Control Station* (GCS), podendo consistir num smartphone ou tablet e/ou numa unidade de controlo de voo portátil; (iii) *Payload* – carga útil associada, podendo consistir em sensores e/ou armamento, consoante a missão; iv) *Link* – a ligação<sup>11</sup> de controlo e dados entre a GCS e o VANT, efetuada através de radiofrequência, permitindo, consoante o caso, transmitir e receber sinais de orientação, bem como a operação do *payload*; v) Logística – um elemento de apoio logístico (NATO, 2025). A Figura 3 representa de forma esquemática, os referidos elementos.

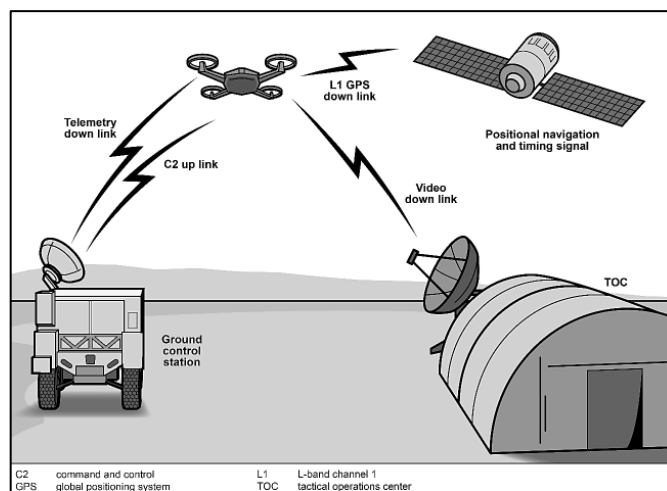


Figura 3 - Elementos do SANT

Fonte: U.S. Army (2023, pp. 1–4)

<sup>11</sup> Ligação estabelecida diretamente entre a GCS e o VANT (*Line of Sight* - LOS) ou indiretamente (*Beyond Line of Sight* - BLOS).

### 2.2.3. Contra – Sistemas Aéreos Não Tripulados

A defesa C-SANT enquadra-se no IAMD, Figura 4, podendo integrar a arquitetura de sistemas na DAA, contribuindo para a proteção da força em operações militares, e em operações de segurança e defesa do território nacional (TN), se necessário (JCGGBAD, 2013). Assenta num modelo de proteção (Apêndice B) que tem por base o SA, e três pilares de atuação, nomeadamente: (i) Prevenção; (ii) Resposta; e (iii) Pós-Evento. O modelo de proteção compreende a realização das atividades do ciclo de operações C-SANT mediante o momento em que são desempenhadas. Como exemplo, no SA são realizadas as atividades: i) Detecção e ii) Seguimento e Identificação (NATO, 2025).

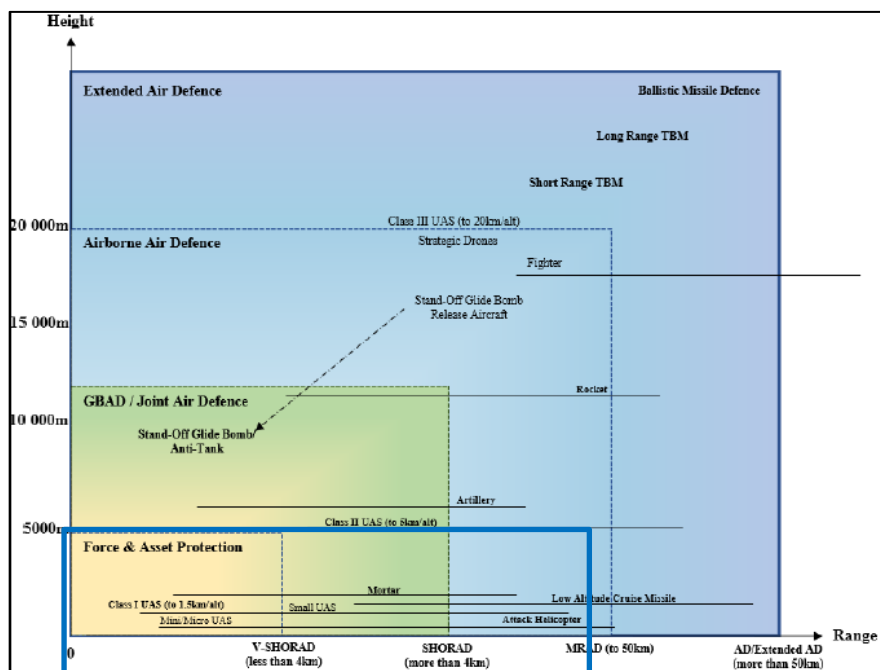


Figura 4 - Defesa C-SANT como parte do IAMD

Fonte: NATO (2025, pp. 1–4)

À semelhança dos sistemas de AAA, os sistemas C-SANT visam destruir, anular ou reduzir a ameaça SANT e são constituídos pelos subsistemas: i) Sensores; ii) *Effectors*; iii) C2 (JCGGBAD, 2019). A defesa C-SANT deve ser realizada através da criação de camadas defensivas (*Outer, Middle, Inner*) a fim de se tornar mais eficaz contra ameaça (JCGGBAD, 2017), conforme Figura 5.

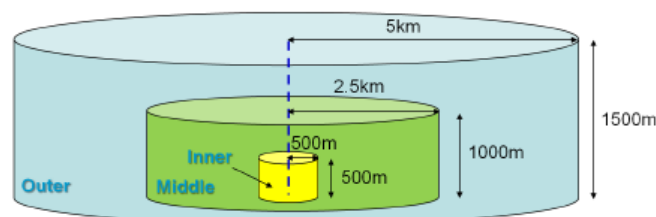


Figura 5 - Camadas Defensivas C-SANT

Fonte: JCGGBAD (2017, p. 58)



#### 2.2.3.1. Sensores

Subsistema vocacionado para a deteção da ameaça SANT, constituído por sensores dedicados ou não dedicados, que contribuem para o aviso prévio às forças amigas e aos restantes subsistemas C-SANT, no mais curto espaço de tempo. Contribuem para a realização das atividades do ciclo de operações C-SANT: Deteção, Seguimento e Identificação (NATO, 2025).

#### 2.2.3.2. *Effectors*

Subsistema vocacionado para a neutralização (Apêndice A) da ameaça SANT, impedindo as suas ações sobre as nossas forças e/ou infraestruturas, podendo ser constituído por meios de resposta cinéticos (*hard-kill*) ou não cinéticos (*soft-kill*) (JCGGBAD, 2017). Os *effectors* contribuem para a realização da atividade do ciclo de operações C-SANT: Mitigação (NATO, 2025).

### **2.3. Modelo de análise**

Para a consecução da investigação seguiu-se o modelo de análise constante no Apêndice C, onde se encontram vertidos os conceitos estruturantes, as dimensões dos mesmos, variáveis e indicadores utilizados.



### **3. Metodologia e Método**

O presente capítulo visa explicar a metodologia e o método que nortearam o curso da investigação.

#### **3.1. Metodologia**

A metodologia adotada para a investigação teve como base as Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação (Santos & Lima, 2019), assim como as Normas de Execução Permanente/Investigação (NEP/INV) em vigor no IUM, particularmente a NEP/INV 001 (IUM, 2024), a NEP/INV 003 (IUM, 2020), e as *Normas de Autor no IUM* (Fachada, Ranhola, Marreiros, & Santos, 2020).

Para a presente investigação foi adotado um raciocínio dedutivo, tendo como base o estudo da ameaça SANT Classe I existente no TO da Ucrânia, para formular princípios em apoio da determinação das características (Santos & Lima, 2019) dos sistemas C-SANT que melhor se enquadram na AAA do EP, de acordo com as missões passíveis de serem desempenhadas. Recorreu-se à estratégia qualitativa (Creswell & Creswell, 2018), através da análise documental de diferentes fontes bibliográficas de índole nacional e estrangeira, e da recolha de dados derivados da aplicação de entrevistas com o objetivo de estabelecer um conjunto de factos convergentes. O desenho de pesquisa teve por base o estudo de caso por ser o “procedimento metodológico através do qual o investigador procura recolher informação detalhada sobre uma única unidade de estudo” (Santos & Lima, 2019) concretizando-se no estudo dos sistemas C-SANT para a AAA do EP.

#### **3.2. Método**

##### **3.2.1. Participantes e procedimento**

O percurso metodológico desenvolveu-se em duas fases sequenciais, tendo a primeira fase resultado na elaboração do projeto de investigação, e a segunda fase no presente TII.

Na primeira fase, procurou-se enquadrar e delimitar o tema, assim como estabelecer o corpo de conceitos, identificando as fontes primárias e secundárias de informação a pesquisar. A revisão da literatura preliminar permitiu formular o problema e definir o objeto de investigação e os respetivos objetivos (OG e OE) e, por conseguinte, elaborar um primeiro esboço do modelo de análise e selecionar o procedimento metodológico de investigação mais apropriado.

No que concerne à segunda fase, constituiu-se uma amostra não probabilística intencional (Pardal & Correia, 1995) tendo sido aplicado um guião de entrevista a sete entrevistados (Apêndice D) pela reconhecida experiência e conhecimento sobre o conflito em curso no TO da Ucrânia, bem como no âmbito dos sistemas C-SANT e sua aplicação no



EP. Considera-se a amostra representativa, tendo em conta a especificidade da temática em apreço.

### 3.2.2. Instrumentos de recolha de dados

Os instrumentos metodológicos utilizados para a recolha de dados foram a análise documental e a entrevista. A análise documental, assente em documentos oficiais, em vários relatórios e artigos científicos, permitiu constituir a base teórica da investigação. Para o estudo da ameaça foi constituída uma amostra composta por 69 SANT existentes no TO da Ucrânia, para o estudo quanto à diversidade de características presente nesta ameaça, traduzindo-se no Quadro 17 constante no Apêndice G. Foram realizadas sete entrevistas semiestruturadas (Sarmiento, 2013) através da aplicação de um guião (Apêndice E) constituído por oito questões, as primeiras duas, direcionadas para a recolha de dados para a QD1 e as restantes seis para a QD3.

### 3.2.3. Técnicas de tratamento de dados

Para a recolha das características técnicas da amostra e posterior análise, foram definidos quatro grupos, demonstrado no Quadro 1. Não tendo sido possível obter informação sobre a totalidade das características técnicas, considerou-se para a análise dos dados recolhidos, que valores inferiores a 50%, não originariam resultados representativos. Motivo pelo qual a análise da altitude operacional da ameaça ter sido excluída (somente 27% de dados recolhidos). A análise dos dados foi feita com base no conceito de estatística descritiva mediana (Md), procurando obter resultados com o menor erro possível, derivados de valores extremos.

Quadro 1 - Grupos e percentagem de dados da amostra

Grupos	Característica	Percentagem de dados na amostra
I-Físicas	Peso	72%
	Configuração	100%
	Dimensão	77%
II-Cinemática	Velocidade horizontal máxima	75%
	Altitude máxima	57%
	Altitude operacional	27%
	Alcance máximo	88%
III- Navegação e Controlo	Sistema de navegação	52%
	Controlo	53%
	Comunicações	50%
IV- Payload	Sensores /Armamento	100%



Os dados provenientes das entrevistas semiestruturadas foram analisados de acordo a metodologia de Sarmiento (2013) referente à análise de conteúdo, denominada por análise categorial, tendo para tal sido estabelecidas as respetivas categorias, unidades de registo e elaborados os quadros de análise de conteúdo relativos a cada questão, constantes no Apêndice F.

#### 4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

O presente capítulo visa apresentar os dados recolhidos e a discussão dos resultados.

##### 4.1. Ameaça dos Sistemas Aéreos Não Tripulados Classe I no Teatro de Operações da Ucrânia

É transversal a opinião dos entrevistados (Apêndice F) quanto à consideração da ameaça SANT Classe I existente no TO da Ucrânia como uma ameaça para a qual o EP deverá planejar o seu combate na edificação da Capacidade C-SANT. Por conseguinte, surge como necessidade caracterizar a ameaça quanto às suas características técnicas, emprego tático e tendência de evolução.

###### 4.1.1. Caracterização geral

A ameaça SANT Classe I<sup>12</sup> no TO da Ucrânia é constituída por uma panóplia de sistemas COTS e sistemas de origem militar<sup>13</sup>. De acordo com a análise da amostra e respetiva classificação como Classe I<sup>14</sup>, verifica-se que a categoria *Mini* é a mais representativa, Gráfico 1. Os 3%<sup>15</sup>, constantes no Gráfico 1, dizem respeito a sistemas cujas características recolhidas foram insuficientes para a atribuição de uma subclasse, no entanto, por serem referidos pelas fontes como FPV COTS, foram considerados como Classe I. Ainda dentro desta classe, no que à tipologia diz respeito - Gráfico 2 - 30% são do tipo FPV (73% enquadram-se na categoria *Mini*) e 13% são LM.

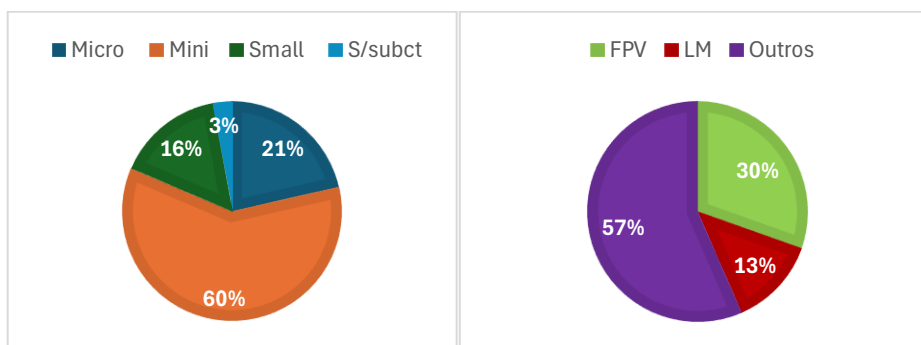


Gráfico 1 - Categorias de SANT Classe I Gráfico 2 - SANT Classe I do Tipo FPV e LM

###### 4.1.2. Características técnicas<sup>16</sup>

###### 4.1.2.1. Físicas

A amostra foi analisada quanto às características físicas: configuração e dimensão.

<sup>12</sup> Doravante designada nos subcapítulos 4.1, 4.2 e 4.3 por SANT para simplificação da leitura.

<sup>13</sup> Construídos especificamente para aplicação militar.

<sup>14</sup> Através da análise da característica física Peso.

<sup>15</sup> As percentagens correspondem à diversidade e não quantidade.

<sup>16</sup> Resultam da análise dos dados constantes no Apêndice G.

A configuração pode ser descrita com base no mecanismo de voo, designadamente: (i) Asa fixa; (ii) Multirotor; ou (iii) Híbrido (Ariante & Del Core, 2025). Analisada a configuração dos sistemas em 100% da amostra, Gráfico 3, os sistemas multirotor são os que apresentam maior frequência, sendo que a categoria que os apresenta em maior quantidade é a *Mini*, seguida da *Micro*, Quadro 2.

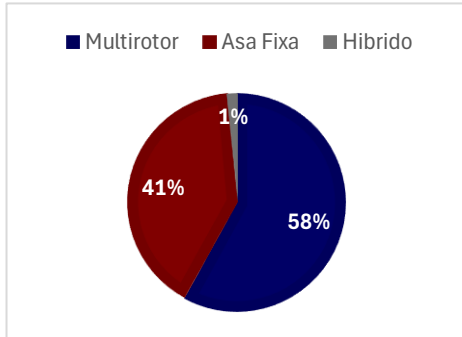


Gráfico 3 - Configuração da amostra

**Quadro 2 - Números de SANT Classe I por configuração**

SANT Classe I	Categoria	Multirotor	Asa Fixa	Híbrido
	Micro	15	0	0
	Mini	21	19	1
	Small	2	9	0
	S/subcl	2	0	0
	Total	40	28	1

A dimensão é um dos fatores que contribui para a medição do *Radar Cross Section* (RCS) (Apêndice A) de um objeto (Toomay & Hannen, 2004). Para este campo, verifica-se que em 77% da amostra, os valores variam entre os 0,169 m do SANT Micro *D40* (LM) e 3,6 m do SANT *Mini FlyEye*, Gráfico 4. O valor de Md é 0,815 m.

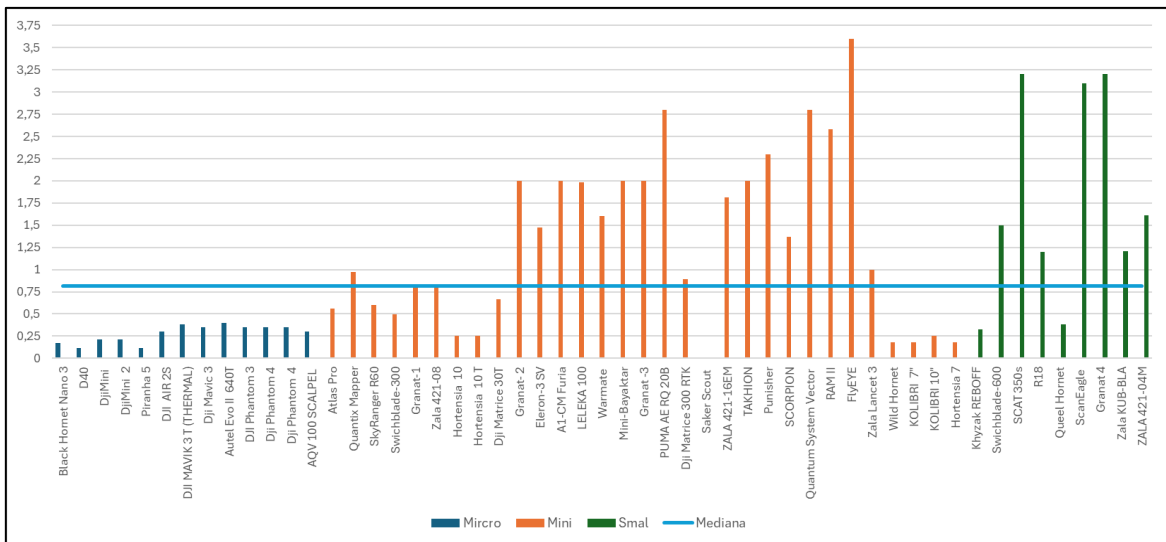


Gráfico 4 - Dimensão (m)

#### 4.1.2.2. Cinemáticas<sup>17</sup>

Neste grupo foram analisadas a velocidade horizontal, altitude e alcance máximos.

Quanto à velocidade horizontal máxima, verifica-se que em 75% da amostra, os valores variam entre os 6 m/s do SANT Micro *Black Hornet Nano 3* e 61 m/s do SANT Micro *Piranha 5* (FPV), Gráfico 5. Os SANT FPV são os que apresentam valores mais

<sup>17</sup> Ramo da física que ocupa com o estudo do movimento dos corpos.



elevados sendo a sua variação compreendida entre os 22 m/s e os 61m/s. O valor de Md da amostra é 28 m/s.

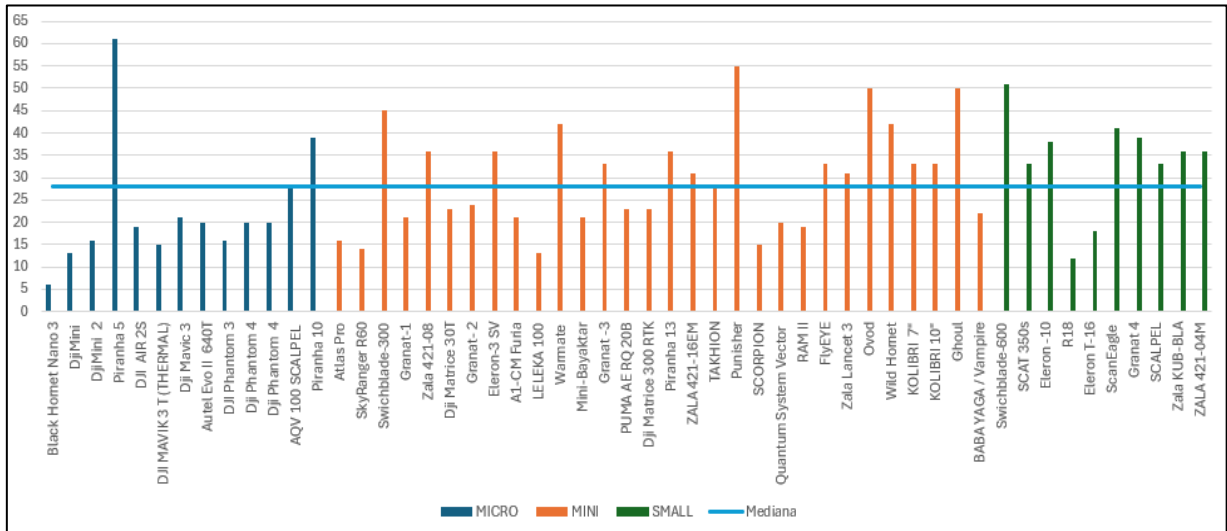


Gráfico 5 - Velocidade horizontal máxima (m/s)

Em 57% da amostra, os valores da altitude variam entre os 50 m do SANT Micro *Black Hornet Nano 3* e 6000 m do SANT Micro *DJI Mavic 3*, Gráfico 6. O valor de Md é 4000 m.

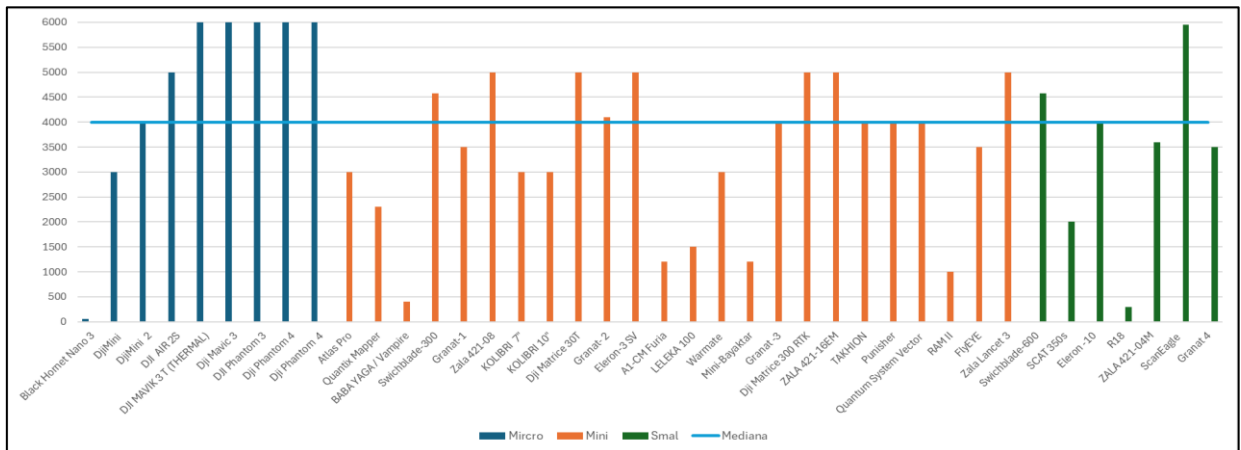


Gráfico 6 - Altitude máxima (m)

Relativamente ao alcance máximo, constata-se que em 88% da amostra, os valores variam entre os 2 km do SANT Micro *Black Hornet Nano 3* e 200 km do SANT *Mini FlyEye*, Gráfico 7. O valor de Md é 20 km.

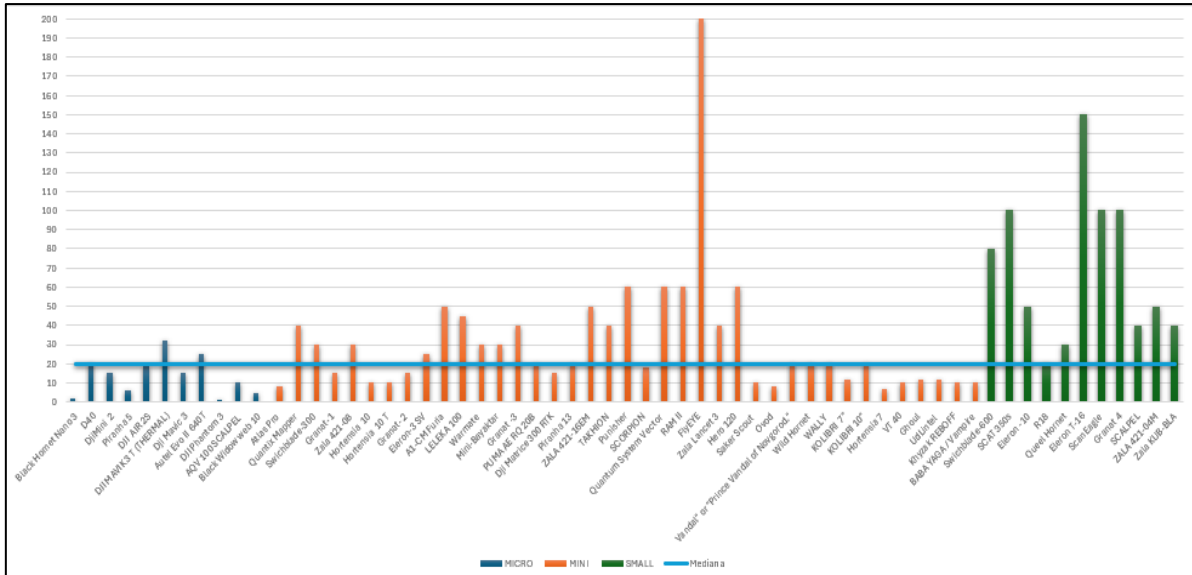


Gráfico 7 - Alcance máximo (km)

#### 4.1.2.3. Navegação e Controle

No que concerne ao terceiro grupo, a amostra foi analisada quanto aos Sistemas de Navegação, Controle e Comunicações.

Os sistemas de navegação servem para a programação do voo, localização e posicionamento do sistema, voo autônomo e detecção de alvos. A navegação pode ser realizada sob duas formas: (i) Com *Global Navigation Satellite System* (GNSS) (Apêndice A); (ii) Sem GNSS. A navegação com GNSS proporciona uma elevada precisão na determinação da localização do SANT. A navegação sem GNSS pode ser realizada por sistemas de navegação inercial e por sistemas de navegação apoiada por imagem<sup>18</sup> (Markarian & Staniforth, 2021) entre outros. Pode ainda ser considerado o sistema de navegação (e controle) por filamento, conforme se verifica no TO da Ucrânia como alguns SANT FPV (Watling & Reynolds, 2025). Da análise de 52% da amostra, é possível verificar que o sistema de navegação com recurso ao *Global Positioning System* (GPS) (único ou combinado) é comum em 45% dos SANT, seguindo-se a combinação GPS+ *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) com 27%, Gráfico 8, existindo também SANT sem GNSS. Os sistemas filoguiados correspondem aos SANT FPV, como *Prince Vandal of Novgorod*.

<sup>18</sup> Com recurso a sensores Eletro-óticos (EO) e infravermelhos (IR) para gerar imagens do terreno a três dimensões, em conjunto com a análise de mapas pré-carregados (Markarian & Staniforth, 2021).

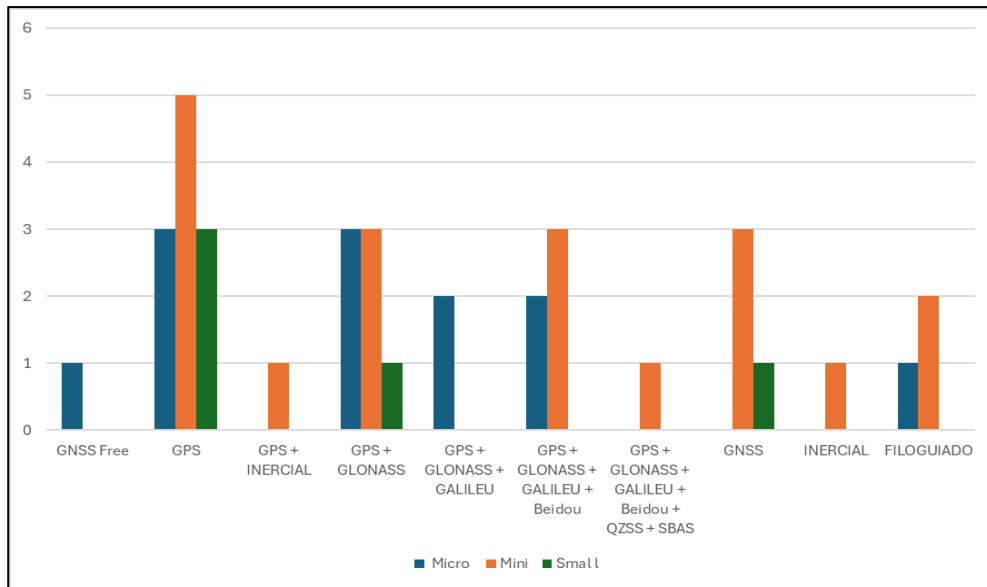


Gráfico 8 - Sistemas de Navegação por unidade

O Controlo da navegação e operação dos SANT pode variar de acordo com o nível de autonomia do sistema, Figura 6, em que no nível mais baixo o operador controla o sistema, e no mais alto não tem qualquer interferência. O nível de autonomia do SANT é possível pela introdução de componentes com IA, como o *machine vision*<sup>19</sup> (Bondar, 2025; Costa, 2024).

Autonomy Levels		Human Control
Stages	Autonomy	
0	Human-Controlled: The UAV relies entirely on a human operator for control and navigation.	Human-controlled (“human-in-the-loop”)
1	Assisted Control: Basic automation assists the operator (hovering, GPS, stabilization, follow mode).	
2	Semi-Autonomous: The UAV can follow pre-programmed flight paths (waypoints) using GPS.	Human-supervised (“human-on-the-loop”)
3	Conditional Autonomy: The UAV adapts, avoids and identifies the environment.	
4	High Autonomy: The UAV can handle complex scenarios.	
5	Autonomous: The UAV does not need any human input.	Autonomous (“human-out-of-the-loop”)

Figura 6 - Relação dos níveis de Autonomia dos SANT e intervenção do Homem

Fonte: Adaptado de Costa e European Parliament (2024; 2013)

Verifica-se que em 53% da amostra existe uma variedade de métodos de controlo, Gráfico 9, sendo o nível *Human-Controlled* o mais comum, no entanto denota-se uma

<sup>19</sup> O computador de bordo utiliza algoritmos para comparar o que o “vê” pelos sensores, com os dados do terreno pré-carregados, sendo treinado para reconhecer a geografia e os alvos, permitindo identificar autónomamente a sua localização e navegar até ao alvo durante a aproximação final, sem comunicação (Bondar, 2025).

tendência de automatização dos SANT existindo sistemas autônomos<sup>20</sup>, como o SANT FPV *Saker Scout* e o SANT LM *Warmate*.

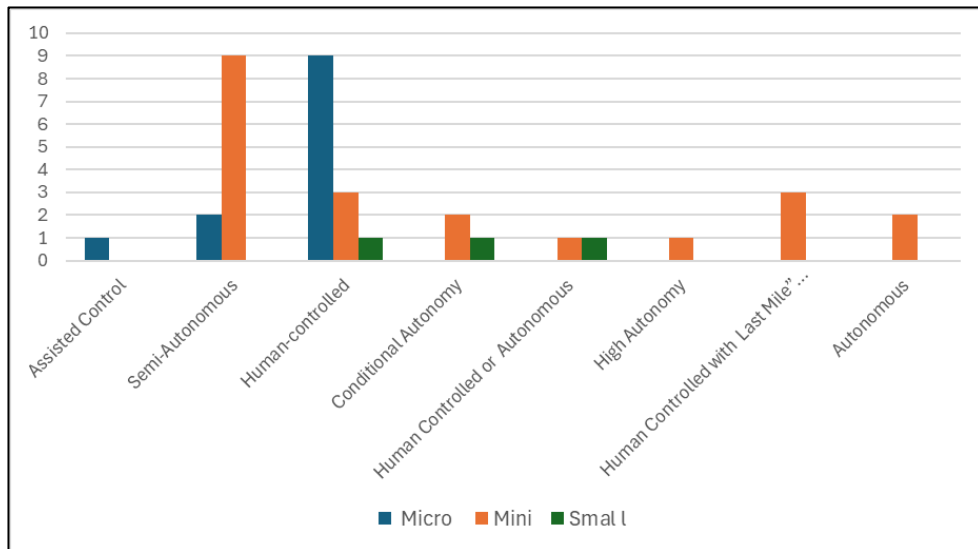


Gráfico 9 - Controle dos SANT por unidade

As Comunicações existentes nos SANT (*data link*) podem ser realizadas para: (i) Controle do voo e canal de comando com a GCS; (ii) Comunicações com outros SANT em *swarm* (Apêndice A); (iii) *Link* para transmissão de vídeo e dados para a GCS, (iv) Canais de telemetria para transmissão de dados dos sensores internos do SANT (estado da bateria, entre outros) para a GCS. São realizadas em diferentes frequências com diferentes protocolos de comunicação, podendo apoiar-se em técnicas como saltos de frequência (Markarian & Staniforth, 2021). Os SANT que operam a baixas altitudes realizam as suas comunicações através de sinais rádio, rede *WiFi*, rede móvel ou rede satélite (Abro, Zulkifli, Masood, Asirvadam, & Laouiti, 2022). Da análise de 50% da amostra verifica-se que são utilizadas uma diversidade de frequências (Apêndice H, Quadro 19). Identificou-se ainda que os SANT FPV russos operavam inicialmente nas frequências 850-930 MHz, mas devido aos efeitos da GE dos sistemas ucranianos, alteraram para as frequências 720-1020 MHz, estando ainda em curso o desenvolvimento de tecnologia para operarem nas frequência 430-600 MHz (Chornogor, Rad, & Chernysh, 2024).

#### 4.1.2.4. *Payload*

O *payload* refere-se a cargas externas que os SANT podem transportar, sendo exemplo sensores e armamento (Ariante & Del Core, 2025) que contribuem para o desempenho das missões.

<sup>20</sup> Bondar (2025) afirma que os SANT no TO da Ucrânia ainda não atingiram autonomia total.



Quanto aos sensores, Quadro 3, verifica-se que em 100% da amostra analisada, 49% possuem câmaras, 15% sensores EO e 36% sensores EO/IR permitindo a realização de operações em condições de visibilidade reduzida.

Quadro 3 - Tipos de sensores

Payload		Micro	Mini	Small	S/Catg	Total	%
Sensores	Câmara	10	15	6	2	34	49
	EO	2	7	1	0	10	15
	EO/IR	3	18	4	0	25	36

Quanto ao armamento, 45% da amostra, correspondente a SANT FPV e LM, têm como *payload*, granadas de mão, RPG adaptados e ainda substâncias químicas como termite entre outros, sendo a categoria *Mini* a que detém o maior número de sistemas com esta capacidade, conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Tipo de Armamento

Payload	Micro	Mini	Small	S/Catg	Total	%
Armamento	7	19	3	2	31	45

#### 4.1.3. Emprego Tático

Os utilizadores desta tipologia de sistemas são os escalões mais baixos de combate, que vão desde a Secção até ao Batalhão, sendo também utilizados por unidades de Operações Especiais (Edmonds & Bendett, 2023; Kunertova, 2024). A utilização em grande número de SANT no TO da Ucrânia, demonstra o regresso do princípio de emprego *massa*<sup>21</sup>, como um princípio para o planeamento e execução das operações (Blakcori et al., 2024; Johnson, 2023). O emprego dos SANT é realizado de forma conjugada, sendo exemplo a utilização de SANT para missões de ataque em conjugação com SANT em missões de ISR/BDA, ou estes últimos em combinação com sistemas de armas de fogos indiretos (Chornogor et al., 2024; Renic & Christensen, 2024). Da análise efetuada verifica-se que as missões de ISR e de ataque são as principais missões desempenhadas, num conjunto alargado, Figura 7.

<sup>21</sup> O emprego em massa não implica o emprego de *swarm*.

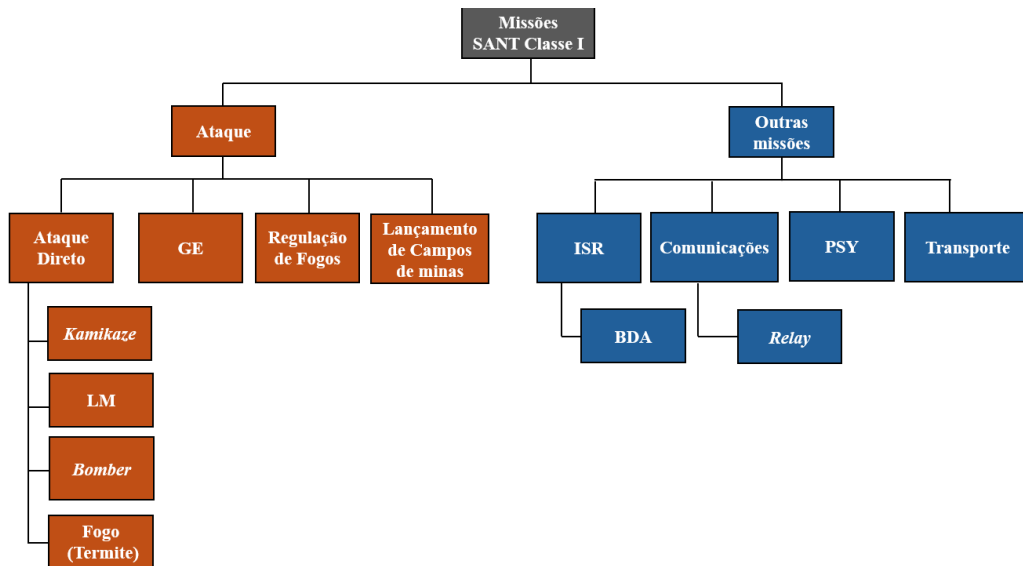


Figura 7 - Missões desempenhadas pela ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia

A condução de missões de ISR por ambos contendores tem sido exclusivamente realizada por SANT. Quanto às missões de ataque, estas são realizadas na maioria com recurso a SANT FPV (*kamikazes*, *bombers*) e SANT LM contra equipamentos e forças de infantaria em trincheiras, em *bunkers* e a descoberto (Chornogor et al., 2024; Renic & Christensen, 2024; Watling & Reynolds, 2025). Dentro da Classe I constata-se que a maior ameaça é representada pelos SANT FPV, cuja evolução tem tornado estes sistemas modulares e conseqüentemente mais versáteis, em que, partindo de uma plataforma multirotor simples, através da adição ou alteração de componentes, Figura 8, é possível a realização de vários tipos de missões (Bondar, 2025; Chornogor et al., 2024; Renic & Christensen, 2024).

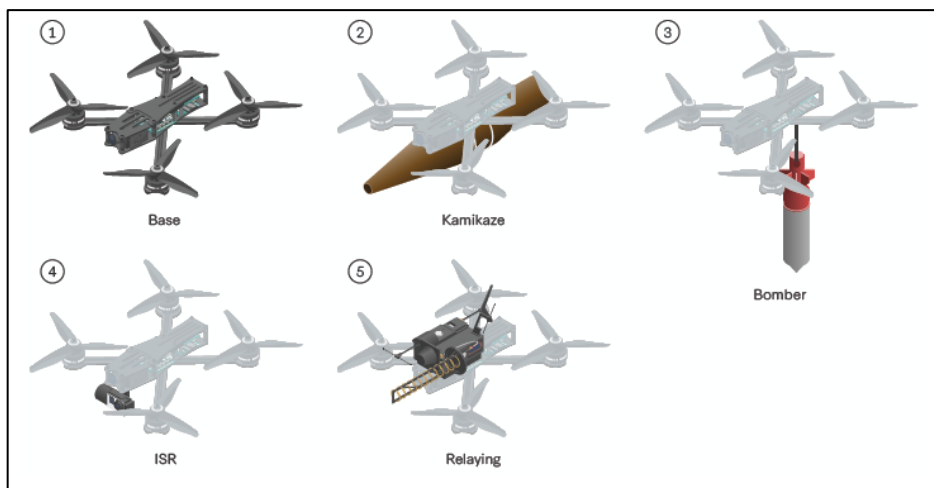


Figura 8 - Modularidade dos SANT FPV

Fonte: Bondar (2025, p. 9)



#### 4.1.4. Perspetivas de evolução

Para identificar as perspetivas de evolução técnica e emprego tático dos SANT, tendo em conta o TO em estudo, recorreu-se aos contributos dos entrevistados. Analisadas as respostas quanto aos aspetos técnicos, os entrevistados concordam que a perspetiva de evolução passará pelo aumento de autonomia. Segundo A. Eugénio (entrevista presencial, 07 de março de 2025), esta autonomia irá refletir-se no “[...] melhoramento da capacidade de decisão das plataformas.”. Já S. Sousa (entrevista presencial, 20 de março de 2025) afirma que “[...] vão evoluir para serem completamente autónomos, o que irá reduzir significativamente a eficácia da GE.”.

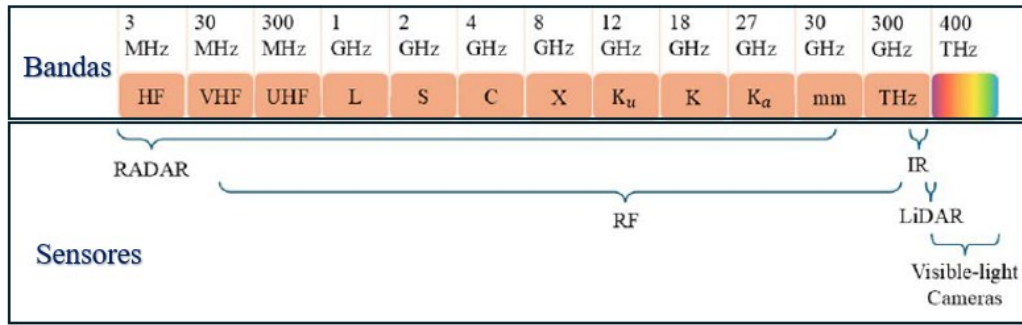
No que diz respeito às perspetivas de evolução de emprego tático, os entrevistados R. Assis (entrevista por e-mail, 01 de abril de 2025), J. Mimoso (entrevista presencial, 18 de março de 2025) e E. Sousa (entrevista por e-mail, 13 de abril de 2025) afirmam que irá verificar-se “[...] uma massificação da utilização dos sistemas”. R. Assis (*op. cit.*) e P. Alves (entrevista por e-mail, 27 de março de 2025) afirmam ainda que passará pela realização “[...] de ataques simultâneos” e “[...] emprego de drones kamikazes.”, sendo ainda referido, por E. Sousa (*op. cit.*) o “[...] emprego de SANT Classe I nos domínios ciber-eletromagnéticos.”.

## 4.2. Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados

Para a construção de sistemas C-SANT, deverão ser tidas em conta as características dos SANT como o RCS, sistema de navegação, altitude, alcance, velocidade, *payload* e o tipo de missão (Dobija, 2023). Destarte, importa compreender os princípios gerais de funcionamento, vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema, perante a ameaça SANT em análise.

### 4.2.1. Sensores

Os sensores analisam as características exibidas pelos SANT durante o voo, nomeadamente, emissões térmicas, sinais acústicos e sinais rádio, a fim de efetuarem a sua deteção, seguimento e identificação. Podem ser ativos (emitem radiação) ou passivos (apenas recebem) operando em determinadas bandas do espectro eletromagnético, Figura 9. A combinação de vários sensores permite, para além da criação de redundância, colmatar as limitações inerentes de cada um (Buravchenko, 2024; Castrillo, Manco, Pascarella, & Gigante, 2022).



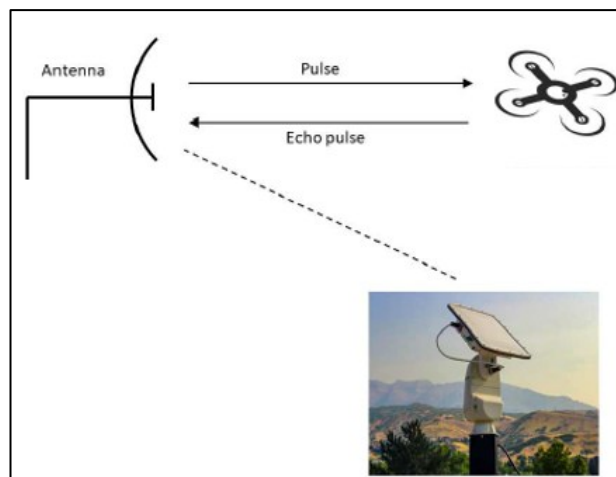
**Figura 9 - Espectro eletromagnético dos sensores**

Fonte: Adaptado de Grieco et al. (2024, p. 9)

#### 4.2.1.1. Radar

Os sensores radar têm como princípio a emissão de ondas eletromagnéticas, que são refletidas de volta após contacto com um objeto, originando o RCS, Figura 10. Da análise do RCS é possível identificar a distância, velocidade e trajetória do objeto. No entanto, os SANT possuem valores de RCS reduzidos, podendo ser confundidos por pássaros, originando falsos positivos. Para a deteção específica de SANT, os radares operam nas bandas Ka, Ku, X, C e S, sendo que, quanto mais elevada for a frequência da emissão, maior será a precisão da deteção (Castrillo et al., 2022; Gonzalez-Jorge et al., 2024; Wellig et al., 2018).

Este sistema tem como vantagens o facto de ser pouco afetado pelas condições meteorológicas e possuir um maior alcance de deteção. Como desvantagens, tem a produção de falsos positivos, a possibilidade de ser localizado por ser um sistema ativo, a dificuldade de detetar SANT em terrenos com obstáculos e um elevado custo (Buravchenko, 2024; Wellig et al., 2018).



**Figura 10 - Exemplo de sensor Radar ativo**

Fonte: Adaptado de Gonzalez-Jorge et al.(2024, p. 17)

#### 4.2.1.2. Radar Rádio Frequência

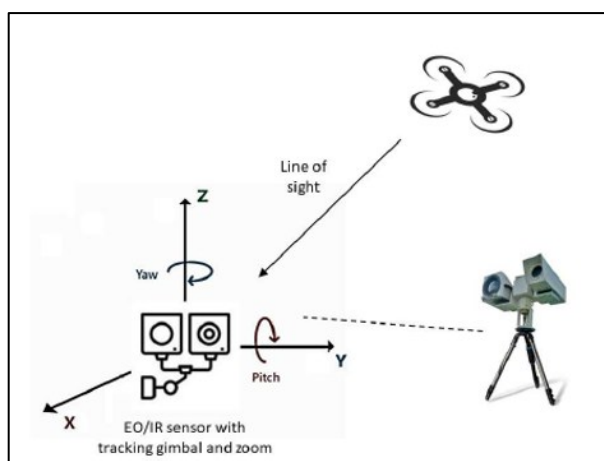
Os sensores radar Rádio Frequência (RF), sistema passivo, detetam as comunicações realizadas entre o SANT e a GCS. Para isso, baseiam o seu funcionamento numa arquitetura em rede (mais do que um sistema) possuindo subsistemas como *direction finding* (deteção do ponto de origem) e análise de saltos de frequência dos SANT (Castrillo et al., 2022; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

As suas vantagens dizem respeito ao alcance de deteção, a possibilidade de detetar o GCS e um baixo custo associado. Têm como desvantagens a dificuldade de detetar SANT que não dependem de comunicações rádio para a sua operação, como é o caso dos SANT semiautónomos, autónomos, SANT cujos protocolos de comunicação são realizados em frequências desconhecidas (Buravchenko, 2024) e a dificuldade de operação em ambientes urbanos com alta concentração de sinais frequência rádio (Dobija, 2023).

#### 4.2.1.3. Sensores Eletro-óticos e Infravermelhos

Os sensores EO/IR, Figura 11, sistemas passivos, detetam ondas eletromagnéticas na banda de frequência IR até ultravioleta, possuindo a capacidade de detetar, seguir e identificar SANT. Os sensores EO recolhem informação visual e, por sua vez, os sensores IR detetam assinaturas de calor (Castrillo et al., 2022; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

Apresentam como vantagens a resiliência perante fracas condições meteorológicas e o baixo custo associado. Como desvantagem possuem pouco alcance de deteção pois necessitam de linha de vista (Buravchenko, 2024; Dobija, 2023).



**Figura 11 - Exemplo de sensor EO/IR**

Fonte: Adaptado de Gonzalez-Jorge et al.(2024, p. 13)

#### 4.2.1.4. Sensores acústicos

Os sensores acústicos, sistemas passivos, são microfones utilizados para a deteção de ondas sonoras provenientes do SANT (assinatura sonora), indicando a direção de

aproximação, permitindo o seu seguimento. Cada tipo de SANT possui uma assinatura sonora única, o que permite a sua identificação quando comparada com as de uma biblioteca pré-existente no sistema. O seu funcionamento é baseado numa arquitetura em rede (Castrillo et al., 2022; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

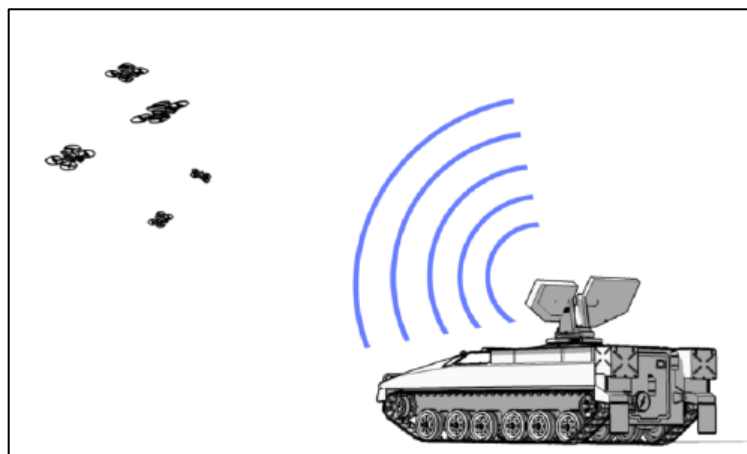
Tem como vantagens a sua elevada mobilidade e baixo custo associado. Apresenta como desvantagens alcances de deteção reduzidos, a dificuldade de operação em ambientes ruidosos como áreas urbanas, e a influência de condições meteorológicas adversas (Buravchenko, 2024; Dobija, 2023; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

#### 4.2.2. *Effectors*

De acordo com o tipo de ameaça, a avaliação do risco e o estudo dos danos colaterais, poderão ser utilizados *effectors* cinéticos ou não cinéticos, de forma isolada ou combinada, para a neutralização da ameaça (NATO, 2025).

##### 4.2.2.1. *Radio Frequency e GNSS Jamming*

O RF *Jamming* é uma ação de GE, Figura 12, que envolve a utilização de energia eletromagnética para impedir o controlo do SANT, através da interferência da comunicação entre a GCS e o SANT.



**Figura 12 - Exemplo de Sistema RF Jamming**

Fonte: JCGGBAD (2017, p. I-18)

O GNSS *Jamming* é uma ação de GE em que os sinais satélites utilizados pelos sistemas de navegação do SANT são interrompidos. Os sistemas que realizam este empastelamento devem possuir opções de interferência “multi-GNSS” (Apêndice H, Figura 18). Estas ações resultam na interrupção da missão do SANT, podendo este entrar em modo de segurança (posar) ou regressar ao ponto inicial (Dobija, 2023).

Apresentam como vantagens custos reduzidos na neutralização do SANT e reduzidos danos colaterais. Ambos têm como desvantagens a possibilidade de causar interferências indesejáveis em sistemas de comunicação próximos que funcionem nas mesmas frequências

(Gonzalez-Jorge et al., 2024), reduzido alcance (Dobija, 2023) e ineficácia contra SANT semiautónomos, autónomos (Buravchenko, 2024) e filoguiados (Watling & Reynolds, 2025).

#### 4.2.2.2. *GNSS Spoofing*

É uma ação de GE que falsifica o sinal GNSS para o SANT manipulando os seus parâmetros de navegação, levando-o a assumir que se encontra numa localização diferente. A ação do SANT poderá passar por entrar em modo de segurança, permanecer em voo no mesmo local ou regressar ao ponto inicial (Castrillo et al., 2022).

Apresenta como vantagens custos reduzidos na neutralização do SANT e reduzidos danos colaterais. Tem como desvantagens a possibilidade de perda do controlo do SANT, podendo despenhar-se, e a ineficácia contra SANT semiautónomos, autónomos (Buravchenko, 2024) e filoguiados (Watling & Reynolds, 2025).

#### 4.2.2.3. *Armas de energia dirigida - Laser e High Power Microwave*

O sistema *Laser* converte energia elétrica e emite um feixe de luz contra o SANT, Figura 13, danificando o seu sistema de propulsão, sistemas eletrónicos, sensores ou elementos estruturais. Tem como vantagens a produção de efeitos imediatos, elevada precisão e baixa manutenção. Porém, apresenta como desvantagens desafios tecnológicos quanto ao seu arrefecimento e a estabilidade do feixe para alcances maiores (Dobija, 2023; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

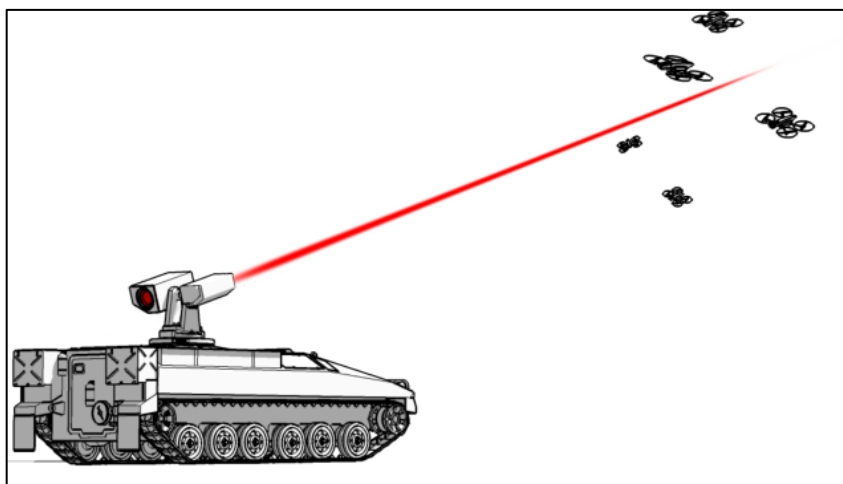


Figura 13 - Exemplo Sistema Laser

Fonte: JCGGBAD (2017, p. I-29)

Por sua vez, o sistema *High Power Microwave* emite um forte impulso eletromagnético (micro-ondas), que interrompe a operação ou destrói os sistemas eletrónicos do SANT. Tem como vantagens, elevada precisão, longo alcance e reduzidos danos colaterais.

Ambos sistemas partilham como desvantagens, o facto de necessitarem de uma quantidade elevada de energia por disparo, carecendo de geradores de grandes dimensões o que limita a sua mobilidade, e a sua atuação é afetada pela humidade e vento (Dobija, 2023; Gonzalez-Jorge et al., 2024).

#### 4.2.2.4. Sistemas canhão

Os sistemas canhão, Figura 14, de 30 mm e 40 mm são sistemas que utilizam munições específicas que permitem destruir SANT, podendo ser ativadas por proximidade ou programadas em tempo, criando uma cortina de fragmentos. A capacidade de destruição destes sistemas aumenta, quando assentes num *Remote Weapon Systems* (RWS) combinado com sensores, permitindo a sua atuação de forma automatizada (Apêndice A), tornando-se mais eficiente. Apresenta como vantagem uma elevada cadência de tiro, e como desvantagens o risco elevado de danos colaterais resultantes da destruição do SANT, bem como o elevado custo das munições e alcance limitado (Gonzalez-Jorge et al., 2024; Watling & Bronk, 2024).

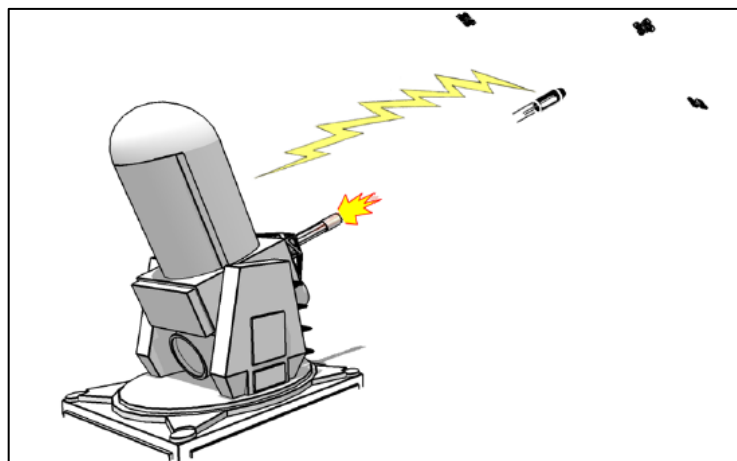


Figura 14 - Exemplo de Sistema canhão

Fonte: JCGGBAD (2017, p. I-24)

#### 4.2.2.5. Sistema Míssil

O emprego de um sistemas míssil contra SANT torna-se eficaz quando guiado através de um sistema laser gerado por uma mira EO/IR (Celander, 2024). Tem como desvantagens o risco de provocar danos colaterais resultantes da destruição do SANT e o elevado custo do emprego do míssil *versus* o valor reduzido do SANT (Dobija, 2023).

#### 4.2.2.6. SANT para Interceção

É utilizado um SANT equipado com redes ou com sistemas RF *jamming* para a interceção de SANT. Os SANT equipados com redes têm como vantagens, a precisão, velocidade e a produção de efeitos colaterais reduzidos, contudo apresentam como

desvantagens o tempo de recarregamento (rede), menor manobrabilidade e duração de voo reduzida (Buravchenko, 2024; Dobija, 2023).

#### 4.2.2.7. SANT para colisão

É utilizado um SANT para detetar e seguir outro SANT, Figura 15, a fim de colidir com este, tendo como requisitos a capacidade de atingir velocidades elevadas e *payload* explosivos (por exemplo LM). Possui como vantagens a sua eficácia perante SANT de pequenas dimensões, e como desvantagens a perda do SANT, danos colaterais resultantes da colisão e um atraso na neutralização pelo facto de existir a perseguição da ameaça (Buravchenko, 2024; Castrillo et al., 2022).

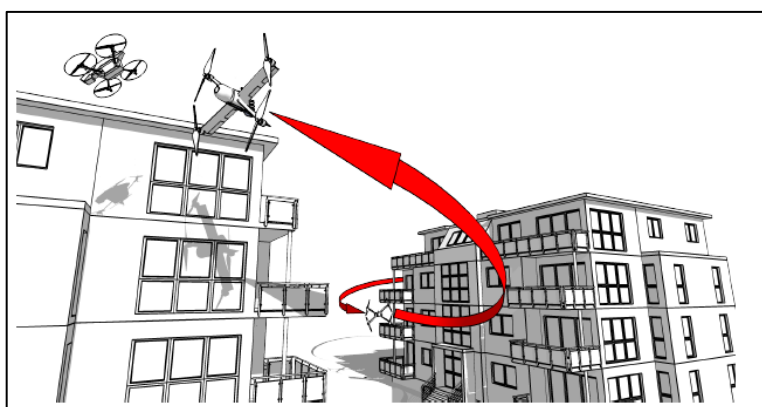


Figura 15 - Exemplo de SANT para Colisão

Fonte: JCGGBAD (2017, p. I-8)

#### 4.2.3. Características dos sensores e *effectors* versus a ameaça SANT analisada

Observados os princípios de funcionamento, as vantagens e desvantagens dos sensores e *effectors*, torna-se necessário analisar, à luz da ameaça em estudo, quais as características que estes equipamentos deverão contemplar para o seu combate eficaz. São consideradas como características essenciais as que os subsistemas deverão cumprir obrigatoriamente, constituindo-se como requisitos mínimos. Por outro lado, são consideradas características desejáveis as que, não sendo obrigatórias, representam uma melhoria da eficácia do sistema.

Os sensores, numa arquitetura combinada, deverão ser capazes de detetar, seguir e identificar SANT de acordo com as características físicas e cinemáticas constantes no Quadro 5.

Quadro 5 - Características para os sensores

Essenciais	Desejáveis
Com configuração Multirotor	Com configuração Multirotor e Asa Fixa
Com dimensões até 0,815 m	Com dimensões até 3,6 m
Com velocidades até 28 m/s	Com velocidades até 61 m/s
A altitudes até 4000 m	A altitudes até 6000 m
A distâncias até 20 km	A distâncias até 100 km



De acordo com as características dos sistemas de navegação, controlo e comunicações da ameaça, nomeadamente, a diversidade de SANT que navegam com recurso a GNSS, controlados remotamente (*human-controlled*) e com comunicações através de RF, leva a que se possa afirmar que os sensores radar RF tenham capacidade de detetar a generalidade da ameaça. No entanto, constitui-se como desejável a sua combinação com sensores que possibilitem a deteção de SANT semiautónomos/ autónomos ou filoguiados, de modo que a totalidade da ameaça seja coberta.

Tendo em conta que 45% da ameaça SANT tem como *payload* armamento, importa que os sensores consigam detetá-la à maior distância possível, maximizando o tempo disponível para reação, bem como minimizando possíveis danos colaterais. Além do armamento, a ameaça também utiliza sensores IR, o que leva a que seja necessário que os sensores tenham capacidade de deteção em condições de visibilidade reduzida. De acordo com o emprego tático da ameaça, nomeadamente a realização de missões ISR e de ataque, é reforçada a necessidade de possuir sensores que a detetem à maior distância possível. Com base nesta premissa, leva a que também se possa afirmar que os sensores radar tenham capacidade de detetar a generalidade da ameaça.

Os *effectors* deverão ser capazes de realizar a neutralização de SANT de acordo com as características físicas e cinemáticas constantes no Quadro 6, sendo que os valores de altitude e distância vão ao encontro da referência do JCGGBAD (2017) para a camada de defesa exterior no que diz respeito às características essenciais.

Quadro 6 - Características para os *effectors*

Essenciais	Desejáveis
Com configuração Multirotor	Com configuração Multirotor e Asa Fixa
Com dimensões compreendidas até 0,815 m	Com dimensões até 3,6 m
Com velocidades até 28 m/s	Com velocidades até 61 m/s
A altitudes até 1500 m	A altitudes até 4000 m
A distâncias até 5 km	A distâncias até 20 km

De acordo com as características dos sistemas de navegação, controlo e comunicações da ameaça analisada, verifica-se que os *effectors* não cinéticos, deverão contemplar as faixas de frequência indicadas no Apêndice H - Quadro 19, porém não serão eficazes contra a totalidade da ameaça, devido à existência de SANT semiautónomos e autónomos, sendo necessária à sua combinação com sistemas cinéticos. Para tal, os sistemas canhão constituem-se como o *effector* mais eficaz, uma vez que permitem destruir os SANT de forma automática quando montados em RWS, apresentado maiores vantagens que os restantes sistemas cinéticos.



No que concerne a fazer face à ameaça com armamento como *payload*, importa garantir reduzidos danos colaterais, portanto, a mesma deve ser rapidamente neutralizada ou ver a sua missão interrompida à maior distância possível. Além disso, devido à utilização de sensores IR, os *effectors* devem ser capazes de se empenhar em condições de visibilidade reduzida. De acordo com a utilização dos SANT em missões de ataque, principalmente em massa, é reforçada a necessidade de garantir que os mesmos são neutralizados antes de conseguirem concretizar a sua missão, apresentando-se o sistema canhão como o mais vantajoso.

### 4.3. Contra – Sistemas Aéreos Não Tripulados na Artilharia Antiaérea portuguesa

O Conceito Inicial de edificação da Capacidade C-SANT (2023), afirma que “[...] o EP deverá dispor de uma Capacidade C-SANT capaz de operar em todo o espectro de operações”, definindo que o seu contributo será para a DAA e Proteção da Força, porém é omissis quanto à definição de missões concretas. Neste sentido, surge como necessário identificar que tipo de missões poderá esta Capacidade desempenhar em TN e fora e, para o cumprimento dessas missões, que características deverão possuir os sensores e *effectors*, tendo também em consideração a tendência de evolução da ameaça SANT.

#### 4.3.1. Missões dentro e fora de Território Nacional

Questionados os entrevistados quanto ao tipo de missões passíveis de serem desempenhadas em TN, J. Mimoso (*op. cit.*) defendeu que “[...] em termos internos, estima-se que o seu emprego seja feito em apoio às Forças e Serviços de Segurança [FSS]”, de igual modo J. Maldonado (entrevista presencial, 11 de março de 2025) afirmou que “[...] colaborar com as FSS para a proteção de infraestruturas críticas, ou de eventos de alta visibilidade [*High Visibility Events- HVE*] em tempo de paz”. Quanto à proteção de infraestruturas críticas (Apêndice A), em particular as de nível 1<sup>22</sup> do EP, os entrevistados foram questionados se esta Capacidade deveria integrar o Plano de Emprego de Forças para a Segurança Militar (PEFSM), tendo a resposta “sim” sido unânime. A Tabela 1, sintetiza as missões consideradas pelos entrevistados.

Tabela 1 - Missões em TN

Missões	
TN	Proteção de infraestruturas críticas de nível 1 do EP no âmbito do cumprimento do PEFSM
	Proteção de infraestruturas críticas
	Proteção de HVE
	Apoio às FSS

<sup>22</sup> Cujo funcionamento é vital para o cumprimento da missão do EP (EME, 2021).

No que concerne às missões passíveis de serem desempenhadas fora de TN, S. Sousa (*op. cit.*) referiu “[...] vai passar a ser o elemento essencial para qualquer força.”, reforçado por J. Mimoso (*op. cit.*) “[...] proteção de Forças Nacionais Destacadas [FND], por uma questão de segurança e credibilidade das nossas forças.”. J. Mimoso e J. Maldonado (*op. cit.*) concordam também que “[...] o catálogo de forças da Força de Reação Imediata [FRI] claramente deveria considerar a inclusão de uma força de AAA com Capacidade C-SANT.”. A Tabela 2, resume as respostas dos entrevistados.

Tabela 2 - Missões fora TN

	Missões
Fora TN	Proteção de FND
	Como FND na proteção C-SANT de outras forças
	Catálogo de Capacidades da FRI

#### 4.3.2. Características dos sensores e *effectors* para o cumprimento das missões

Relativamente aos sensores, as características enunciadas pelos entrevistados, Tabela 3, dizem respeito à necessidade de detetar todas as subcategorias dos SANT, entre outras, e a descrição de tipologias de sistemas. Questionados quanto à combinação de sensores, os entrevistados concordam ser necessário, sendo exemplo as respostas de R. Assis e P. Alves (*op. cit.*) “[...] a combinação de sensores irá permitir uma maior flexibilidade, precisão e eficácia na resposta.”, acrescido por E. Sousa (*op. cit.*) “[...] resulta numa mais-valia em que permite a adequada deteção, seguimento, referenciação e confirmação da ameaça SANT.”.

Tabela 3 - Características e tipologias dos sensores

	Características
Sensores	Deteção e identificação precisa com maior brevidade e alcance
	Possibilidade de detetar toda as subcategorias da Classe I
	Interoperabilidade com outros sensores
	Capacidade <i>intel fusion</i>
	Combinação de sensores
	Tipologias
	Sensores RF
	Sensores Acústicos
	Sensores EO e IR
	Sensores <i>direction finding</i> omnidireccionais

Para os *effectors*, as características enunciadas passam pela utilização de meios não-cinéticos e cinéticos, Tabela 4, tendo em conta os danos colaterais que poderão derivar da utilização destes últimos e das regras de empenhamento (ROE) em vigor,

“[...] Se estamos a proteger um determinado tipo de alvo e não queremos que os destroços resultantes da destruição do SANT atinjam o alvo que estamos a proteger, utilizar um sistema que produza empastelamento é o indicado. Contudo, podem existir SANT que não respondem ao empastelamento, o que

exige que sejam tomadas outras medidas. Nessa situação, após ter esgotado as outras opções, o recurso a sistemas *hard-kill* é necessário.” (J. Maldonado, *op. cit.*).

Quanto à necessidade de combinação de *effectors*, R. Assis, P. Alves e E. Sousa (*op. cit.*) defendem que “[...] proporcionam flexibilidade na neutralização da ameaça.”, complementado por S. Sousa (*op. cit.*) “[...] se tiver vários *effectors* é o ideal.”.

**Tabela 4 - Características e tipologias dos *effectors***

<b>Características</b>	
	Neutralização da ameaça com menor probabilidade de danos colaterais
	Resposta eficaz contra diversos tipos de drones
	Mobilidade adequada
	Combinação de <i>effectors</i>
<b>Tipologias</b>	
<b><i>Effectors</i></b>	Não cinéticos
	<i>Jamming</i> -Neutralização de RF e GPS
	<i>GNSS Spoofing</i>
	SANT para C-SANT com redes e meios <i>Jamming</i>
	Cinéticos mediante ROE
	Armas de energia dirigida
	Mísseis mais precisos guiados por laser produzem menores efeitos colaterais
	Canhões automáticos de 30 e 40mm de baixa velocidade
Meios cinéticos para proteção próxima	

Os sistemas C-SANT, deverão ainda possuir características que acautelem a tendência de evolução da ameaça, nomeadamente a utilização de IA para a redução do tempo de detecção e reação, a capacidade de atualização das bases de dados e de integração com outros sistemas que venham a surgir. Segundo J. Mimoso (*op. cit.*) “[...] será importante a utilização de IA e de sistemas informáticos que permitam autonomia dos sistemas C-SANT aumentando a capacidade de resposta destes.”. De acordo com a tendência de emprego em massa, é apontado como *effector* mais eficaz, segundo S. Sousa (*op. cit.*) “[...] o canhão de 30 mm.”.

#### **4.4. Síntese conclusiva**

O presente capítulo visou responder às QD, as quais, conjugadas, possibilitam a resposta à QC.

No que respeita à QD1, relativa à caracterização da ameaça SANT no TO da Ucrânia, concluiu-se que esta ameaça é constituída maioritariamente por sistemas da categoria *Mini*, predominantemente multirrotor, com reduzido RCS, velocidades medianas de 28 m/s e alcances na ordem dos 20 km. Caracteriza-se por operarem a baixas altitudes, possuírem na generalidade, sistemas de navegação assentes em GNSS, existindo SANT que não recorrem ao GNSS (como é exemplo os filoguiados), e apresentarem uma tendência de evolução para serem completamente autónomos e utilização massiva em operações de ataque.



Quanto à QD2, que visava identificar as características dos sistemas C-SANT necessárias para combater a ameaça analisada, verificou-se que é desejável a combinação de sensores RF, capazes de detetar e seguir a generalidade da ameaça, com sensores que possibilitem a deteção de SANT semiautónomos/autónomos ou filoguiados. Os *effectors* deverão também apresentar uma conjugação de sistemas cinéticos (preferencialmente, o sistema canhão preferencialmente em RWS) e não cinéticos, numa atuação por camadas. Os sensores e *effectors* devem, ainda, ser capazes de operar em condições de visibilidade reduzida e à maior distância possível.

No que concerne à QD3, relativamente às missões passíveis de serem desempenhadas pela Capacidade C-SANT da AAA do EP, foi possível identificar que os meios C-SANT poderão desempenhar missões de proteção em TN em apoio às FSS – infraestruturas críticas, HVE, pontos e áreas sensíveis – e proteção de infraestruturas críticas do EP, e fora do TN, proteção de FND ou outras forças contra a ameaça SANT Classe I, podendo ainda fazer parte do catálogo de forças para a FRI. Para tal, deverá existir uma combinação de sensores (RF, EO/IR e acústicos) cumprindo com características como a deteção de todas as categorias, interoperabilidade, capacidade de *intel fusion* e a deteção e identificação com maior alcance. Quanto aos *effectors*, terão de ser uma combinação de sistemas cinéticos (canhões 30 mm, armas de ED) e não cinéticos (*Jamming e Spoofing*) para uma resposta eficaz contra os diversos tipos de SANT, em que a neutralização cause o menor número de danos colaterais, dispondo de mobilidade adequada.

Da conjugação das conclusões obtidas para as três QD, é agora possível responder à QC. Com base nos dados recolhidos e analisados, os sistemas C-SANT a integrar na AAA do EP deverão incorporar sensores RF, sensores EO/IR e acústicos, capazes de detetar sistemas com dimensões até 0,815 m, a velocidades de 28 m/s e altitudes de até 4000 m, e distâncias até 20 km. Deverão incluir *effectors* cinéticos (sistema canhão ou armas de ED) e não cinéticos com capacidade de RF e GNSS *jamming*, e GNSS *spoofing*, de forma a poder combater todo o espetro da ameaça analisada, a altitudes até 1500 m e distâncias até 5 km, e minimizar danos colaterais, podendo ainda ser considerados a utilização de outros SANT. Tanto os sensores como os *effectors* deverão conseguir operar em condições de visibilidade reduzida, e permitir uma atualização tecnológica rápida face à evolução esperada para um maior número de SANT autónomos, e o emprego dos SANT em ataques em massa. A conjugação equilibrada destas características será fundamental para assegurar uma proteção eficaz, proporcional e sustentável, garantindo o cumprimento das missões a realizar, quer em TN quer no exterior.



## 5. Conclusões

A crescente proliferação de SANT, nomeadamente de Classe I, tem vindo a alterar o paradigma do campo de batalha, revelando-se uma ameaça significativa à liberdade de ação das forças terrestres, à sua proteção e à proteção de infraestruturas. O conflito em curso no TO da Ucrânia tem demonstrado o impacto operacional da ameaça SANT Classe I e em particular a de origem COTS, especialmente no que respeita ao seu uso massivo na realização de vários tipos de missões, destacando-se as missões de ISR e de ataque.

Devido à dimensão reduzida dos SANT Classe I, diminuta assinatura radar e baixa altitude de operação, quando comparados com aeronaves, os sistemas tradicionais de DAA têm demonstrado ser incapazes de combater eficazmente esta ameaça. Como resultado têm sido realizados esforços por diversas FA quanto à edificação de uma Capacidade C-SANT, destinada para o combate específico desta ameaça, refletindo-se nos *Capability Codes e Capability Statements* de 2023 da NATO como uma Capacidade que a DAA deverá ter.

No panorama nacional, os sistemas VSHORAD da AAA do EP possuem como limitação a sua incapacidade de deteção e neutralização da ameaça SANT Classe I, tendo, para tal, sido iniciada a edificação da Capacidade C-SANT através da aprovação do Conceito Inicial em 2023, onde consta como linha de ação a identificação de requisitos operacionais e especificações técnicas.

Destarte, o presente TII teve como objeto de estudo o vetor de desenvolvimento material da Capacidade C-SANT para a AAA do EP. Para a sua concretização, a investigação foi delimitada quanto aos domínios temporal, espacial e conteúdo. No domínio temporal, foi delimitada ao período compreendido entre o início da invasão da Ucrânia pela Rússia, a 24 de fevereiro de 2022, até à data da conclusão da investigação, a 30 de abril de 2025. Espacialmente, foi delimitada ao TO da Ucrânia, quanto ao estudo da ameaça SANT, e à NATO, quanto ao desenvolvimento da Capacidade C-SANT. Foi ainda delimitada no domínio do conteúdo, aos SANT Classe I, e ainda no vetor de desenvolvimento material, aos subsistemas sensores e *effectors*.

O TII desenvolvido norteou-se pelo OG “Analisar as características dos sistemas C-SANT necessárias para a sua integração na AAA do EP”. Para o seu cumprimento, a investigação desenvolveu-se em duas fases, nomeadamente, a exploratória e analítica/conclusiva, seguindo um raciocínio dedutivo assente numa estratégia de investigação qualitativa e num desenho de pesquisa de estudo de caso. Para o estudo da ameaça constituiu-se uma amostra composta por 69 SANT Classe I, identificados no TO da Ucrânia, para a análise das suas características técnicas. Foi ainda constituída uma amostra



não probabilística intencional com sete especialistas sobre a temática em estudo, aos quais foram efetuadas entrevistas semiestruturadas para a recolha de dados e posterior análise categorial.

A investigação iniciou-se com a caracterização da ameaça quanto às suas características técnicas, emprego tático e tendência de evolução, seguindo-se a análise dos princípios gerais de funcionamento dos sensores e *effectors* existentes, e das vantagens e desvantagens dos mesmos perante a ameaça caracterizada. Por fim, foram analisadas as missões passíveis de serem desempenhadas pelos sistemas C-SANT da AAA do EP em TN e fora, e as características que os sistemas C-SANT (sensores e *effectors*) deverão reunir para o cumprimento das mesmas.

A análise efetuada permitiu concluir que a ameaça SANT Classe I se caracteriza, predominantemente, por sistemas *Mini*, com configuração multirotor, com dimensão mediana de 0,815 m, velocidades de 28 m/s e alcances medianos de 20 km, com tendência crescente para a autonomização e o emprego em massa em missões de ataque. Constatou-se que os sistemas C-SANT para a AAA do EP fazer face a esta ameaça, tendo em conta as possíveis missões a desempenhar, deverão integrar sensores RF, EO/IR e acústicos, capazes de operar em ambientes de visibilidade reduzida e detetar todas as categorias dos SANT de Classe I. Quanto aos *effectors*, é desejável a combinação de sistemas cinéticos, como o sistema canhão, com meios não cinéticos de *jamming* e *spoofing* ajustados às frequências de operação e sistemas GNSS da ameaça analisada. Poderá ser considerada ainda a utilização de SANT para combate à ameaça SANT. Tanto os sensores como os *effectors* deverão também utilizar IA para aumentar a sua autonomia, permitindo uma atuação mais eficaz, dispor de mobilidade adequada e capacidade de atualização.

Entende-se como contributo para o conhecimento no âmbito da AAA, a análise sistematizada das características técnicas dos SANT Classe I em uso no TO da Ucrânia, TO que tem servido de laboratório e foco de estudo de diversas FA, bem como os resultados apresentados, nomeadamente, a identificação das características dos sensores e *effectors* que poderão ser considerados para a edificação da Capacidade C-SANT na AAA do EP.

Não obstante os resultados alcançados, a investigação confrontou-se com algumas limitações, destacando-se a dificuldade de acesso a informação completa e uniforme sobre as características técnicas de vários SANT analisados, nomeadamente no que respeita a dados de Altitude Operacional, Sistemas de navegação, Controlo e Comunicações, o que obrigou a uma análise baseada numa amostra parcial. Uma segunda limitação diz respeito à falta de documentação de âmbito nacional sobre a temática C-SANT.



Como possibilidade de linha de investigação futura, sugere-se a investigação sobre as características do subsistema de C2 a integrar na capacidade C-SANT, com vista a garantir a interoperabilidade, coordenação eficaz e integração em redes táticas da DA. A análise do subsistema C2 irá complementar o estudo da edificação da Capacidade e assegurar o seu pleno desempenho em ambiente operacional conjunto.



## Referências Bibliográficas

- Abro, G., Zulkifli, S., Masood, R., Asirvadam, V., & Laouiti, A. (2022). Comprehensive Review of UAV Detection, Security, and Communication Advancements to Prevent Threats. *Drones*, 6(10), 284. doi: 10.3390/drones6100284
- Antal, J. (2023). *Next War - Reimagining how we fight* (1ª). CaseMate Publisheres.
- Ariante, G., & Del Core, G. (2025). Unmanned Aircraft Systems (UASs): Current State, Emerging Technologies, and Future Trends. *Drones*, 9(1), 59. doi: 10.3390/drones9010059
- Blakcori, N., Panou, E., Stathakis, I., Koutsoukos, D., Kirilov, K., & Mavrogiannakis, E. (2024). *The Evolving UAS Threat: Lessons from the Russian-Ukrainian War Since 2022 on Future Air Defence Challenges and Requirements*. Retirado de <https://iamdcoe.org/publications/studies/>
- Bolsari, F., & Davis Jr., G. (2023). *An urgent matter of Drones*. Center for European Policy Analysis's.
- Bondar, K. (2025). *Ukraine's Future Vision and Current Capabilities for Waging AI-Enabled Autonomous Warfare*. Center for Strategic & International Studies - Wadhvani AI center.
- Buravchenko, K. O. (2024). Analyzing the methods of protection against First-Person View drone. *European Scientific E-Journal*, (31), 76–86. doi: 10.47451/inn2024-05-04
- Castrillo, V. U., Manco, A., Pascarella, D., & Gigante, G. (2022). A Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones. *Drones*, 6(3), 65. doi: 10.3390/drones6030065
- Celander, L. (2024). *How drones fight*. CaseMate Publisheres. Retirado de <https://www.perlego.com/book/4428864>
- Chornogor, I., Rad, P., & Chernysh, A. (2024). *Russian Unmanned Systems - Current State, Prospects of Production and Application* (p. 31). UKRANIAN PRISM. Retirado de



<https://prismua.org/en/russian-unmanned-systems-current-state-prospects-of-production-and-application/>

Costa, F. J. T. da. (2024). *Drone Warfare: Operational Context, Countermeasures and Tactical Insights for the Portuguese Marine Corps*. Escola Naval, Alfeite. Retirado de <https://comum.rcaap.pt/entities/publication/11b1f740-34cc-4624-9c15-d80924177211>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5.<sup>a</sup> ed.). Los Angeles: SAGE Publications Ltd.

Davis Jr, G. B. «Skip», & Borsari, F. (2023, 27 de setembro). An Urgent Matter of Drones. Retirado de <https://cepa.org/comprehensive-reports/an-urgent-matter-of-drones/>

Decreto-Lei n.º 20/2020, de 8 de janeiro (2022). *Decreto-Lei*. Diário da República, 1<sup>a</sup> Série, 2–14. Lisboa

Despacho do Comandante do IUM n.º 17/2024, de 15 de fevereiro (2024). *Aprovação da taxonomia das linhas de investigação do Instituto Universitário Militar*. Comandante do Instituto Universitário Militar.

Despacho Ministerial n.º 11400/2014, de 11 de setembro (2014). *Diretiva Ministerial de Planeamento de Defesa Militar*. Diário da República, 2<sup>a</sup> Série, 175, 23656–23657. Lisboa: Ministro da Defesa Nacional.

Divisão de Planeamento de Forças. (2023). *Informação N.º DPF/RF-2023-000709 Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados - Conceito Inicial*. Estado Maior do Exército.

Dobija, K. (2023, 27 de novembro). Countering Unmanned Aerial Systems UAS in Military Operations. *Safety & Defense*, 9(1), 74–82.

DoD. (2021). *COUNTER SMALL UNMANNED-AIRCRAFT SYSTEMS STRATEGY*.

DoD. (2024, 5 de dezembro). DoD Announces Strategy for Countering Unmanned Systems. Retirado de <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3986597/dod->



announces-strategy-for-counterung-unmanned-  
systems/https%3A%2F%2Fwww.defense.gov%2FNews%2FReleases%2FRelease  
%2FArticle%2F3986597%2Fdod-announces-strategy-for-counterung-unmanned-  
systems%2F

Edmonds, J. A., & Bendett, S. (2023). *Russia's Use of Uncrewed Systems in Ukraine* (p. 58).

CNA. Retirado de <https://www.cna.org/reports/2023/05/russias-use-of-drones-in-ukraine>

EME. (2021). *Plano de Emprego de Forças para a Segurança Militar*.

European Parliament. Directorate General for External Policies of the Union. (2013). *Human*

*rights implications of the usage of drones and unmanned robots in warfare*. LU:

Publications Office. Retirado de <https://data.europa.eu/doi/10.2861/213>

Exército Português. (2016). *PDE 3-37-00 - Tática de Artilharia Antiaérea*. Lisboa.

Fachada, C. P. de A., Ranhola, B., Marreiros, R., & Santos, L. (2020). *Normas de Autor no*

*IUM* (3ª Edição, revista e atualizada.). *IUM Atualidade*, 7. Lisboa: Instituto  
Universitário Militar.

Gonzalez-Jorge, H., Aldao, E., Fontenla-Carrera, G., Veiga-López, F., Balvís, E., & Ríos-

Otero, E. (2024). *Counter Drone Technology: A Review*. Retirado de

<https://www.preprints.org/manuscript/202402.0551/v1>

Grieco, G., Amendola, D., & Anderson, D. (2024). *Counter-drone systems and data fusion*.

Luxemburgo: Publications Office of the European Union. Retirado de

<https://data.europa.eu/doi/10.2760/6037951>

IUM. (2020a). *NEP/INV - 01 - Procedimentos Relativos à Elaboração de Trabalhos de*

*Investigação no Âmbito de Cursos que não Atribuem Grau Académico*. Lisboa:

Instituto Universitário Militar.



- Johnson, J. (2023, 16 de outubro). Wars of Mass and Attrition Demand a Military Sized for Three Theaters. Retirado de <https://www.aei.org/foreign-and-defense-policy/wars-of-mass-and-attrition-demand-a-military-sized-for-three-theaters/>
- Joint Capability Group on Ground Based Air Defence. (2013). *SG-170 - Engagement of Low Slow and Small Aerial Targets by Ground Based Air Defense - final report*. NATO.
- Joint Capability Group on Ground Based Air Defence. (2017). *SG 200 - LOW, SLOW AND SMALL THREAT EFFECTORS STUDY- Final Study Report*. NATO.
- Joint Capability Group on Ground Based Air Defence. (2019). *SG 220- GBAD OPERATIONS IN THE 21ST CENTURY- Final Study Report*. NATO.
- Kunertova, D. (2024). *Learning from the Ukrainian Battlefield: Tomorrow's Drone Warfare, Today's Innovation Challenge* (p. 27 p.) [Application/pdf]. Zurich: ETH Zurich. Retirado de <http://hdl.handle.net/20.500.11850/690448>
- Markarian, G., & Staniforth, A. (2021). *Countermeasures for Aerial Drones*. Boston: Artech House. Retirado de <https://ereader.perlego.com/1/book/4667787/89>
- Molloy, Dr. O. (2024). Drones in Modern Warfare: Lessons Learnt from the War in Ukraine. *Australian Army Occasional Paper N.º29*.
- NATO. (2019). *ATP-3.3.8.1 - MINIMUM TRAINING REQUIREMENTS UAS OPERATORS*.
- NATO Standardization Office. (2021). *AAP-06 Glossary of Terms Definitions*.
- NATO. (2023). *Bi-SC CAPABILITY CODES AND CAPABILITY STATEMENTS*.
- NATO. (2025). *ATP-117 COUNTERING CLASS I UAS DOCTRINE*. NSO.
- NEP/INV 003 (A3). (2020). *Estrutura e Regras de Citação e Referenciação de Trabalhos Escritos a Realizar no Instituto Universitário Militar*. Lisboa: Instituto Universitário Militar.



- NEP/INV 001 (A2). (2024). *Procedimentos Relativos à Elaboracao de Trabalhos de Investigação no Âmbito de Cursos que Não Atribuem Grau Académico*. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Pardal, L. A., & Correia, E. (1995). *Métodos e técnicas de investigação social*. Porto: Areal.
- Renic, N., & Christensen, J. (2024). *Drones, the Russo-Ukrainian War, and the Future of Armed Conflict*. DJOF PUBLISHING in Cooperation With the Centre for Military Studies.
- Santos, L. A. B., & Lima, J. M. M. (Coord). (2019). *Orientações Metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2ª Edição, revista e atualizada). Cadernos do IUM 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Sarmento, M. M. M. S. (2013). *Metodologia científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses*. Lisboa: Universidade Lusíada.
- Toomay, J. C., & Hannen, P. J. (2004). Radar Cross Section. Em *Radar Principles for the Non-Specialist* (3rd ed., p. 291). SciTech Publishing.
- US Army. (2016). *Army C-UAS Strategy*.
- U.S. Army. (2023). *ATP 3-01.81 - Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS)*. ATP 3-01.81. Washington, D.C.: Department of the Army.
- Watling, J., & Bronk, J. (2024). *Protecting the Force from Uncrewed Aerial Systems*. London: The Royal United Services Institute (RUSI). Retirado de [www.rusi.org](http://www.rusi.org)
- Watling, J., & Reynolds, N. (2025). *Tactical Developments During the Third Year of the Russo–Ukrainian War*. London: The Royal United Services Institute (RUSI). Retirado de [www.rusi.org](http://www.rusi.org)
- Wellig, P., Speirs, P., Schuepbach, C., Oechslin, R., Renker, M., Boeniger, U., & Pratisto, H. (2018). Radar Systems and Challenges for C-UAV. *2018 19th International*



*Radar Symposium (IRS)*, 1–8. Retirado de  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8448071/>



## Apêndice A - Corpo de Conceitos

**Autônomo** - Relativo a um sistema que decide e age para atingir os objetivos desejados, dentro de parâmetros definidos, com base no conhecimento adquirido e na consciência situacional em evolução, seguindo um curso de ação ideal, mas potencialmente imprevisível (NATO Standardization Office, 2021, pp. 16–17).

**Automatizado** - relativo a um sistema que, em resposta a dados de entrada, segue um conjunto predeterminado de regras para fornecer um resultado previsível (NATO Standardization Office, 2021, p. 16)

**Capacidade militar** - conjunto de elementos que se articulam de forma harmoniosa, complementar e que contribuem para realização de um conjunto de tarefas operacionais ou efeito que é necessário atingir, englobando componentes de doutrina, organização, treino, material, liderança, pessoal, infraestruturas e interoperabilidade (Despacho Ministerial n.º 11400/2014, de 11 de setembro)

**Global Navigation Satellite System** - Serve para determinar a posição, a velocidade e o tempo do VANT, utilizando um ou vários sistemas de navegação por satélite como o GPS [*Global Positioning System*] GLONASS [*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*], GALILEO e Beidou (Markarian & Staniforth, 2021).

**Human-controlled (“human-in-the-loop”)** - armas robóticas controladas à distância por um operador humano. Embora possam ser capazes de executar de forma independente tarefas selecionadas que lhes foram delegadas pelo seu operador (por exemplo, navegação, controlo de sistemas, deteção de alvos e orientação de armas), não podem atacar sem o comando em tempo real do operador humano (European Parliament. Directorate General for External Policies of the Union., 2013).

**Human-supervised (“human-on-the-loop”)** - armas robóticas que podem efetuar um processo de seleção de alvos independentemente do comando humano, mas que permanecem sob a supervisão em tempo real de um operador humano que pode anular qualquer decisão de ataque (EPDGEP, 2013)

**Integrated Air and Missile Defence** - Defesa integrada (meios navais, terrestres e aéreos) contra a ameaça aérea representada pelos meios aéreos como aeronaves, SANT e sistemas míssil (NATO, 2025).

**Infraestrutura Crítica** - componente, sistema ou parte deste que é essencial para a manutenção de funções vitais para a sociedade, a saúde, a segurança e o bem-estar económico ou social e cuja perturbação do funcionamento ou destruição teria um impacto significativo, dada a impossibilidade de continuar a assegurar essas funções (Decreto-Lei n.º 20/2020, de 8 de janeiro).

**Loitering munition** - é um tipo de SANT projetado para atingir alvos terrestres, para além da linha de visão, com uma ogiva explosiva. Tem como característica a capacidade de "permanecer" numa área do espaço aéreo por um período prolongado antes de atacar, dando ao controlador tempo para decidir quando e o que atacar (U.S. Army, 2023).

**Neutralização** - Fase de defesa contra SANT Classe I, cujo objetivo visa perturbar, controlar ou destruir esta ameaça com recurso a meios cinéticos ou a meios não cinéticos (NATO, 2025, pp. 4–20).



***Radar Cross Section*** - Medida de energia eletromagnética interceptada e radiada de volta no mesmo comprimento de onda por qualquer objeto (Toomay & Hannen, 2004).

***Swarm*** - É um grupo de entidades que exibem um comportamento coordenado, cooperativo e adaptativo para atingir um objetivo comum (NATO, 2025, pp. 2–9).

## Apêndice B - Modelo de Proteção e Ciclo de operação C-SANT<sup>23</sup>

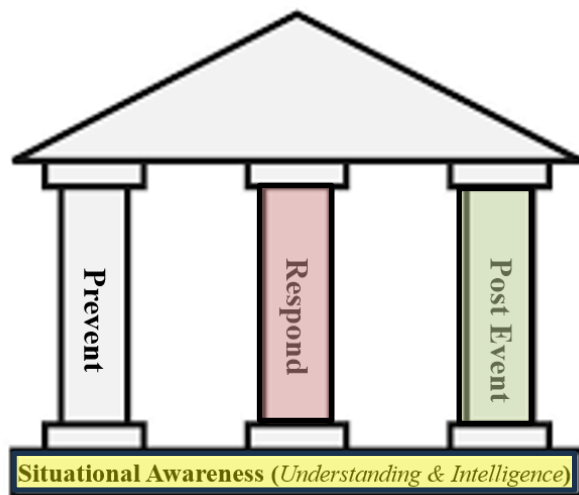


Figura 16 - Modelo de Proteção C-SANT

Fonte: Adaptado de NATO (2025)

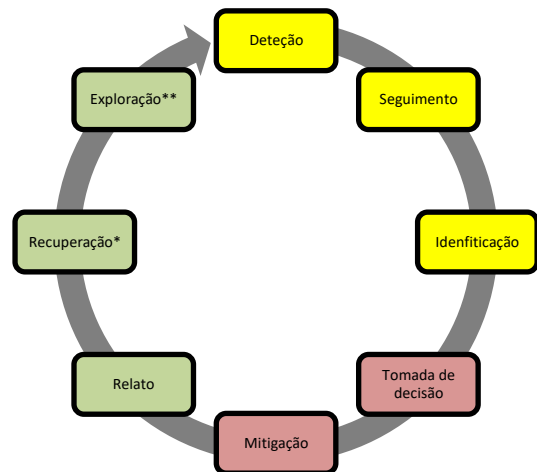


Figura 17 - Ciclo de Operação C-SANT

Fonte: Adaptado de NATO (2025)

1. **Deteção:** descoberta, por qualquer meio, da presença de um SANT Classe I ou do seu operador;
2. **Seguimento:** exibir ou gravar as posições sucessivas de um objeto em movimento ou a associação de múltiplas deteções de um único SANT Classe I à medida que se move no espaço e no tempo;
3. **Identificação:** determinação das principais características de um SANT Classe I (tamanho, velocidade, carga útil, tipo, tipo de orientação), determinar a intenção mais provável da missão do SANT Classe I (amigo, desconhecido, suspeito, inimigo, neutro);
4. **Tomada de Decisão:** O C- SANT Classe I deve ser feito rapidamente para uma defesa eficaz.
5. **Mitigação:** Sistemas cinéticos e não cinéticos podem ser empregues pelo C-SANT se autorizados pelas ROE da missão. O uso da força deve estar de acordo com as leis internacionais aplicáveis, especialmente, mas não se limitando aos princípios de distinção, necessidade militar, proporcionalidade e humanidade. As capacidades não letais fornecem um nível adicional de escalada e podem ser usadas no C-SANT para minimizar as baixas civis e reduzir os danos colaterais.
6. **Relato:** Os relatórios de operações fornecem notificação imediata à liderança, enquanto os relatórios de análises encontram tendências e pontos em comum ao longo de um período mais longo.
7. **Recuperação\*:** O processo de recuperação opcional consiste em obter o controlo físico de quaisquer restos do SANT adversário.
8. **Exploração\*\*:** Passo opcional para analisar os restos em busca de qualquer informação de valor (análise forense, por exemplo, análise de sistemas eletrónicos, munições por explodir, fuselagem).

<sup>23</sup> Dados provenientes do ATP 117 NATO C-UAS Doctrine (2025, pp. 29–33)



## Apêndice C - Modelo de Análise

Quadro 7 - Modelo de Análise

<b>Tema</b>	Artilharia Antiaérea no Exército – Implicações dos Sistemas Aéreos Não Tripulados						
<b>Problema</b>	A necessidade de adaptação da Artilharia Antiaérea (AAA) no Exército português (EP) para fazer face à ameaça dos Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) Classe I						
<b>Objeto de estudo</b>	Vetor de desenvolvimento material da Capacidade C-SANT para a AAA do EP						
<b>Delimitação</b>	<b>Temporal</b>	<b>Espacial</b>		<b>Conteúdo</b>			
	Invasão da Ucrânia pela Rússia a 24 de fevereiro 2022 até 30 de abril de 2025	TO da Ucrânia – caracterização da ameaça SANT Classe I NATO – Capacidade C-SANT		SANT Classe I Vetor de desenvolvimento de Capacidade: Material (sensores e <i>effectors</i> dos sistemas C-SANT)			
<b>Objetivo Geral</b>	Analisar as características dos sistemas C-SANT necessárias para a sua integração na AAA do EP						
<b>Questão Central</b>	Quais as características necessárias dos sistemas C-SANT para a AAA do EP combater a ameaça SANT Classe I, semelhante à ameaça existente no TO da Ucrânia?						
<b>Metodologia</b>	<b>Raciocínio</b>		<b>Metodologia</b>		<b>Desenho de pesquisa</b>		
	Dedutivo		Qualitativa		Estudo de Caso		
<b>Objetivos Específicos (OE)</b>	<b>Questões Derivadas (QD)</b>		<b>Conceitos estruturantes</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas de recolha</b>
<b>OE1</b>	<b>QD1</b>		Ameaça Aérea  SANT	SANT CLASSE I	Técnicas  Tática	Físicos Cinemáticos Navegação e Controlo <i>Payload</i>  ISR Ataque GE	Análise documental  Entrevista semiestruturada
Analisar a ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia quanto às suas características técnicas, emprego tático e tendências evolutivas.	Como se caracteriza a ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia?						
<b>OE2</b>	<b>QD2</b>		C-SANT	Sensores  <i>Effectors</i>	Deteção Seguimento Identificação  Resposta	Radar Acústico Radar RF EO/IR  Cinético Não cinético	Análise documental
Analisar as características dos sistemas C-SANT necessárias para combater a ameaça SANT existente no TO da Ucrânia.	Quais as características necessárias aos sistemas C-SANT para combater a ameaça SANT Classe I existente no TO da Ucrânia?						
<b>OE3</b>	<b>QD3</b>		Defesa Antiaérea	Proteção Antiaérea	Território Nacional  Fora do Território Nacional	Infraestruturas críticas Eventos de Alta Visibilidade  FND FRI	Entrevista semiestruturada
Analisar as missões passíveis de serem desempenhadas pela Capacidade C-SANT da AAA do EP quanto às características necessárias dos sistemas para o seu comprimento.	Quais as missões que a Capacidade C-SANT da AAA do EP deverá desempenhar?						

**Apêndice D - Lista de Entrevistados****Quadro 8 - Entidades Entrevistadas**

<b>Entrevistado</b>	<b>Cargo/Função/Experiência</b>	<b>Identificação</b>	<b>Data</b>	<b>Meio</b>
E1	Assessor do Instituto de Defesa Nacional. Acompanha a ameaça aérea no TO da Ucrânia	Coronel da Força Aérea Portuguesa António Eugénio	07Mar25	Presencial
E2	Assessor na DIPLAEM/EMGFA <sup>24</sup> . Antigo Gestor do Projeto C-SANT.	Coronel de Artilharia Renato Assis	01Abr25	e-mail
E3	Auditor do Curso de Promoção a Oficial General. Antigo Gestor do Projeto C-SANT.	Coronel de Artilharia Carlos Mimoso	18Mar25	Presencial
E4	Chefe da Área de Operações do Comando das Forças Terrestres. Antigo Comandante do GAAA <sup>25</sup> de 2020 a 2021.	Coronel de Artilharia Simão Sousa	20Mar25	Presencial
E5	Chefe do Gabinete de Relações Públicas do EMGFA. Antigo Comandante do GAAA de 2021 a 2022	Tenente-Coronel de Artilharia Paulo Siborro Alves	27Mar25	e-mail
E6	Adjunto de S.Exa Gen CEME; Antigo Chefe da Repartição de Capacidades	Tenente-Coronel de Artilharia Emanuel Sousa	13Abril25	e-mail
E7	Antigo Comandante do GAAA de 2022 a março 2025	Tenente-Coronel de Artilharia José Maldonado	11Mar25	Presencial
E8	Chefe da Divisão de Planeamento Militar Terrestre do Estado Maior do Exército.	Coronel Tirocinado de Infantaria António Oliveira		*
E9	Coordenador da Área de Repartição de Capacidades da Divisão de Planeamento Militar Terrestre do Estado Maior do Exército.	Major de Artilharia Aires Carquejo		*

\*A respetiva entidade não aceitou a realização da entrevista para preservar a separação de funções e liberdade de decisão.

O resultado de cada entrevista foi validado por cada entrevistado respetivamente, através de e-mail.

<sup>24</sup> Divisão de Planeamento Estratégico Militar do Estado Maior General das FA

<sup>25</sup> Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) da Brigada de Intervenção



## Apêndice E - Guião de Entrevista

Excelentíssimo(a) Senhor(a),

Sou a Major de Artilharia Filipa Ferreira, do Exército português, auditora do Curso de Estado-Maior Conjunto 2024/2025, no Instituto Universitário Militar, e neste âmbito, encontro-me a realizar um Trabalho de Investigação Individual subordinado ao tema “Artilharia Antiaérea no Exército – Implicações dos Sistemas Aéreos Não Tripulados.” Fruto desta investigação surge a necessidade de realizar entrevistas para a recolha de informação.

Segundo a classificação dos Sistemas Aéreos Não Tripulados pela *North Atlantic Treaty Organization* - NATO, a Classe I caracteriza-se como uma ameaça aérea versátil, difícil de detetar e de neutralizar pelos atuais sistemas de Artilharia Antiaérea.

O combate a esta nova ameaça aérea poderá passar pela edificação de uma capacidade designada de Contra- Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT). Esta nova capacidade poderá ser integrada na Artilharia Antiaérea, conforme previsto nos *Capability Codes e Capability Statements* da NATO de 2023, na qual Portugal se encontra inserido.

O objetivo geral da presente investigação consiste em analisar as características necessárias aos sistemas C-SANT para a sua integração na Artilharia Antiaérea Portuguesa.

A investigação tem por base o estudo da ameaça aérea existente no atual Teatro de Operações da Ucrânia, representada pelos SANT Classe I, que tem aumentado consideravelmente em número, evoluído tecnologicamente e variado na sua forma de emprego. Este estudo contribuirá para que, no âmbito do desenvolvimento da capacidade seja possível analisar no vetor material, em particular, os sensores e *effectors* dos sistemas C-SANT, mais adequados para a integrar a Artilharia Antiaérea Portuguesa.

Solicito a sua autorização para gravar a presente entrevista e para referir no trabalho o conteúdo da mesma associado ao seu nome. Caso não pretenda a sua indicação como fonte na apresentação e discussão dos resultados, garanto a sua confidencialidade e o devido tratamento da informação recolhida de forma anónima. A sua participação é uma significativa mais-valia para qualidade dos resultados obtidos. Estimo que a entrevista tenha uma duração máxima de 60 minutos. Agradeço antecipadamente a sua disponibilidade para a prossecução da presente investigação.

### Caraterização do entrevistado

Nome do Entrevistado: \_\_\_\_\_

Local: \_\_\_\_\_ Distrito: \_\_\_\_\_

Data da entrevista: \_\_\_\_\_ Hora de início: \_\_\_\_\_ Hora de fim: \_\_\_\_\_

Organização: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Posto/Cargo: \_\_\_\_\_ Função: \_\_\_\_\_



### Questões

1. Considera a tipologia de sistemas de SANT Classe I existente no atual Teatro de Operações da Ucrânia passível de se constituir como uma ameaça tipo para a qual o Exército português deverá planear o seu combate, no âmbito do levantamento da Capacidade C-SANT? Por favor, justifique.
2. Considerando a rápida evolução dos SANT Classe I observada no Teatro de Operações da Ucrânia, como antecipa as tendências de evolução desta ameaça em termos técnicos e quanto ao seu emprego tático?
3. Na sua opinião, de que forma é que a edificação da Capacidade C-SANT deverá refletir, no vetor material, as tendências de evolução da ameaça?
4. Na sua opinião, que tipo de missões poderá a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa desempenhar em Território Nacional? Indique quais as características que os sensores e os *effectors* deverão possuir para o desempenho dessas missões.
5. Ainda no desempenho de missões em Território Nacional, entende que a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa deverá integrar o Plano de Emprego de Forças para a Segurança Militar, a fim de proteger as infraestruturas críticas do Exército de nível 1, consideradas como vitais para o cumprimento da missão do Exército? Se sim, indique quais as características que os sensores e os *effectors* deverão possuir para o desempenho dessas missões.
6. Na sua opinião, que tipo de missões poderá a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa desempenhar fora do Território Nacional? Indique quais as características que os sensores e os *effectors* deverão possuir para o desempenho dessas missões.
7. Entende como necessária para edificação da Capacidade C-SANT na Artilharia Antiaérea Portuguesa, a combinação de vários tipos de sensores para a deteção da ameaça SANT Classe I? Por favor, justifique.
8. Entende como viável e necessário para edificação da Capacidade C-SANT na Artilharia Antiaérea Portuguesa, a combinação de vários tipos de *effectors* para a neutralização da ameaça SANT Classe I? Por favor, justifique.

### Agradecimento

Finda a entrevista, reitero novamente os meus sinceros agradecimentos pela disponibilidade e contributos prestados para a prossecução da presente investigação.



## Apêndice F - Análise de conteúdo das Entrevistas

O presente apêndice explana o conteúdo dos dados analisados resultantes da aplicação das entrevistas semiestruturadas, podendo das mesmas serem consultadas na integra<sup>26</sup>

Quadro 9 - Respostas à questão 1

Questão 1										
Considera a tipologia de sistemas de SANT Classe I existente no atual Teatro de Operações da Ucrânia passível de se constituir como uma ameaça tipo para a qual o Exército português deverá planejar o seu combate, no âmbito do levantamento da Capacidade C-SANT? Por favor, justifique										
Categoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)
		1	2	3	4	5	6	7		
SANT Classe I no TO da Ucrânia ameaça tipo	1.1 Absolutamente	X							1/7	14
	1.2 Sim		X	X		X			3/7	43
	1.3 Referência para o levantamento da capacidade		X	X					2/7	29
	1.4 Deve tê-lo em consideração				X				1/7	14
	1.5 Constitui um caso prático					X			1/7	14
	1.6 Proteção contra este tipo de ameaça						X		1/7	14
	1.7 Claramente							X	1/7	14
<p>Conclusões:</p> <p>A opinião dos entrevistados é transversal. Apesar da dispersão de resultados, é possível verificar que variação das respostas para além da expressão “sim”, segue uma tendência positiva para a consideração da ameaça SANT Classe I no TO da Ucrânia, como uma ameaça tipo a ser considerada na edificação da Capacidade C-SANT no EP.</p>										

<sup>26</sup>[https://drive.google.com/drive/folders/1Kn6dO5gEAG9qml\\_Xjf3UUVF2PnRdrUTa?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1Kn6dO5gEAG9qml_Xjf3UUVF2PnRdrUTa?usp=drive_link)



Quadro 10 - Respostas à questão 2

<b>Questão 2</b>											
<b>Considerando a rápida evolução dos SANT Classe I observada no Teatro de Operações da Ucrânia, como antecipa as tendências de evolução desta ameaça em termos técnicos e quanto ao seu emprego tático?</b>											
Categoria	Subcategoria	Unidade registro	Entrevistados							Σ	(%)
			1	2	3	4	5	6	7		
Evolução da ameaça	2.1 Tecnicamente	2.1.1 Aumento da Autonomia	X					X		2/6	33
		2.1.2 Uso de Inteligência Artificial		X			X			2/6	33
		2.1.3 Serem completamente autônomos				X				1/6	17
		2.1.4 Maior precisão						X		1/6	17
	2.2 Taticamente	2.2.1 Concorrência com sistemas tradicionais de fogos e de apoio de fogos	X							1/6	17
		2.2.2 Ataques simultâneos		X			X			2/6	33
		2.2.3 Emprego de drones kamikaze		X			X			2/6	33
		2.2.4 Massificação na utilização dos sistemas		X	X			X		3/6	50
		2.2.5 Caçar autonomamente os alvos				X				1/6	17
		2.2.6 Emprego nos domínios ciber-eletromagnéticos						X		1/6	17

**Conclusões:**  
 Analisadas as respostas, verifica-se que os entrevistados concordam que a tendência de evolução em termos técnicos da ameaça SANT Classe I passará pelo aumento da autonomia, isto é, da utilização de Inteligência Artificial nestes mesmos sistemas, apesar dos resultados matemáticos (%) não refletirem a semelhança das unidades de registro. Quanto às tendências de emprego tático, 50% dos entrevistados consideram a massificação na utilização dos sistemas, seguindo-se com 33% os ataques simultâneos e o emprego de SANT kamikaze. Considera-se ainda como tendências a concorrência com sistemas tradicionais de fogos e apoio de fogos, o emprego para a perseguição e ataque (caça) de forma autônoma de alvos (concorrendo para o desenvolvimento técnico) e emprego nos domínios ciber-eletromagnéticos.



Quadro 11 - Respostas à questão 3

Questão 3									
Na sua opinião, de que forma é que a edificação da Capacidade C-SANT deverá refletir, no vetor material, as tendências de evolução da ameaça?									
Categoria	Unidade registo	Entrevistados						Σ	(%)
		1	2	3	4	5	6		
Reflexo da evolução da ameaça no vetor material	3.1 Maior aviso prévio	X						1/7	14
	3.2 Utilização de IA para reduzir tempo de reação		X	X	X			3/7	43
	3.3 Meio cinético canhão de 30 mm				X			1/7	14
	3.4 Capacidade de ser adaptável na integração com outros sistemas						X	1/7	14
	3.5 Capacidade de atualizar bases de dados						X	1/7	14
<b>Conclusões:</b>									
A utilização de meios de IA para reduzir o tempo de reação (deteção e empenhamento) nos sistemas C-SANT para fazer reflexo da evolução da ameaça no vetor material é a opinião que surge com maior frequência, à qual se considera outra resposta semelhante - um maior aviso prévio - como aumento no tempo de reação (deteção). Os restantes contributos passam pela capacidade de adaptação dos sistemas C-SANT, seja nas suas bases de dados ou na integração de outros subsistemas mais atualizados para manter a sua eficácia, e a ainda a utilização do <i>effector</i> sistema canhão de 30 mm por ser o mais eficaz contra SANT com nível de autonomização.									



Quadro 12 - Respostas à questão 4

Questão 4											
Na sua opinião, que tipo de missões poderá a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa desempenhar em Território Nacional? Indique quais as características que os sensores e os <i>effectors</i> deverão possuir para o desempenho dessas missões.											
Categoria	Subcategoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)
			1	2	3	4	5	6	7		
Em Território Nacional	4.1 Missões	4.1.1 Apoio às Forças e Serviços de Segurança	X		X				X	3/7	43
		4.1.2 Proteção de infraestruturas críticas		X	X		X	X	X	5/7	71
		4.1.3 Proteção em Eventos de Alta Visibilidade		X	X		X	X	X	5/7	71
		4.1.4 Defesa de pontos/áreas sensíveis			X	X				2/7	29
		4.1.5 Proteção de áreas militares						X		1/7	14
	4.2 Características sensores	4.2.1 O mais variado possível	X							1/7	14
		4.2.2 Deteção e identificação precisa com maior brevidade e alcance		X			X			2/7	29
		4.2.3 Sensores óticos e infravermelhos						X		1/7	14
		4.2.4 Sensores Acústicos						X		1/7	14
		4.2.5 Sensores Rádio frequência						X	X	2/7	29
	4.3 Características <i>effectors</i>	4.3.1 Neutralização da ameaça com menor probabilidade de danos colaterais		X			X		X	3/7	43
		4.3.2 Uso de sistemas <i>hard kill</i> mediante ROE – danos colaterais			X				X	2/7	29
		4.3.3 Armas de energia dirigida são mais eficazes em contexto de paz				X				1/7	14
		4.3.4 Mísseis mais precisos guiados por laser com menores efeitos colaterais				X				1/7	14
		4.3.5 Neutralização de rádio frequência e GPG - <i>Jamming</i>						X		1/7	14
		4.3.6 Capacidade de <i>Spoofing</i>						X		1/7	14
		4.3.7 Interoperabilidade entre <i>effectors Jamming e Spoofing</i>						X		1/7	14
		4.3.8 SANT para realizar C-SANT com redes e meios de <i>Jamming</i>						X		1/7	14

**Conclusões:**  
 Para as missões existe concordância no que diz respeito à proteção de infraestruturas críticas e eventos de alta visibilidade (71%). Considera-se que podem ser englobadas ainda neste grupo a defesa de pontos/áreas sensíveis por ser uma terminologia usada no âmbito das operações militares e os eventos públicos de elevada afluência. A proteção de áreas militares é mencionada e o apoio às FSS. Os entrevistados defendem que os sensores devem detetar e identificar os SANT no menor tempo possível e mais longe (29%). Referem que devem ser variados, enquadrando-se os sensores óticos, infravermelhos, acústicos e de rádio frequência. Para os *effectors*, 49% concorda que devem neutralizar a ameaça com o menor número de danos colaterais, em que as armas *hard-kill* (cinético) só podem ser utilizadas mediante as ROE em vigor, no entanto as armas de energia dirigida e míssil com maior precisão são mencionados. SANT para C-SANT e são mencionados exemplos de sistemas não cinéticos como o RF e GPS *Jamming* e o *Spoofing*.



Quadro 13 - Respostas à questão 5

Questão 5												
Ainda no desempenho de missões em Território Nacional, entende que a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa deverá integrar o Plano de Emprego de Forças para a Segurança Militar, a fim de proteger as infraestruturas críticas do Exército de nível 1, consideradas como vitais para o cumprimento da missão do Exército? Se sim, indique quais as características que os sensores e os <i>effectors</i> deverão possuir para o desempenho dessas missões.												
Categoria	Subcategoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)	
			1	2	3	4	5	6	7			
Em Território Nacional	5.1 Plano de Emprego de Forças para Segurança Militar	5.1.1 Sim	X	X	X	X	X	X	X	7/7	100	
	5.2 Características sensores	5.2.1 Cobertura abrangente e em tempo real		X			X				2/7	29
		5.2.2 Sensores térmicos				X					1/7	14
		5.2.3 Sensores óticos				X					1/7	14
		5.2.4 Sensores óticos e infravermelhos				x		X			1/7	14
		5.2.5 Sensores Acústicos				X		X			2/7	29
		5.2.6 Sensores Rádio frequência						X			1/7	14
		5.2.7 Sensores fixos <i>direction finding</i> omnidirecionais							X		1/7	14
	5.3 Características <i>effectors</i>	5.3.1 Resposta eficaz contra diversos tipos de drones		X			X				2/7	29
		5.3.2 Uso de sistemas hard kill mediante ROE – danos colaterais			X						1/7	14
		5.3.3 Armas mais robustas para ataques em massa – Sistema canhão 40mm				X		X			2/7	29
		5.3.4 Para SANT em missão de recolha de informações, GE funciona				X					1/7	14
		5.3.5 Neutralização de rádio frequência e GPG - <i>Jamming</i>						X			1/7	14
		5.3.6 Capacidade de <i>Spoofing</i>						X			1/7	14
5.3.7 Interoperabilidade entre <i>effectors Jamming e Spoofing</i>							X			1/7	14	
5.3.8 SANT para realizar C-SANT com redes e meios de <i>Jamming</i>						X			1/7	14		
5.3.9 Dependendo da infraestrutura a proteger prever existência permanente						X	X		2/7	29		
5.3.10 Omnidirecionais							X		1/7	14		

**Conclusões:**  
A opinião concordante é transversal quanto à integração da Capacidade C-SANT na proteção de infraestruturas críticas de nível 1. Os entrevistados defendem que os sensores devem ter uma cobertura abrangente e em tempo real (29%). É sugerida uma diversidade de sensores, destacando-se os sensores óticos e os acústicos (29%) seguindo-se os térmicos, infravermelhos, radio frequência e *direction finding* omnidirecionais. Para os *effectors*, deve ser equacionada uma resposta eficaz e diversificada (29%), destacando-se os sistemas canhão 40mm (29%) no entanto, é também referido que as armas *hard-kill* só podem ser utilizadas mediante ROE. São sugeridos *effectors Jamming* e *Spoofing* interoperáveis, sendo a GE considerada eficaz contra SANT em missões de ISR. São apontados ainda SANT para defesa C-SANT. É sugerida uma proteção permanente de determinadas infraestruturas críticas (29%).



Quadro 14 - Respostas à questão 6

Questão 6											
Na sua opinião, que tipo de missões poderá a Capacidade C-SANT da Artilharia Antiaérea Portuguesa desempenhar fora do Território Nacional? Indique quais as características que os sensores e os <i>effectors</i> deverão possuir para o desempenho dessas missões.											
Categoria	Subcategoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)
			1	2	3	4	5	6	7		
Fora de Território Nacional	6.1 Missões	6.1.1 Proteção de FND	X	X	X	X	X	X	X	7/7	100
		6.1.2 Como FND na proteção de outras forças	X		X			X		3/7	43
		6.1.3 Catálogo de Capacidades da FRI			X				X	2/7	29
		6.1.4 Proteção de infraestruturas						X		1/7	14
	6.2 Características sensores	6.2.1 Integração de sensores				X				1/7	14
		6.2.2 Sensor ótico				X		X		2/7	29
		6.2.3 Sensor IR				X		X		2/7	29
		6.2.4 Sensor acústico				X				1/7	14
		6.2.5 Detecção e identificação precisa com maior brevidade e alcance					X			1/7	14
		6.2.6 Sensores infravermelhos						X		1/7	14
		6.2.7 Sensores Radio frequência (RF)						X		1/7	14
		6.2.8 Possibilidade de detetar toda as subcategorias da Classe I (RF)						X		1/7	14
		6.2.9 Interoperabilidade com outros sensores (radares Multi-role de outros)						X		1/7	14
		6.2.10 Capacidade <i>intel fusion</i>						X		1/7	14
	6.3 Características <i>effectors</i>	6.3.1 Canhões automáticos 30 e 40mm de baixa velocidade				X				1/7	14
		6.3.2 Resposta eficaz contra diversos tipos de drones					X			1/7	14
		6.3.3 Neutralização de rádio frequência e GPG - Jamming						X		1/7	14
		6.3.4 Capacidade de Spoofing						X		1/7	14
		6.3.5 Meios cinéticos para proteção próxima						X		1/7	14
		6.3.6 SANT para realizar C-SANT com redes e meios de <i>Jamming</i>						X		1/7	14
6.3.7 Interoperabilidade entre <i>effectors Jamming e Spoofing</i>							X		1/7	14	
6.3.8 Mobilidade adequada							X	X	2/7	29	
6.3.9 <i>Soft-kill</i>								X	1/7	14	
6.3.10 <i>Hard-kill</i> sistemas canhão, mediante ROE								X	1/7	14	
<b>Conclusões:</b>											
A missão indicada por todos os entrevistados é a proteção C-SANT de FND (100%), seguido como constituição de uma FND para proteção de outras forças, e ainda a possibilidade de pertencer ao catálogo de forças da FRI e proteger infraestruturas. As características dos sensores são muito semelhantes às respostas anteriores, surgindo a interoperabilidade com outros sensores e a capacidade de <i>intel fusion</i> . Quanto aos <i>effectors</i> , as características também são muito semelhantes a respostas anteriores, surgindo a mobilidade adequada como característica a observar.											



Quadro 15 - Respostas à questão 7

Questão 7										
Entende como necessária para edificação da Capacidade C-SANT na Artilharia Antiaérea Portuguesa, a combinação de vários tipos de sensores para a deteção da ameaça SANT Classe I? Por favor, justifique.										
Categoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)
		1	2	3	4	5	6	7		
Combinação de sensores	7.1 Sim	X	X	X	X	X		X	6/7	86
	7.2 Permitirá maior flexibilidade e precisão		X			X			2/7	29
	7.3 Redundância de meios, complementaridade e integração			X					1/7	14
	7.4 A forma mais eficaz será a combinação de sensores				X				1/7	14
	7.5 Conferir um grau de precisão maior						X		1/7	14
<b>Conclusões:</b>										
A generalidade dos entrevistados concorda que deve existir uma combinação de vários tipos de sensores para a edificação da Capacidade C-SANT (86%). Alguns argumentos passam pela criação maior flexibilidade, precisão, complementaridade e redundância.										

Quadro 16 - Respostas à questão 8

Questão 8										
Entende como viável e necessário para edificação da Capacidade C-SANT na Artilharia Antiaérea Portuguesa, a combinação de vários tipos de <i>effectors</i> para a neutralização da ameaça SANT Classe I? Por favor, justifique.										
Categoria	Unidade registo	Entrevistados							Σ	(%)
		1	2	3	4	5	6	7		
Combinação de <i>effectors</i>	8.1 Sim	X	X	X		X	X	X	6/7	86
	8.2 É o ideal				X				1/7	14
	8.3 Proteção flexível		X			X	X		3/7	43
	8.4 <i>Effectors</i> cinéticos para proteção próxima				X		X		2/7	29
	8.5 <i>hard-kill</i> como último recurso							X	1/7	14
<b>Conclusões:</b>										
A generalidade dos entrevistados concorda que deve existir uma combinação <i>effectors</i> para a edificação da Capacidade C-SANT (86%). Os argumentos apontados são que a combinação confere uma proteção flexível, devendo os <i>effectors</i> cinéticos ( <i>hard-kill</i> ) ser considerados para proteção próxima.										

Apêndice G - Quadro de características SANT

Quadro 17 - Características da amostra<sup>27</sup> SANT Classe I do TO da Ucrânia

Nº		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
SANT	Pais	UCR	UCR	RUS	UCR	RUS	UCR	UCR	UCR	UCR	UCR	RUS	UCR	UCR	RUS	UCR	UCR	UCR	UCR	RUS	RUS	RUS	RUS	RUS		
	Categoria	MICRO MINI SMALL	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MICRO	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI		
	Tipo	LM/ FPV		LM			FPV								FPV	FPV				LM			FPV	FPV		
	Nomenclatura	-	Black Hornet Nano 3	D40	DjiMini	DjiMini 2	Piranha 5	DJI AIR 2S	DJI MAVIK 3 T (THERMAL)	Dji Mavic 3	Autel Evo II 640T	DJI Phantom 3	Dji Phantom 4	Dji Phantom 4	AQV 100 SCALPEL	Piranha 10	Atlas Pro	Quantix Mapper	SkyRanger R60	Swichblade-300	Granat-1	Zala 421-08	Hortensia 10	Hortensia 10 T	Dji Matrice 30T	
Físicas	Peso	kg	0,033	0,19	0,249	0,249	0,3	0,595	0,92	1,05	1,192	1,216	1,3	1,3	1,4	1,94	1,6	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	3	3	3,78	
	Configuração*	-	Mono rotor	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	Tricóptero	Híbrido	Quadricóptero	Asa fixa	Asa fixa	Asa Fixa	Quadricóptero	Quadricóptero	Quadricóptero	
	Dimensão	Asa (m)	0,169	0,12	0,213	0,213	0,12	0,302	0,3801	0,347	0,397	0,35	0,35	0,35	0,3		0,5575	0,975	0,6	0,495	0,82	0,81	0,254	0,254	0,668	
Cinemática - Voo	Velocidade horizontal máxima	km/h	22		47	58	220	67	54	75	72	57	72	100	140	56			50	161	75	130			82,8	
		m/s	6		13	16	61	19	15	21	20	16	20	28	39	16			14	45	21	36			23	
	Altitude máxima	m	50		3000	4000		5000	6000	6000		6000	6000	6000		3000	2300			4572	3500	5000			5000	
	Altitude operacional	m							500			500								150		2000				
	Duração de voo	min	25	60	30	30		30	45	43	40	25	30	30		12		30	45	50	20	75	90	7	7	41
Alcance máximo	km	2	20		15	6	18,5	32	15	25	1			10		8	40		30	15	30	10	10			
Navegação e Controle	Sistema de navegação	-	GNSS FREE	GPS	GPS GLONASS	GPS GLONASS GALILEO		GPS GLONASS GALILEO	GPS Galileo BeiDou GLONASS	GPS Galileo BeiDou GLONASS	GPS	GPS	GPS Glonass	GPS Glonass		GNSS		GPS	GPS		GPS GLONASS			GPS Galileo BeiDou GLONASS		
	Método de Controle	-	Assisted Control	Semi-Autonomous	Human-controlled	Human-controlled		Human-controlled	Human-controlled	Human-controlled	Human-controlled	Human-controlled	Human-controlled	Human-controlled	Semi-Autonomous			Semi-Autonomous								
Comunicações	Frequências (MHz / GHz)			2.400-2.4835 GHz 5.725-5.850 GHz	2.400-2.4835 GHz 5.725-5.850 GHz	Multi-frequency communication system	2.4 GHz - 5.8 GHz	2.400-2.4835 GHz 5.725-5.850 GHz	2.400-2.4835 GHz 5.725-5.850 GHz	2.4-2.4835GHz	5.725 - 5.825 GHz, 922.7 - 927.7 MHz (Japan)	2.400 - 2.483 GHz	2.400 - 2.483 GHz		Multi-frequency communication system	2.4 - 2.4835 GHz, 2.2 - 2.7 GHz	900 MHz	915MHz, 922MHz, 1380MHz, 2.4Ghz + other frequencies	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.300GHz-2.500GHz	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.200GHz-2.400GHz			2.4000-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz			
Payload	Sensores	-	Câmara	Câmara	Câmara	Câmara	Câmara	EO	EO/IR	EO	EO/IR	Câmara	Câmara	Câmara	Câmara	EO/IR	EO/IR	Câmara	Câmara	EO/IR	Câmara	EO/IR	EO/IR	EO/IR		
	Armamento	-		HE			Granadas de mão	Granadas Bomblets			Granadas de mão				RPG	Explosivos			40 MM			RPG-26	RPG-26			
	Outros			GE																					Designador laser	
	Carga máxima	kg		0,35			1								2,5	4,5							5	5		
Missões	Tipologia de missão		ISR	LM	ISR	ISR	Kamikaze	ISR	ISR	ISR	ISR	ISR	ISR	ISR	Kamikaze	Kamikaze	ISR	ISR	ISR	LM	ISR	ISR	ISR	ISR		
				ISR		Regulação de fogos de Morteiros ligeiros		ATQ	Regulação de fogos de Morteiros pesados e Artilharia	ATQ	ATQ	ATQ	BDA		ATQ					BDA	BDA	ATQ	ATQ	ATQ	Regulação de fogos de Morteiros pesados e Artilharia	
								Regulação de fogos de Morteiros pesados e Artilharia		Regulação de fogos de Morteiros pesados e Artilharia					Regulação de fogos de Morteiros ligeiros											
Origem	COTS/ Militar	MILITAR	MILITAR	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	MILITAR	COTS	COTS	MILITAR	MILITAR	COTS	MILITAR	MILITAR	MILITAR	COTS	COTS	COTS		



Nº		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46			
País		RUS	RUS	UCR	UCR	UCR	UCR	RUS	UCR	RUS	RUS	RUS	RUS	UCR	UCR	UCR	UCR	UCR	RUS	UCR	UCR	RUS	RUS	UCR			
SANT	Categoria	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	MINI	SMALL	SMALL	SMALL	SMALL			
	Tipo	LM/FPV									FPV								LM	LM	LM	LM					
Nomenclatura		-	Granat-2	Eleron-3 SV	A1-CM Furia	LELEKA 100	Warmate	Mini-Bayaktar	Granat-3	PUMA AE RQ 20B	Dji Matrice 300 RTK	Piranha 13	ZALA 421-16EM	TAKHION	Punisher	SCORPION	Quantum System Vector	RAM II	FlyEYE	Zala Lancet 3	Hero 120	Swichblade-600	SCAT 350s	Eleron -10	R18		
Peso		kg	4	5,3	5,5	5,5	5,7	5,8	6	6,3	6,3	6,32	6,5	7	7,5	8	9,5	9,8	11	12	14,5	15	15	15,5	17		
Configuração*		-	Asa fixa	Asa fixa	Asa fixa	Asa Fixa	Asa fixa	Asa fixa	Asa Fixa	Asa fixa	Quadróptero	Optocóptero	Asa fixa	Asa fixa	Asa fixa	Quadróptero	Asa Fixa	Asa Fixa	Asa Fixa	Asa fixa	Asa fixa	Asa fixa	Asa fixa	Asa fixa	Optocóptero		
Dimensão		Asa (m)	2	1,47	2	1,98	1,6	2	2	2,8	0,895		1,81	2	2,3	1,37	2,8	2,584	3,6	1		1,5	3,2		1,2		
		Comprimento (m)		0,635	0,9	1,135	1,1	1,2	0	1,4					0,61					1,45	1,8	1,65					
Velocidade horizontal máxima		km/h	85	130	75	45	150	74	120	83	83	130	110	100	198	54	72	70	120	110		185	120	135	43		
		m/s	24	36	21	13	42	21	33	33	23	23	36	31	28	55	15	20	19	33	31		51	33	38	12	
Altitude máxima		m	4100	5000	1200	1500	3000	1200	4000		5000		5000	4000	4000		4000	1000	3500	5000		4572	2000	4000	300		
Altitude operacional		m					300	600		152		3000		400		3000		1000			915	150	300				
Duração de voo		min	150	120	180	150	60	120	120	180	55		300	120	90	35	180	60	150	40	60	40	240	120	45		
Alcance máximo		km	15	25	50	45	30	30	40	20	15	20	50	40	60	18	60	60	200	40	60	80	100	50	20		
Sistema de navegação		-		GPS GLONASS	GPS, GLONASS Galileo BeiDou QZSS SBAS support	GNSS			GPS	GPS GLONASS BeiDou Galileo		GPS GLONASS				GNSS	GPS Inercial	GPS Odometric navigation subsystem	GPS GLONASS BeiDou Galileo		GPS			GPS			
Método de Controle		-		Semi-Autonomous	Conditional Autonomy	Semi-Autonomous	Autonomous	Semi-Autonomous							Semi-Autonomous	Semi-Autonomous	Conditional Autonomy	Semi-Autonomous	Semi-Autonomous	Human Controlled or Autonomous	Human Controlled	Human Controlled or Autonomous					
Comunicações		Frequências (MHz / GHz)	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 900MHz-928MHz, 1.080GHz-1.280GHz, 2.300GHz-2.500GHz	UHF 67MHz-872MHz, 915MHz-920MHz, 1.205GHz-1.250GHz		C-band - up link and downlink 3.7-4.2 GHz (downlink), 5.925-6.425 GHz (uplink)		UHF/VHF 867MHz-928MHz, 1.080GHz-1.280GHz, 2.300GHz-2.500GHz	M1: 1625-1725 MHz M2: 1780-1850 MHz M3: 2025-2110 MHz M4: 2200-2290 MHz	2.4000-2.4835 GHz 5.725-5.850 GHz		UHF/VHF 867MHz-872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.200GHz-2.400GHz	UHF 67MHz-872MHz, 915MHz-920MHz, 1.205GHz-1.250GHz				2.2-2.5 GHz 4.4-4.9 GHz		C Band – both uplink and downlink 3.7-4.2 GHz (downlink), 5.925-6.425 GHz (uplink)	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.200GHz-2.400GHz			UHF/VHF 976.5MHz-1.0215GHz, 1.0335GHz-1.11505GHz, 1.11055GHz-1.22225GHz ou S-band:11.775GHz				
Sensores		-	Câmara	EO/IR	Câmara	EO/IR	Câmara	EO/IR	Câmara	EO/IR	Câmara	EO	EO/IR	EO/IR	Câmara	EO/IR	EO/IR	Câmara	EO/IR	Câmara	EO/IR	EO/IR	Câmara	Câmara	EO/IR		
Armamento		-					HE Thermobarica					TM 62 M			UB-75mm HE MACE Termobarica			Tipo de Ogivas: Termobarica HEAT HE		HE	Anti-Tank Anti-personnel	Anti Tank Guided Missile			RKG-3 HEAT grenades RKG-1600		
Outros									Designador laser			Designador laser															
Carga máxima		kg		1				1	1		2,3	8	1		2,5			3	2	3	4,5				5		
Missões		Tipologia de missão	ISR	ISR	ISR	ISR	LM	ISR	ISR	ISR	ATQ	ISR	ISR	ISR	ISR	ISR	ISR	LM	ISR	LM	LM	LM	ISR	ISR	ISR		
			BDA		Regulação de fogos de Artilharia				Regulação de fogos de Artilharia			Colocação de Minas	Comunicações	Regulação de fogos de Artilharia	ATQ											ATQ	
					BDA									Designação e Alvos		PSY											Transporte
																Regulação de fogos de Artilharia											
Origem		COTS/ Militar	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	COTS	COTS	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR		

<sup>27</sup> O Quadro com as respetivas fontes pode ser acessido através da hiperligação: [https://drive.google.com/drive/folders/1BPhmO2Qk5mbvxbtF8ucbQ6XiuBoGv\\_IZ?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1BPhmO2Qk5mbvxbtF8ucbQ6XiuBoGv_IZ?usp=drive_link)

Nº		47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69		
País		UCR	RUS	UCR	RUS	UCR	UCR	RUS	RUS	UCR	UCR	UCR	UCR	RUS	RUS	RUS	RUS	UCR	UCR	RUS	RUS	RUS	RUS	UCR		
SANT	Categoria	MICRO MINI SMALL	SMALL	SMALL	SMALL	MICRO**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	MINI**	SMALL**	SMALL**	SMALL**				
	Tipo	LM/ FPV	FPV			FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	FPV	LM	LM		FPV	FPV	
	Nomenclatura	-	Queel Hornet	Eleron T-16	ScanEagle	Granat 4	Black Widow web 10	Saker Scout	Ovod	Vandal" or "Prince Vandal of Novgorod."	Wild Hornet	WALLY	KOLIBRI 7"	KOLIBRI 10"	Hortensia 7	VT 40	Ghoul	UdLintel	Khyzak REBOFF	BABA YAGA / Vampire	SCALPEL	Zala KUB-BLA	ZALA 421-04M	Flamethrower drone	DRAGON DRONE	
	Peso	kg	18	20	26,5	45																				
Físicas	Configuração*	-	Quadrícóptero	Asa fixa	Asa fixa	Asa Fixa	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Quadrícóptero	Hexacóptero	Quadrícóptero	Hexacóptero	Asa Fixa	Asa fixa	Asa Fixa	Quadrícóptero	Quadrícóptero		
	Dimensão	Asa (m)	0,381		3,1	3,2		0,67			0,1778		0,1778	0,254	0,1778				0,33			1,21	1,615			
		Comprimento (m)			1,71	2,5																0,95	0,635			
Cinemática - Voo	Velocidade horizontal máxima			65	148	140		180		150		120	120			180			80	120	130	130				
		m/s		18	41	39		50		42		33	33			50			22	33	36	36				
	Altitude máxima	m			5950	3500						3000	3000						400			3600				
	Altitude operacional	m		500		2000				10					150				400					3		
	Duração de voo	min			1080	360			10			15	15	7					20			30	180			
Alcance máximo	km	30	150	100	100	5	10	8	20	20	20	12	20	7	10	12	12	10	10	40	40	50				
Navegação e Controlo	Sistema de navegação	-		GPS		Filoguiado	Inercial		Filoguiado									Filoguiado	GPS		GNSS	GPS GLONASS				
	Método de Controlo	-	Human Controlled			Human Controlled	Autonomous	High Autonomy	Human Controlled with Last Mile" automatic guidance module	Human Controlled		Human Controlled with Last Mile" automatic guidance module	Human Controlled with Last Mile" automatic guidance module					Human Controlled	Semi-Autonomous		Conditional Autonomy					
Comunicações	Frequências (MHz / GHz)			900 MHz, 5.2 GHz, and 1359-1381 MHz.	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 900MHz-928MHz, 1.080GHz-1.280GHz, 2.300GHz-2.500GHz							Control: 433 - 980 MHz Video:5.8 / 1.2 / 4.9 GHz	Control: 433 - 980 MHz Video:5.8 / 1.2 / 4.9 GHz								UHF/VHF 867MHz-872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.200GHz-2.400GHz	UHF/VHF 867MHz-872MHz, 902MHz-928MHz, 1.561GHz-1.575GHz, 1.597GHz-1.616GHz, 2.200GHz-2.400GHz				
Payload	Sensores	-	EO	Câmara	EO/IR	Câmara	Câmara	EO/IR	Câmara	Câmara	EO	EO/IR	EO	EO	EO	EO	Câmara	Câmara	Câmara	EO/IR	Câmara	Câmara	EO/IR	Câmara	Câmara	
	Armamento	-				Explosivos	RKG-3 anti-tank RPG	Explosivo-KZ.6	PG-90S	Anti-Tank	Anti-Tank			RPG-26	RPG-26	PG-7VL RKG-3M		Explosivos	TM-62 82mm		HE		Fogo -thermite	Fogo -thermite		
	Outros		Repetidor Sinal		Desinador laser	Mecanismo para o filamento			Mecanismo para o filamento								Repetidor Sinal	Mecanismo para o filamento								
	Carga máxima	kg	9,5	6	5		2	3	3,5	3,5	1,5		1,5	2,4	2	3	2		4,8	15	5	3	1			
Missões	Tipologia de missão		ATQ	ISR	ISR	ISR	Kamikaze	ISR	GE	Kamikaze	Kamikaze	Kamikaze	ATQ	ATQ	ATQ	Kamikaze	Kamikaze	Comunicações-Repetidor	Kamikaze	ISR	Kamikaze	LM	ISR	ATQ	ATQ	
		Transporte	Regulação de fogos de Artilharia	Regulação de fogos de Artilharia	BDA		ATQ	ATQ					ISR	ISR	ISR					ATQ			BDA	PSY	PSY	
		Colocação de Minas			BDA															Transporte						
		Comunicações																								
Origem	COTS/ Militar	COTS	MILITAR	MILITAR	MILITAR	COTS	MILITAR	COTS	COTS	COTS	COTS	MILITAR	MILITAR	COTS	COTS	COTS	COTS	COTS	MILITAR	MILITAR	MILITAR	MILITAR	COTS	COTS		

**Observações:**

De acordo com os dados de classificação NATO apresentada no capítulo 2, o presente estudo considerou os valores do Quadro 18 - Classificação SANT Classe 1, em infra, para classificar a amostra SANT apresentada. Existem casos em que não foi possível obter informação relativa ao peso do sistema, pelo que foi considerado o valor de raio de ação (alcance máximo no Quadro 17) para a classificação. Esses sistemas encontram-se identificados com a sinalética \*\*.

Constam no Quadro 17 dois sistemas (n.º 68 e 69) cujos dados obtidos são insuficientes para a atribuição de uma subclasse, no entanto por serem FPV COTS foram considerados como Classe I na análise realizada.

No grupo I Físicas, os valores da característica Dimensão dos SANT multirrotor, dizem respeito à medição da diagonal dos mesmos (de um rotor a outro) tendo sido inscritos na linha Asa.



Quadro 18 - Classificação SANT Classe I

SANT	Categoria	Peso (kg)	Altitude Operacional <sup>28</sup> (m)	Raio de ação (km)
Classe I	Micro	<66 J <sup>29</sup> / 2 Kg	100 m	até 5 Km
	Mini	<15 kg ou >66 J/ 2 Kg	1000 m	até 25 Km
	Small	15-150 Kg	2000 m	até 50 Km

Fonte: Adaptado de NATO (2019)

<sup>28</sup> A classificação NATO tem como unidade de medida para o parâmetro altitude pés, conforme apresentado no capítulo 2. Para efeitos do presente trabalho utilizou-se a unidade de medida do Sistema Internacional metro para a Altitude Operacional. Desta forma os valores obtidos da conversão foram arredondados para número superior.

<sup>29</sup> De acordo com a classificação NATO (2019), os SANT de Classe I Micro não estão delimitados pelo seu peso habitual, mas sim pela energia cinética que pode transferir no caso de impacto contra uma pessoa (66 joules). Como referência, de acordo com o SG 170 *On Engagement of LSS Aerial Targets by GBAD* (JCGGBAD, 2013), o valor de referência utilizado para o presente trabalho foi 2 Kg.



## Apêndice H - Frequências

**Quadro 19 - Frequências utilizadas pelos SANT**

MHz	GHz
67–872	1.0215
433–980	1.0335–1.11505
867–872	1.11055–1.22225
900	1.080–1.280
900–928	1.205–1.250
902–928	1.561–1.575
915	1.59–1.616
915–920	2.2–2.5
922	2.2–2.7
922.7–927.7	2.200–2.400
1359–1381	2.300–2.500
1380	2.400–2.4835
1625–1725	2.400–2.483
1780–1850	2.400–2.485
2025–2110	2.4–5.8
2200–2290	3.7–4.2
2310–2390	4.4–4.9
2400–2510	5.2
	5.725–5.850
	5.725–5.825
	5.925–6.425
	11.775

System/Band	Frequency, Bandwidth
GPS L1	1,575.42 MHz, 15.345 MHz
GPS L2	1,227.6 MHz, 11 MHz
GPS L5	1,176.45 MHz, 12.5 MHz

System/Band	Frequency, Bandwidth
GLONASS I-L1	1,602 MHz, 6.5 MHz
GLONASS I-L2	1,246 MHz, 5 MHz
GLONASS II-L1	1,575.42 MHz, 6.5 MHz
GLONASS II-L1	1,600.995 MHz, 15.365 MHz
GLONASS II-L2	1,248.06 MHz, 8.75 MHz
GLONASS II-L3	1,202.025 MHz, 20.46 MHz
GLONASS II-L5	1,176.45 MHz, 10.22 MHz

**Figura 18 - Frequências GPS e GLONASS**

Fonte: Adaptado de Markarian & Staniforth (2021, p. 78)