

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR
2021/2022 – 2.ª EDIÇÃO



TII

O APOIO DA *GEOSPATIAL INTELLIGENCE* NA OTIMIZAÇÃO DAS
MISSÕES ATRAVÉS DO EMPREGO DE VEÍCULOS 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.

Ana Catarina Martinho Nunes

1TEN M



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

**O APOIO DA *GEOSPATIAL INTELLIGENCE* NA
OTIMIZAÇÃO DAS MISSÕES ATRAVÉS DO EMPREGO
DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

1TEN M Ana Catarina Martinho Nunes

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-M 2021/2022

Pedrouços 2022



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

**O APOIO DA *GEOSPATIAL INTELLIGENCE* NA
OTIMIZAÇÃO DAS MISSÕES ATRAVÉS DO EMPREGO
DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

1TEN M Ana Catarina Martinho Nunes

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-M 2021/2022

Orientador: CMG M Luís Miguel Cardoso Pércio Bessa Pacheco

Pedrouços 2022



Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, **Ana Catarina Martinho Nunes**, declaro por minha honra que o documento intitulado **O apoio da *geospatial intelligence* na otimização das missões através do emprego de veículos aéreos não tripulados** corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditora do **Curso de Promoção a Oficial Superior 2021/2022 – 2.^a Edição** 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, **11 de julho de 2022**

Ana Catarina Martinho Nunes
Assinatura



Agradecimentos

A motivação pelo tema do presente Trabalho de Investigação Individual facilitou a elaboração do mesmo, contudo, esta só se concretizou devido ao apoio de diversas pessoas e entidades.

Agradeço ao Capitão-de-mar-e-guerra Miguel Bessa Pacheco, orientador deste trabalho, por me ter ajudado a manter o rumo e pela partilha de conhecimento, que contribuiu para enriquecer o conteúdo apresentado.

Aos elementos entrevistados da Marinha, da Força Aérea, do Exército, e do Estado-Maior-General das Forças Armadas, agradeço o tempo que dispenderam para colaborar no meu estudo, tendo sido a sua participação fundamental para os resultados obtidos.

À Maria Antunes e ao Edgar Barreira, da Esri, endereço o meu agradecimento pela disponibilidade dedicada, assim como pela partilha de aplicações inovadoras.

Pela camaradagem e resiliência demonstradas, características no nosso meio militar, agradeço a todos os auditores desta edição do Curso de Promoção a Oficial Superior, que marcaram positivamente este percurso.

Termino agradecendo à minha família, que representou um pilar constante neste desafio. À minha irmã, Joana Nunes, um agradecimento especial por me ter presenteado com um veículo aéreo não tripulado, mas principalmente pela paciência, apoio e dedicação nos momentos em que mais precisei.



Índice

1. Introdução	1
2. Enquadramento teórico e conceptual	5
2.1 Revisão da literatura	5
2.1.1 Enquadramento estratégico	5
2.1.2 Base conceptual.....	7
2.1.3 Estado da arte	9
2.2 Modelo de análise	15
3. Metodologia e método	17
3.1 Metodologia.....	17
3.2 Método.....	17
3.2.1 Participantes e procedimento	17
3.2.2 Instrumentos de recolha de dados	18
3.2.3 Técnicas de tratamento de dados.....	19
4. Apresentação e discussão de resultados.....	20
4.1 Dados georreferenciados obtidos por UAV.....	23
4.2 Missões das FFAA portuguesas com emprego de UAV	25
4.3 Produção de GEOINT.....	27
4.4 Apoio da GEOINT via UAV na otimização das missões das FFAA portuguesas ..	30
5. Conclusões e recomendações.....	32
Referências bibliográficas	35

Índice de Apêndices

Apêndice A – Classificação de UAV	Apd A-1
Apêndice B – Objetivos estratégicos.....	Apd B-1
Apêndice C – Produtos de GEOINT	Apd C-1
Apêndice D – Guião da entrevista.....	Apd D-1
Apêndice E – Diagrama de Sankey	Apd E-1
Apêndice F – Missões das Forças Armadas	Apd F-1



Índice de Figuras

Figura 1 – Ciclo de produção de <i>intelligence</i>	8
Figura 2 – Relação entre os elementos-chave do TII	8
Figura 3 – a) UAV classe I; b) UAV classe III	10
Figura 4 – Construção de modelo 3D a partir de fotogrametria.....	12
Figura 5 – Hidrografia e topografia: Nuvem de pontos via LiDAR em UAV	13
Figura 6 – RA em UAV.....	14
Figura 7 – Utilização de IA para UAV aterrar em segurança	14
Figura 8 – Rede de ligações entre códigos	21
Figura 9 – Tabela código-documento.....	22
Figura 10 – Distribuição de código por documento	22
Figura 11 – Utilização de UAV português em missão da NATO no Kosovo.....	26
Figura 12 – Planeamento de voo de UAV	27
Figura 13 – Produto de GEOINT do CIGeoE	29
Figura 14 – Diagrama de Sankey códigos-documentos	Apd E-1

Índice de Quadros

Quadro 1 – Emprego de UAV a nível ambiental.....	10
Quadro 2 – Modelo de Análise.....	16
Quadro 3 – Participantes.....	18
Quadro 4 – Dados georreferenciados por UAV	23
Quadro 5 – Missões das FFAA portuguesas com emprego de UAV	25
Quadro 6 – Produtos de GEOINT	28
Quadro 7 – Classificação de UAV pela NATO.....	Apd A-1
Quadro 8 – Emprego de UAV a nível ambiental – Produtos GEOINT	Apd C-1
Quadro 9 – Missões das FFAA	Apd F-1



Resumo

O presente trabalho de investigação tem como objeto de estudo relevar a importância da *Geospatial Intelligence* (GEOINT) durante o planeamento e execução das missões das Forças Armadas (FFAA) portuguesas, obtida com recurso a dados georreferenciados provenientes de *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), tanto em contexto militar como civil, visando a otimização dessas missões.

Do objetivo geral foram formulados três objetivos específicos que a investigação procurou alcançar. Procedeu-se à classificação de dados georreferenciados passíveis de serem adquiridos por UAV, resultantes de sensores ativos e passivos, de acordo com os modelos que têm sido empregues em missões nacionais e internacionais. Posteriormente, procedeu-se à investigação dos tipos de missões realizadas pelas FFAA portuguesas que podem empregar UAV, tanto no contexto civil como militar. Finalmente, foram analisados os principais produtos de GEOINT, resultantes de geoprocessamento e do ciclo de *intelligence*, destacando-se de que forma podem os dados georreferenciados (obtidos por UAV) originar esses produtos.

Esta investigação permitiu concluir que a GEOINT pode contribuir significativamente para realizar e otimizar diferentes tipos de missões, tanto para efeitos de planeamento, como no decorrer e em pós operação, decorrente do geoprocessamento de diversos dados provenientes de UAV, sucedido pela realização das atividades previstas no ciclo de produção de *intelligence*.

Palavras-chave: *Geospatial Intelligence* (GEOINT); *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* (ISR); Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); fotogrametria; Forças Armadas.



Abstract

The present research work object is to highlight the importance of Geospatial Intelligence (GEOINT) during the planning and execution of the Portuguese Armed Forces missions, obtained using georeferenced data from Unmanned Aerial Vehicles (UAV), both in military and civilian contexts, aiming the optimization of these missions.

From the general objective, three specific objectives were formulated to be achieved by the investigation. The georeferenced data that can be acquired by UAV, resulting from active and passive sensors, were classified according to the models that have been used in national and international missions. Subsequently, the investigation of the types of missions carried out by the Portuguese Armed Forces that can employ UAV was carried out, both in the civil and military contexts. Finally, the main GEOINT products, resulting from geoprocessing and the intelligence cycle, were analysed, highlighting how georeferenced data (obtained by UAV) can originate these products.

This investigation led to the conclusion that GEOINT can significantly contribute to perform and optimize different types of missions, whether in planning, operation, or post-operation, resulting from the geoprocessing of several data from UAV, followed by the execution of the activities included in the intelligence production cycle.

Keywords: Geospatial Intelligence (GEOINT); Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR), Unmanned Aerial Vehicle (UAV); photogrammetry; Armed Forces.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
BLOS	<i>Beyond Line of Sight</i>
CADOP	Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais
CCEM	Conselho de Chefes de Estado-Maior
CEDN	Conceito Estratégico de Defesa Nacional
CEMA	Chefe de Estado-Maior da Armada
CEOM	Centro de Experimentação Operacional da Marinha
CEOV	Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados
CF	Corpo de Fuzileiros
CIGeoE	Centro de Informação Geoespacial do Exército
CLS	<i>Collecte Localisation Satellites</i>
COMINT	<i>Communications intelligence</i>
CPLP	Comunidade dos Países de Língua Portuguesa
DEM	Diretiva Estratégica da Marinha
EMA	Estado-Maior da Armada
EMGFA	Estado-Maior-General das Forças Armadas
Ex.	Exemplo
FAP	Força Aérea Portuguesa
FFAA	Forças Armadas
FLIR	<i>Forward Looking InfraRed</i>
FND	Forças Nacionais Destacadas
FOV	<i>Field Of View</i>
GEOINT	<i>Geospatial Intelligence</i> (Inteligência Geoespacial)
GSM	<i>Global System Mobile</i>
GT-VANT	Grupo de Trabalho para o Projeto de Desenvolvimento de Veículos Aéreos Não-Tripulados em Operações Marítimas
GT-VENT	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento de Veículos Não Tripulados
IA	Inteligência Artificial
IE	Iniciativas Estratégicas
IH	Instituto Hidrográfico



IH-SENSORTECH	Centro de Desenvolvimento de Tecnologias de Observação do Oceano
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i>
IOA	Instrução Operacional da Armada
ISR	<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>
IUM	Instituto Universitário Militar
LH	Levantamentos hidrográficos
LiDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
LOS	<i>Line of Sight</i>
MAD	<i>Magnetic Anomaly Detector</i>
MP	Marinha Portuguesa
MDT	Modelo Digital de Terreno
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Organização do Tratado do Atlântico Norte)
OE	Objetivo/s Específico/s
OG	Objetivo Geral
ONU	Organização das Nações Unidas
QC	Questão Central
QD	Questão Derivada
RA	Realidade Aumentada
RCS	<i>RADAR Cross-Section</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
RWR	<i>RADAR Warning Receiver</i>
SANT	Sistema aéreo não tripulado
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TII	Trabalho de Investigação Individual
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle/s</i>
UAS	<i>Unmanned Aircraft System/s</i>
UE	União Europeia
VENT	Veículos Não Tripulados



1. Introdução

O presente trabalho de investigação individual (TII) visa analisar o apoio que os produtos de informação resultantes da capacidade de *Geospatial Intelligence*¹ (GEOINT), obtidos através do emprego de veículos aéreos não tripulados, podem conferir na realização e otimização das missões das Forças Armadas.

Será utilizado o termo *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) na referência a veículos aéreos não tripulados.

No âmbito das Forças Armadas (FFAA), o uso de UAV materializa uma capacidade que, para além de permitir a aquisição de dados geoespaciais de uma forma inovadora, permite economizar recursos materiais e pessoal face aos métodos tradicionais de recolha de informações e, posteriormente, elaborar produtos de GEOINT relevantes ao planeamento, à execução e à análise das missões. Neste sentido, o presente tema visa discutir a otimização da gestão de recursos na componente operacional das FFAA e o desenvolvimento e melhoramento das suas capacidades com base em GEOINT produzida com recurso a utilização de UAV.

Em paralelo, numa altura em que um dos principais problemas do mundo está relacionado com as alterações climáticas, especialmente o aquecimento global, é de realçar o impacto ambiental menos nefasto que o uso destes meios pode provocar face ao uso dos meios tradicionais. Enquanto as aeronaves convencionais utilizam querosene como combustível, libertando uma grande quantidade de emissões poluentes (dióxido de carbono, óxidos de azoto, hidrocarbonetos, monóxido de carbono, entre outros), os UAV são essencialmente elétricos (Bai et al., 2020, p. 2). Existem, todavia, versões de UAV híbridos que, para além de baterias, utilizam motores de combustão por forma a aumentar o seu alcance e autonomia (Bai et al., 2020, pp. 2-3).

Os UAV possibilitam a instalação de diversos sensores, podendo adquirir diferentes tipos de dados com elevada resolução espacial e de forma flexível (Yao, Qin & Chen, 2019, p. 1). Estas potencialidades permitem elaborar produtos de qualidade e rigor através de processos de GEOINT que, por sua vez, melhora a qualidade, a eficácia e otimiza o apoio às diferentes missões.

Relativamente aos benefícios que o uso de UAV pode provocar, especificamente, na condução das operações navais, destacam-se (Marinha Portuguesa (MP), 2021, p. 1.1):

“a. Redução do risco para a vida humana;

¹ Optou-se por não traduzir a expressão por forma a evitar ambiguidades.



- b. Custo-benefício operacional;
- c. Flexibilidade, versatilidade e interoperabilidade;
- [...]
- e. Alcance e autonomia.”

Deste modo, estes meios potenciam a capacidade das unidades operacionais, tanto da MP como da AMN. Adicionalmente, contribuem de forma relevante para a consolidação do conhecimento situacional marítimo; para o apoio à decisão e à monitorização ambiental; e na proteção de recursos (MP, 2021, p. 1.2).

Este TII tem como objeto de investigação relevar a importância da GEOINT durante o planeamento e execução das missões das FFAA portuguesas, obtida com recurso a dados georreferenciados provenientes de UAV, tanto em contexto militar como civil, a fim de se proceder à otimização dessas missões.

O objeto da investigação estará limitado, em termos de espaço, às missões nacionais e internacionais que sejam concretizadas pelas FFAA portuguesas.

Quanto à delimitação temporal, o TII será delimitado entre o ano de 2021, referente ao início da Diretiva Estratégica do Estado-Maior-General das Forças Armadas (EMGFA) (EMGFA, 2021) até à atualidade (considere-se julho de 2022);

Relativamente ao conteúdo, as missões que serão motivo de análise no âmbito da respetiva otimização através da GEOINT proveniente do uso de UAV, enquadram-se em 3 áreas distintas:

- Operações (*Collecte Localisation Satellites* (CLS), 2020):
 - Extração da batimetria costeira a partir de imagens multiespectrais para identificação dos melhores locais para realizar desembarques anfíbios,
 - Obter informações sobre ameaças (proteção da força),
 - Reconhecimento geográfico,
 - Apoio na contenção da poluição do mar (Oliveira et al., 2019, p.1), no âmbito da autoridade marítima nacional;
- Apoio no combate à criminalidade (Dagkinis & Nikitakos, 2019, p. 191):
 - Detecção de transbordos entre navios com a finalidade de efetuarem contrabando, tráfico de pessoas, ou pesca ilegal,
 - Detecção de eventos de assaltos armados, pirataria marítima ou terrorismo;
- Apoio direto à comunidade civil (CLS, 2020):
 - Verificação de danos,



- Busca e salvamento,
- Planeamento para acesso a zonas remotas.

Quanto aos tipos de UAV existentes, o presente TII irá adotar a classificação atribuída pela *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), cujas características são apresentadas no Quadro 7 do Apêndice A. Os UAV de classe I apresentam melhor portabilidade e versatilidade no lançamento/recolha, enquanto os de classes II e III têm maior resistência perante condições meteorológicas adversas (Gao et al. 2021, p. 1) e maior autonomia (Vicente, 2011, p. 5). Consoante o produto de GEOINT pretendido e as condições de operação, assim se deve seleccionar o tipo de UAV a empregar, atendendo ao *payload* necessário. Através das entrevistas exploratórias, foi possível aferir que, atualmente, o tipo de UAV mais utilizado pela MP e pelo Exército são de Classe I (inferior a 150 kg). Por outro lado, a Força Aérea Portuguesa (FAP) tem utilizado também UAV das Classes II e III, através de Forças Nacionais Destacadas (FND) em missões combinadas, conforme referido por L. Fernandes (entrevista por telefone, 13 de maio de 2022).

O objetivo geral (OG) do presente TII consiste em analisar o apoio que a GEOINT pode fornecer na otimização das missões, através do emprego de UAV, relativo às FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar.

No seguimento do OG foram formulados os seguintes objetivos específicos (OE):

- OE1: Classificar os dados georreferenciados que podem ser obtidos por UAV conforme os sensores utilizados;
- OE2: Investigar a tipologia de missões das FFAA portuguesas que poderão empregar UAV, nos contextos civil e militar;
- OE3: Analisar a forma como os dados georreferenciados podem originar produtos de GEOINT.

O problema que o presente TII pretende abordar é descrito sob a forma de uma questão central, de onde são derivadas outras questões, às quais se pretende dar resposta durante a investigação visando obter uma solução exequível.

Após a fase de estudo inicial e investigação do estado da arte, que incluiu a concretização de entrevistas exploratórias, foi definida a Questão Central (QC):

QC: Que tipologia de apoio pode a GEOINT dar na otimização das missões das FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar, através do emprego de UAV? Por forma a orientar a resposta à QC serão estabelecidas Questões Derivadas (QD) no modelo de análise.



O estudo do presente TII será dividido em 5 capítulos (Santos & Lima, 2019, pp. 152-153; Instituto Universitário Militar (IUM), 2020, p. B2) – introdução, enquadramento teórico e conceptual (em que é apresentado o estado da arte sobre o tema), metodologia e método, apresentação e discussão de resultados (que procura dar resposta à QC), conclusões e recomendações.



2. Enquadramento teórico e conceptual

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura que destaca o estado da arte sobre o tema em estudo, incluindo o respetivo suporte estratégico. Adicionalmente, serão definidos os principais conceitos que irão constituir a base do estudo, e apresentado o modelo de análise.

Conforme IUM (2017), o contexto do presente estudo enquadra-se na área de “Técnicas e tecnologias militares”, mais especificamente, na subárea de apoio geoespacial (remetido para “outras”).

2.1 Revisão da literatura

Neste subcapítulo pretende-se apresentar o suporte estratégico referente ao tema, assim como o respetivo estado da arte, refletindo como tem sido aplicada a GEOINT proveniente do emprego de UAV a nível global.

2.1.1 Enquadramento estratégico

De acordo com a Diretiva Estratégica do EMGFA 2021-2023 (EMGFA, 2021), foram estabelecidos diversos objetivos estratégicos, entre os quais se destacam:

- De perspetiva genética:
 - “Dinamizar a inovação e a transição digital nas Forças Armadas”, através de linhas de ação (LA) que promovem o desenvolvimento de tecnologia inovadora a empregar em missões futuras conjuntas (EMGFA, 2021, p. 30).
- De perspetiva operacional:
 - “Otimizar o apoio militar a emergências civis”, através de LA que maximizam o uso operacional de UAV pelos três ramos, tanto em contexto civil como militar (EMGFA, 2021, p. 34).

O emprego de UAV no âmbito das missões das FFAA contribui para o cumprimento dos objetivos citados. Adicionalmente, a adoção destes meios em apoio à GEOINT vai ao encontro da orientação estratégica da mesma diretiva que visa “melhorar a capacidade para superar as dificuldades em pessoal e material” através da otimização de recursos (EMGFA, 2021, p. 14). O seu emprego, em detrimento de outros meios, justifica-se em missões com determinadas características, nomeadamente: onde exista risco para os militares, que possa ser evitado através de UAV; onde haja necessidade de obter imagens de elevada resolução a baixo custo; em locais remotos de difícil acesso, frequente em situações de emergências civis; onde conseguem alocar poucos elementos para operar o meio; e quando não careçam de elevada autonomia ou que a área de operações seja reduzida. Os UAV não são adequados



para operar em áreas muito grandes, como uma região ou um país, pois não têm autonomia suficiente e a atuação seria demasiado morosa (maior resolução espacial equivale a menor cobertura) (Barnes, 2018).

Quanto à oportunidade de focar os UAV como capacidade inovadora, o Conceito Estratégico de Defesa Nacional (CEDN), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2013 de 05 de abril, define como objetivos nacionais conjunturais, entre outros, a promoção da investigação científica e da inovação. Este incentivo é reiterado na definição dos vetores e linhas de ação estratégica no âmbito da valorização dos recursos e das oportunidades nacionais (Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2013).

No contexto específico da MP, a aposta no desenvolvimento e experimentação de *Unmanned Aircraft Systems* (UAS)² tem sido crescente. Salientam-se a criação do Grupo de Trabalho para o projeto de desenvolvimento de Veículos Aéreos Não-Tripulados em Operações Marítimas (GT-VANT) (Chefe de Estado-Maior da Armada (CEMA), 2013), e a posterior criação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento de Veículos Não Tripulados (GT-VENT) (CEMA, 2015), ambos coordenados pelo Estado-Maior da Armada (EMA). O GT-VENT foca, para além de aéreos, veículos subaquáticos e de superfície não tripulados, e foi alvo de revisão em 2017 (CEMA, 2017), após promulgação da Instrução Operacional da Armada (IOA) 301 que define o “Conceito de Emprego Operacional de Veículos Não Tripulados Aéreos” (MP, 2016a).

Adicionalmente, foram concretizadas parcerias entre a Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados (CEOV), pertencente ao Comando Naval, e empresas especializadas em UAS, nomeadamente, a TEKEVER (MP, 2016b) e a UAVision (MP, 2016c).

Focando o desenvolvimento de sensores de baixo custo para observação do oceano, aos quais está associado o desenvolvimento e uso de UAV para emprego técnico-científico, foi criado em 2020 o Centro de Desenvolvimento de Tecnologias de Observação do Oceano (IH-SENORTECH) (CEMA, 2020). Destaca-se também a edificação do Centro de Experimentação Operacional da Marinha (CEOM) que visa fomentar o desenvolvimento de tecnologias que representem potenciais capacidades operacionais (MP, 2021, p. 1.5).

Ainda no contexto naval, salientam-se determinados objetivos estratégicos definidos na Diretiva Estratégica da Marinha (DEM) de 2022 (MP, 2022), que se encontram descritos no Apêndice B. Estas orientações vão ao encontro da utilização de UAV como meio para a

²Sistema aéreo não tripulado (SANT)



obtenção de dados e informações para os processos de GEOINT, em novos conceitos de emprego, aumentando a capacidade operacional atual e, em simultâneo, modernizá-la tecnologicamente. Adicionalmente, o recurso a estes meios contribui para a promoção da sustentabilidade ambiental, pois a sua agilidade, comparativamente a um navio, permite monitorizar uma área maior em menos tempo, o que representa uma diminuição de emissões poluentes derivadas de combustível. Este fator contribui para um estudo detalhado do oceano, otimizando a deteção de ocorrências poluição (tanto de hidrocarbonetos como de outros resíduos sólidos (Topouzelis, Papakonstantinou, & Garaba, 2019, p. 175)) e, consequentemente, incentivando políticas de conservação ambiental.

É de realçar ainda que, através da multiplicação de meios que aumentem e protejam a força, tais como o emprego de UAV em missões, também se visa anular a vantagem do emprego de UAV por opositores (MP, 2021, p. 1.2).

Deste modo, pode-se constatar que o suporte estratégico fomenta o emprego de UAV pelas FFAA portuguesas, através do qual se pode otimizar as missões.

2.1.2 Base conceptual

Por forma a caracterizar e definir os conceitos dos elementos-chave do presente TII, destacam-se os UAV que permitem a recolha de dados; e a GEOINT, que inclui as vertentes geoespacial e *intelligence*.

Um UAS é constituído por uma aeronave operada remotamente ou de forma autónoma (pré-programada), designada por UAV; pelo operador; e por elementos associados. Estes incluem o *payload* (carga/equipamento que o UAV pode transportar), link para comunicação e componentes para controlar o UAV, fundamentais para o operador garantir a segurança e a eficiência da operação no espaço aéreo (Babayomi, 2019, p. 569; Wang et al., 2021, pp. 4-5).

O termo GEOINT é recente, tendo sido oficializado em 2004 nos Estados Unidos da América, e pode ser definido como informação extraída ou obtida a partir de imagens, de dados geoespaciais sob vários formatos, e da respetiva análise, referentes a atividades ou características referenciadas geograficamente na Terra (Goicuría, Lamelas & Martín, 2021, p. 33; NATO, 2021, p. 59). Dissecando o termo GEOINT, pode-se definir geoespacial como a posição relativa de algo na superfície terrestre (Longley, 2005, p. 9); e *intelligence* como a recolha e processamento de informações, de acesso livre ou restrito, referentes a um meio ambiente, a capacidades e a intenções de atores, com o propósito de apoiar a tomada de decisão através da identificação de ameaças e oportunidades (Rodrigues, 2015, pp. 16-17;



NATO, 2021, p. 69). Neste âmbito, deve-se ter em consideração o ciclo de produção de *intelligence*, que envolve as etapas apresentadas na Figura 1 (Berger, 2022, p. 10).

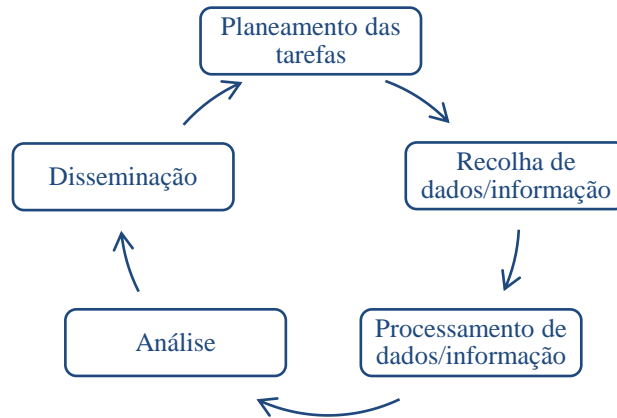


Figura 1 – Ciclo de produção de *intelligence*
Fonte: Adaptado a partir de Berger (2022)

No seguimento da produção de GEOINT, importa também clarificar o conceito de deteção remota. Esta consiste em obter informações relativamente a um objeto ou fenómeno através da recolha e análise de dados por um dispositivo, sem contacto direto (Sousa & Silva, 2011, p. 4). A deteção remota a partir de UAV pode ser feita através da integração de diversos sensores como, por exemplo (ex.), eletro-óticos, radar, térmicos ou multiespectrais (Goicuría, Lamelas & Martín, 2021, p. 33).

A Figura 2 apresenta a forma como os conceitos referidos se relacionam entre si no âmbito do presente TII. Observa-se que, no decorrer das missões, são empregues UAV que, por sua vez, permitem a obtenção de dados geoespaciais através de deteção remota. Fechando o ciclo, os dados são processados e analisados, originando produtos de GEOINT que visam otimizar as missões.

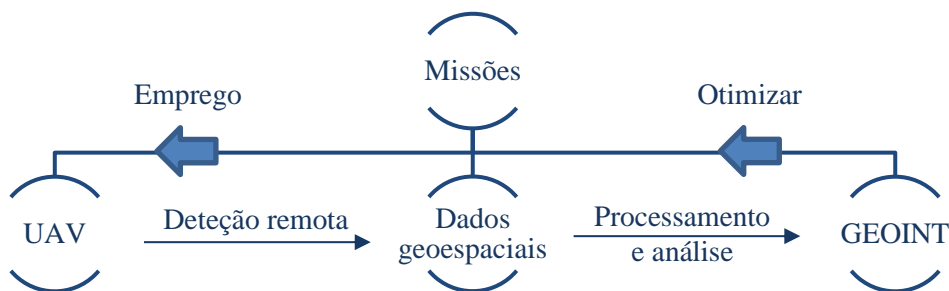


Figura 2 – Relação entre os elementos-chave do TII



2.1.3 Estado da arte

Os UAV têm sido utilizados nas mais diversas aplicações, e a sua relevância não passou despercebida entre as FFAA portuguesas, conforme é refletido no enquadramento estratégico atual. Estando o desenvolvimento da fase de experimentação em ascensão, conforme referido por L. Mendes (entrevista presencial, 24 de março de 2022), P. Simões (entrevista por telefone, 31 de março de 2022) e por J. Caetano (entrevista por telefone, 17 de março de 2022), importa identificar os produtos de GEOINT que se pode e deve obter com esta capacidade. Apresentam-se nesta secção alguns exemplos do que se tem registado a nível internacional.

As vantagens no uso de UAV nas mais diversas aplicações são várias, nomeadamente, o baixo custo quando comparado com uma aeronave, a portabilidade dos pertencentes à classe I, a possibilidade de passagem em zonas de difícil acesso, a poupança no combustível, a segurança do pessoal, entre outras (Carvalho, 2019, p. 17).

Desde 2014 que, no âmbito das missões da *European Union Naval Force*, têm sido empregues UAV na costa da Somália, no apoio ao combate à pirataria (DefenceWeb, 2014). Também no Oceano Índico, são utilizados para monitorizar navios do *World Food Programme*, por forma a garantir a sua segurança e a chegada dos respetivos alimentos a África Oriental. Estes UAV pertencem à classe III (Figura 3 - b)) e são essencialmente operados pela Força Aérea dos Estados Unidos da América, tendo sido previamente utilizados em África, no apoio à GEOINT sobre militantes islâmicos no Níger e a Al Qaeda no Mali (DefenceWeb, 2014).

Como ex. de mitigação da pesca ilegal, a autoridade de pesca da República das Seicheles criou o projeto *FishGuard*. Este consiste na utilização de UAV de curto e longo alcance pela respetiva Força Aérea, no intuito de monitorizar as atividades de pesca ilegal. Num país em que a pesca corresponde a 95% das exportações e emprega 17% da população, este projeto revelou ser fundamental para a monitorização de áreas de grande dimensão, principalmente porque incorpora inteligência artificial (IA) no guiamento dos UAV (DefenceWeb, 2014).

Entre as atividade ilícitas existentes nos oceanos, para além da pirataria e da pesca ilegal que foram mencionadas, ocorrem frequentemente atividades de tráfico humano e de armas, contrabando de droga, terrorismo, poluição, migração irregular, entre outras. Sendo o UAV um meio de fácil integração, tem sido utilizado como complemento de outros sistemas de deteção destas atividades, representando uma ferramenta útil à tomada de



decisão, principalmente de autoridades portuárias. Utilizado na vigilância marítima e terrestre, trata-se de um complemento às imagens satélite, sendo também auxiliar nas operações de busca e salvamento (CLS, 2020) e no combate a incêndios (Carvalho, 2019, p. 17).

A nível ambiental, os UAV têm tido diversas aplicações como, por ex., as que se apresentam no Quadro 1, e são geralmente de classe I (Figura 3 - a)).

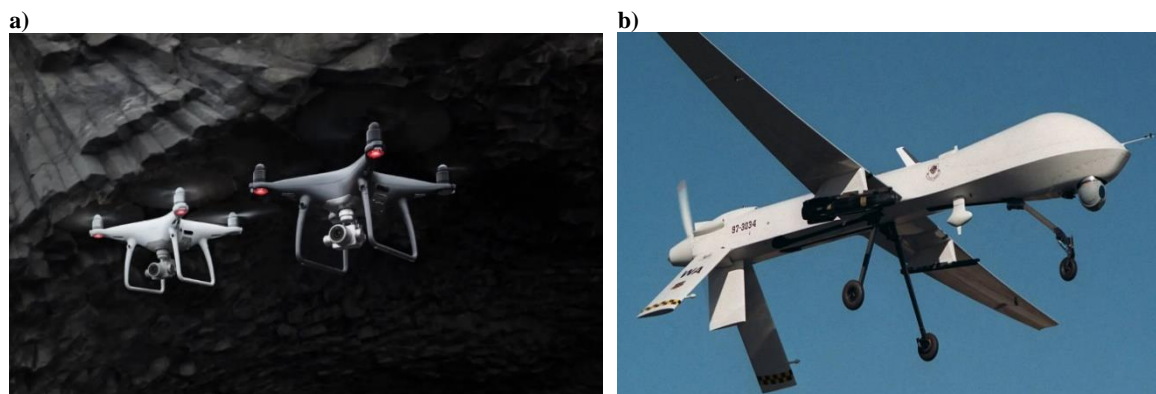


Figura 3 – a) UAV classe I; b) UAV classe III
Fonte: DJI (s.d.); Militar.com (s.d.)

Quadro 1 – Emprego de UAV a nível ambiental

Missão	Local	Sensores de aquisição de dados geoespaciais	Produto GEOINT (Ilustração no Quadro 8 do Apêndice C)
Evolução da linha de costa	Cuddalore, Índia	Câmara <i>Red, Green, Blue</i> (RGB) (UAV de asa fixa)	Cálculo da taxa de variação (recuos e avanços entre terra e mar) a partir de modelo digital de superfície e ortofotomapa provenientes de fotogrametria com imagens de alta resolução.
Levantamento geológico em área de difícil acesso	Selmun, Malta	Câmara RGB (modelo DJI Phantom 4 Pro)	Integração em Sistema de Informação Geográfica (SIG) e identificação de fraturas e de estruturas rochosas a partir de modelo 3D, proveniente de fotogrametria com imagens de alta resolução.
Determinar descarga do rio para gerir recursos hídricos	Junggar, China	Câmara RGB (modelo DJI Phantom 4 Pro)	Aplicação da Fórmula Manning-Strickler para calcular descarga do rio, com base em informação extraída do modelo digital de superfície e do ortofotomapa.
Monitorizar o estado geomorfológico e da vegetação das dunas costeiras	Ravenna, Itália	Câmara RGB (modelo DJI Phantom 3 Pro)	Observação de um aumento constante e progressivo da área de cobertura vegetal e consolidação do sistema dunar, a partir de modelo digital de superfície e ortofotos provenientes de fotogrametria com imagens de alta resolução.
Deteção rápida de vários poluentes ao longo da faixa costeira	Ostuni e Policoro, Itália;	<i>Forward Looking InfraRed</i> (FLIR) térmica e RGB, câmara multiespectral e sensor de luz incidente	Classificação automática supervisionada de areia, vegetação e resíduos através de SIG com base em modelo digital de terreno (MDT) e



	Bretanha, França	(modelos DJI Inspire 2 e DJI Phantom 4 Pro)	ortofotos, provenientes de fotogrametria.
--	---------------------	--	--

Fonte: Adaptado a partir de Shenbagaraj, Senthil kumar, Rasheed, Leostalin e Kumar (2021, p. 1769); Colica et al. (2021, pp. 1-4); Yang, Wang, Wang, Lou e Gong (2021, p. 1); Fabbri, Grotto, Armaroli e Ciavola (2021, pp. 1-5); Cagnazzo, Potente, Regnaud, Rosato e Mastronuzzi (2021, pp. 29-33).

Verifica-se, através do Quadro 1, que um dos processos mais utilizados na elaboração de produtos de GEOINT é a aplicação da técnica de fotogrametria na construção de modelos tridimensionais que, por sua vez, possibilitam a extração de informação diversa sobre os locais. A fotogrametria consiste numa “disciplina que pesquisa formas, localizações, dimensões, características e inter-relações de objetos reais a partir de imagens óticas” (Gong & Ji, 2018, p. 693). Neste seguimento, a Figura 4 apresenta as seguintes etapas que constituem o processo de fotogrametria a nível digital, sendo o mais utilizado atualmente (Colica et al., 2021, p. 5):

- Após aquisição de imagens aéreas por UAV, utilizando pontos de controlo no terreno (com coordenadas geográficas conhecidas), estas são importadas para um *software* de processamento.
- Procede-se ao alinhamento da câmara, em que as imagens são posicionadas corretamente entre elas ou, no caso de já estarem georreferenciadas, obtém-se a posição exata de cada uma no espaço real. É criada uma nuvem de pontos dispersos e inserem-se as coordenadas dos pontos de controlo no solo, visíveis nas imagens, por forma a melhorar a precisão do modelo.
- É construída uma nuvem densa de pontos com as posições estimadas da câmara.
- Com base na nuvem densa de pontos, é construída uma malha poligonal em 3D que representa a superfície do terreno.
- Finalmente, a malha é texturizada e utilizada para a construção de ortofotomapas georreferenciados e de modelos digitais de elevação em 3D.

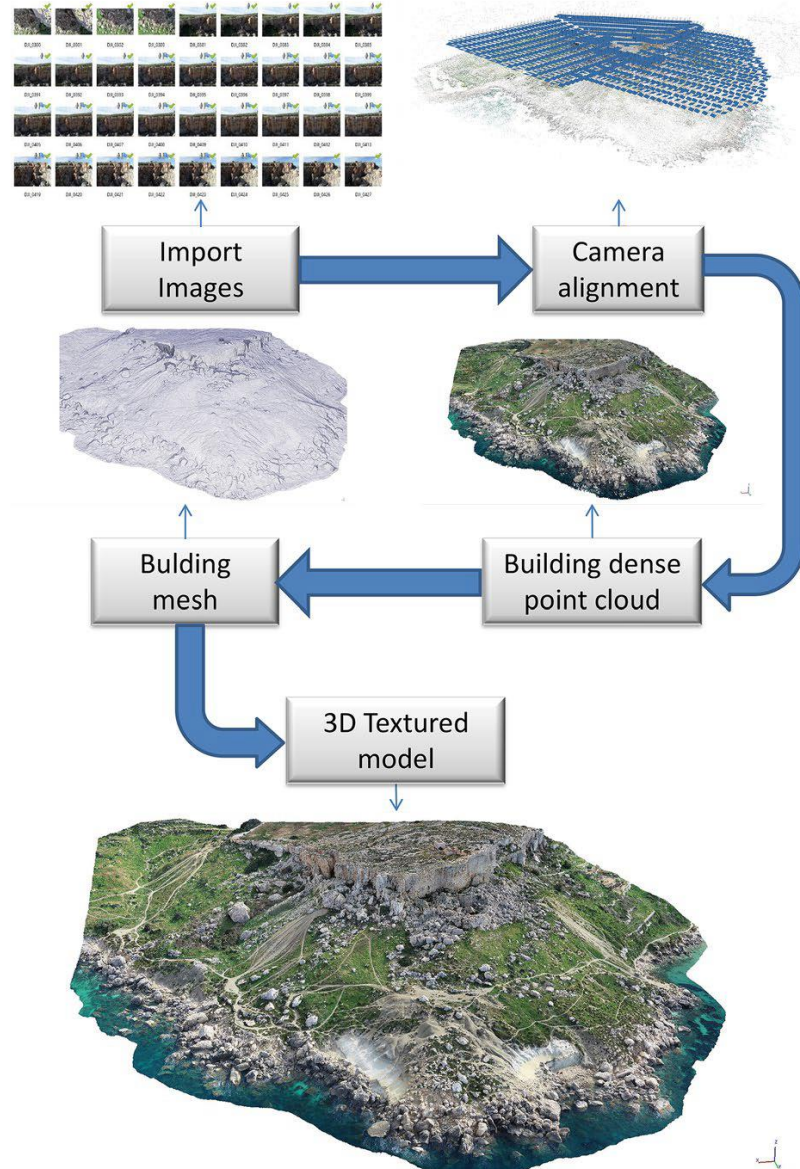


Figura 4 – Construção de modelo 3D a partir de fotogrametria
Fonte: Colica et al. (2021, p. 5).

Os UAV também têm sido aplicados na detecção do fundo marinho em zonas pouco profundas, com diversas finalidades, e utilizando diferentes tipos de sensores como, por ex.:

- O *Light Detection And Ranging* (LiDAR) tem comprovado ser uma tecnologia adequada para adquirir dados de batimetria em águas pouco profundas. O seu sistema com dois comprimentos de onda é facilmente instalado num UAV, integrado com um sistema de posição e orientação, e permite adquirir uma densidade elevada de dados. Esta tecnologia permite medir a distância à superfície e ao fundo pois um dos feixes penetra na água. Adicionalmente, esta tecnologia



permite efetuar topografia através do UAV (Wang et al., 2022, p. 1-3). A Figura 5 apresenta um resultado deste emprego.

- Em alternativa aos sensores hiperspectrais, que têm um elevado custo, pode-se combinar imagens RGB e multiespectrais, adquiridas pelo UAV, para obter mapeamento batimétrico em zonas pouco profundas (Alevizos, Oikonomou, Argyriou & Alexakis, 2022, p.1).
- Aplicável a águas pouco profundas e com elevada transparência, surgiu uma abordagem recente de imagens aéreas RGB estereoscópicas adquiridas por UAV, que combina um método de triangulação estereoscópica e um modelo de regressão geográfica ponderada (*Geographical Weighted Regression*). Comprovou-se que são dispensados pontos de referência de batimetria de outros métodos, pois a triangulação estereoscópica permite obter pontos de batimetria confiáveis (Wang, Chen, Zhu, Hu & Wang, 2022, pp. 1-2).

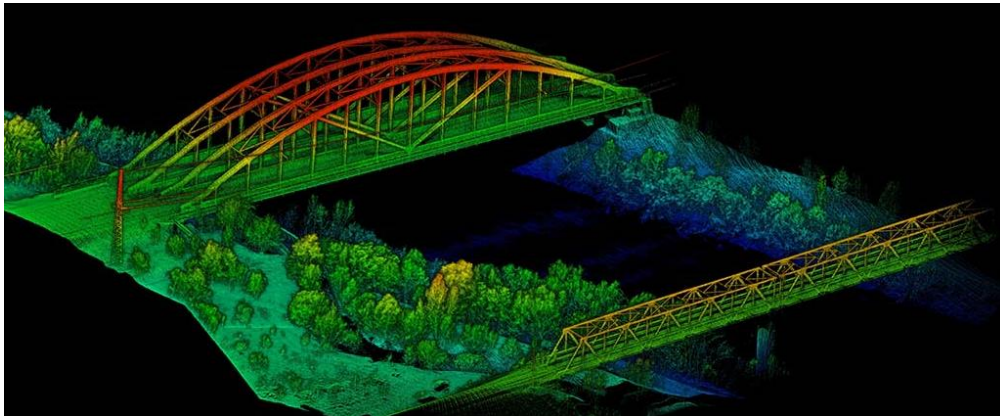


Figura 5 – Hidrografia e topografia: Nuvem de pontos via LiDAR em UAV

Fonte: Karpowicz (2019).

Resultado da evolução tecnológica recente, surgiu a integração da realidade aumentada (RA) na operação dos UAV em tempo real, que permite sobrepor objetos e informação (mundo virtual) sobre o mundo real. A RA permite poupar tempo a consultar informação de outros sistemas, pois a mais importante pode ser integrada/condensada no ecrã correspondente à vista do UAV, evitando também perda de foco desnecessária (Carvalho, 2019, pp. 17, 18). Na Figura 6 pode-se observar um ex. de RA em UAV, útil em situações emergência (Bonasio, 2019).



Figura 6 – RA em UAV
Fonte: Bonasio (2019).

Também característica da 4ª revolução industrial, é a utilização de IA, cuja potencialidade tem sido explorada nos UAV. Um dos desafios destes veículos é a aterragem e a IA permite fazê-lo em segurança, pois reconhece os pontos corretos onde aterrizar, como é apresentado na Figura 7. Adicionalmente, identifica coordenadas tridimensionais de objetos, o que diminui a probabilidade de ocorrer acidentes (Lee, Jo & Kwon, 2022, p. 357).

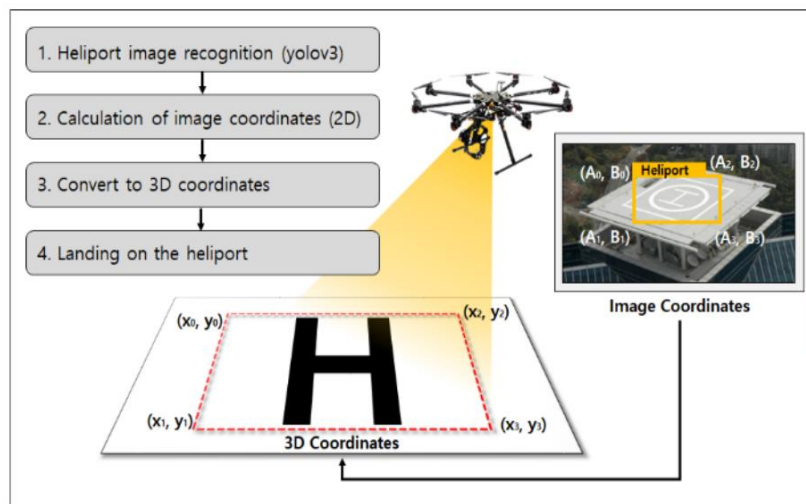


Figura 7 – Utilização de IA para UAV aterrizar em segurança
Fonte: Lee, Jo e Kwon (2022).



2.2 Modelo de análise

Este subcapítulo focou-se na elaboração do modelo de análise, que se apresenta no Quadro 2. Com o propósito de responder à QC e de completar o modelo, foram definidas as seguintes QD:

- QD1: Quais os dados georreferenciados que podem ser obtidos por UAV conforme os sensores utilizados?
- QD2: Quais os tipos de missões realizadas pelas FFAA portuguesas que podem empregar UAV, tanto no contexto civil como militar?
- QD3: De que forma podem os dados georreferenciados (obtidos por UAV) originar produtos de GEOINT?



Quadro 2 – Modelo de Análise

OG	Analisar o apoio que a GEOINT pode fornecer na otimização das missões, através do emprego de UAV, relativo às FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar.					
QC	Que tipologia de apoio pode a GEOINT dar na otimização das missões das FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar, através do emprego de UAV?					
OE	QD	Conceito	Dimensão	Componentes	Indicadores	Técnicas de recolha de dados
OE1 Classificar os dados georreferenciados que podem ser obtidos por UAV conforme os sensores utilizados	QD1 Quais os dados georreferenciados que podem ser obtidos por UAV conforme os sensores utilizados	Dados Geoespaciais	Tecnológica	Sensor	Tipos de sensores	Análise documental; Entrevistas semiestruturadas.
				Dados	Tipos de dados adquiridos	
				UAV	Modelos	
OE2 Investigar a tipologia de missões das FFAA portuguesas que poderão empregar UAV, nos contextos civil e militar	QD2 Quais os tipos de missões realizadas pelas FFAA portuguesas que podem empregar UAV, tanto no contexto civil como militar?	Missões das FFAA	Estratégica	Objetivos estratégicos	Emprego de UAV	
					Recursos	
			Operacional	Emprego	Tipologia	
Conjunto						
OE3 Analisar a forma como os dados georreferenciados podem originar produtos de GEOINT	QD3 De que forma podem os dados georreferenciados (obtidos por UAV) originar produtos de GEOINT?	Produtos GEOINT	Tecnológica	Produtos	Processamento	
					Formação específica	
					Tipos de produtos	
			Informacional	Finalidade	Tipos de apoio à decisão	
				Missões	Otimização	

Fonte: Adaptado a partir de (Santos & Lima, 2019, p. 96).



3. Metodologia e método

A metodologia científica proposta para a presente investigação encontra-se caracterizada no presente capítulo.

3.1 Metodologia

Neste subcapítulo serão caracterizadas as camadas da metodologia aplicadas no presente TII, referentes ao raciocínio, estratégia de investigação, desenho de pesquisa e respetivo horizonte temporal.

Relativamente ao raciocínio, optou-se pelo dedutivo, pois vão ser analisadas situações generalizadas sobre emprego de UAV que visem a produção de GEOINT, por forma a serem alcançadas conclusões particulares, aplicáveis às FFAA portuguesas. Após registo dos dados obtidos, estes serão classificados de forma a identificar uma solução integrada e específica para o problema da investigação (Santos & Lima, 2019, p. 19).

Quanto à estratégia de investigação, recorreu-se à qualitativa visando a exploração do problema sem tradução numérica nem quantificações, mas sim analisando o significado dos resultados. Deste modo, os dados recolhidos serão tratados de forma descritiva na tentativa de identificar padrões e aprofundar o conhecimento sobre o objeto de estudo (Santos & Lima, 2019, p. 27), nomeadamente, sobre a relevância que a GEOINT pode ter na otimização das missões das FFAA portuguesas, obtida com recurso ao emprego de UAV.

O desenho de pesquisa incidiu sobre o estudo de caso, em que será explorado e analisado o objeto de investigação, compilando informação aprofundada sobre o mesmo de forma descritiva (Santos & Lima, 2019, pp. 36-37).

O horizonte temporal referente ao estudo de caso será transversal porque se refere a um determinado instante no período de investigação, não sendo expectável verificar-se alterações durante esse intervalo. Este carácter transversal advém também da deteção qualitativa de padrões entre os dados analisados (Santos & Lima, 2019, p. 33), que irão contribuir para responder às questões do presente trabalho.

3.2 Método

No presente subcapítulo serão apresentados os instrumentos e técnicas de recolha e análise de dados.

3.2.1 Participantes e procedimento

Na metodologia proposta pretende-se utilizar dois tipos de instrumentos, empregues regularmente em estudos de caso (Santos & Lima, 2019, p. 37): a análise documental, que irá focar o estado da arte sobre o tema com base em fontes documentais (Santos & Lima,



2019, p. 29); e entrevistas semiestruturadas, cujo guião se apresenta no Apêndice D. Estas serão direcionadas a especialistas nas áreas relacionadas com a presente investigação, incluindo participantes dos três ramos das FFAA e de outras entidades relevantes, cuja identificação consta no Quadro 3.

A escolha dos entrevistados resultou da sensibilidade da autora perante o tema, seguindo uma amostragem não-probabilística e intencional. Deste modo, foram selecionados participantes que têm conhecimento sobre o objeto de estudo (Santos & Lima, 2019, pp. 69, 71).

Quadro 3 – Participantes

Organização	Cargo	Nome
MP - Comando Naval	2º Comandante Naval	CALM Luís Proença Mendes
MP - CEOM	Diretor	CMG Paulo Gonçalves Simões
MP - Instituto Hidrográfico (IH)	Coordenador projeto 4S	CFR Carlos Videira Marques
MP - Corpo de Fuzileiros (CF)	Oficial de Projeto – Desenvolver a capacidade de UAV comerciais para o sector Comando Naval	1TEN Carlos Ribeiro Ferreira
MP - CF	2º Comandante do Destacamento de Apoio de Combate	1TEN Tiago Sousa Teles
MP - Esquadilha de Helicópteros	Chefe Serviço SANT	1TEN Ricardo Basílio Valente
FAP - Repartição de Informações	Avaliador NATO na área de Operações de Pesquisa (incluindo GEOINT)	MAJ Luís Jesus Fernandes
FAP - Centro de investigação	Piloto de UAS	MAJ João Vieira Caetano
Exército - Regimento de Artilharia 5	Gestor de Projeto UAV	TCOR Emanuel Constantino Pinto
Exército - Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE)	Chefe das Secções de Fotogrametria e Deteção Remota	TCOR Ricardo Santos Moreira
Exército - CIGeoE	Chefe da Unidade de Apoio Geoespacial	MAJ Carlos Delgado Godinho
Exército - Regimento de Infantaria 10	<i>Intelligence officer</i>	CAP Jaime Duarte Brito
Exército - Regimento de Artilharia 5	Comandante de Companhia de sistemas de vigilância	TEN Rodrigo Caçado Figueira
EMGFA - CISMIL	Adjunto para os Planos e Formação da Repartição de Planeamento	TCOR Eduardo da Costa Batista
Esri	Comercial	Maria Jorge Antunes e Edgar Feliciano Barreira

3.2.2 Instrumentos de recolha de dados

As entrevistas foram semiestruturadas, em que o foco do guião foi a utilização de UAV pela componente operacional, tendo em conta o apoio conferido pela GEOINT proveniente desse emprego, numa perspetiva de verificação e aprofundamento do tema. Esta modalidade permitiu aos entrevistados terem uma determinada liberdade nas respostas, evitando assim a



rigidez das entrevistas estruturadas, que poderiam impedir obtenção de informação relevante (Santos & Lima, 2019, p. 29).

3.2.3 Técnicas de tratamento de dados

Os dados recolhidos através das entrevistas foram submetidos a uma análise temática e qualitativa que visa contribuir de forma sustentada para solucionar o problema da investigação. Para tal, foi utilizado o *software* ATLAS.ti (versão 22) como ferramenta de apoio.



4. Apresentação e discussão de resultados

Este capítulo irá apresentar os resultados da investigação efetuada, assim como a discussão dos mesmos, na tentativa de fornecer respostas às QD e QC do presente TII. Os resultados foram obtidos através de pesquisa/análise documental e de entrevistas semiestruturadas efetuadas a elementos especialistas na temática em estudo.

O conteúdo das entrevistas foi analisado com apoio do *software* ATLAS.ti, que facilitou a deteção de padrões qualitativos. As entrevistas foram todas transcritas e adicionadas sob a forma de documentos. Foram definidos códigos para categorizar os dados em cada documento, e foi contruída uma rede através das ligações entre os mesmos (Kalpokas & Radivojevic, 2022, pp. 333-336). A Figura 8 apresenta o diagrama de configuração dessa rede, em que cada código é acompanhado por uma breve descrição e por dois indicadores (G e D). O primeiro (G) indica o número de vezes que foi aplicado este código entre os vários documentos, enquanto o segundo (D) indica o número de ligações que o respetivo código tem com outros.

Pode-se constatar que os códigos mais aplicados nos documentos foram “missões”, “classe UAV” e “produtos GEOINT”. Por outro lado, os códigos que obtiveram mais ligações com os outros foram “classe UAV”, “equipa” e “missões”, o que pode ser indicador da transversalidade destes conceitos no estudo do presente TII. Naturalmente, as missões que envolvem o emprego de UAV, de uma determinada classe, carecem de uma equipa para operação do meio e processamento de dados.



Figura 8 – Rede de ligações entre códigos
Fonte: Elaborado com apoio do ATLAS.ti.

Com base no diagrama anterior, foi possível analisar os conteúdos associados a cada código, por forma a identificar e interpretar os padrões presentes. Adicionalmente, também foi possível perceber quais os códigos associados a cada documento, e os respetivos quantitativos, conforme apresentado na Figura 9. Através desta pode-se observar que o documento D5 é o que cita mais vezes um mesmo código (“classe UAV”); e que o documento D12 cita os códigos “missões” e “software” 11 vezes, respetivamente. O código “produtos GEOINT” é também citado 11 vezes num mesmo documento, o D1.



	classe UAV 47	dados 17	equipa 20	experim... 11	missões 53	parcerias 3	produtos... 46	sensores 37	software 42	vantagens 6	Totais
1: D1	9	3	7	2	3	2	11	9	7		53
2: D2	2						2	4	1	1	10
3: D3	2			6	5		2	1	1		17
5: D4	1	1			2		3	1	1	2	11
6: D5	15	1	3	2	5		2	1	2		31
7: D6	2		1		3	1		2	1		10
8: D7		1			2		4	3	6		16
9: D8	1	2	1		5		3	3	4	1	20
10: D9	3	1	1		2		2		2		11
11: D10	2	1	1		4		2	1	2	1	14
12: D11	1			1	2						4
13: D12	3	5	2		11		6	8	11		46
14: D13	3	1	2		6		7	3	3	1	26
16: D14	3	1	2		3		2	1	1		13
Totais	47	17	20	11	53	3	46	37	42	6	282

Figura 9 – Tabela código-documento
Fonte: Elaborado com apoio do ATLAS.ti.

Com base na mesma informação, consegue-se analisar graficamente, através da Figura 10, qual a contribuição de cada documento. Os códigos foram diferenciados por cor, (conforme se apresenta na rede de ligações da Figura 8), e cada barra vertical corresponde aos códigos que foram sinalizados em cada documento. Por ex., no documento 3, observa-se uma parcela maior de cor verde, o que indica que foi o documento onde foram assinalados mais códigos correspondentes a “parcerias” e “experimentação”. Outra característica observável são as dimensões das parcelas - quanto maior for uma determinada parcela, maior é o número de vezes que o respetivo código foi identificado nesse documento.

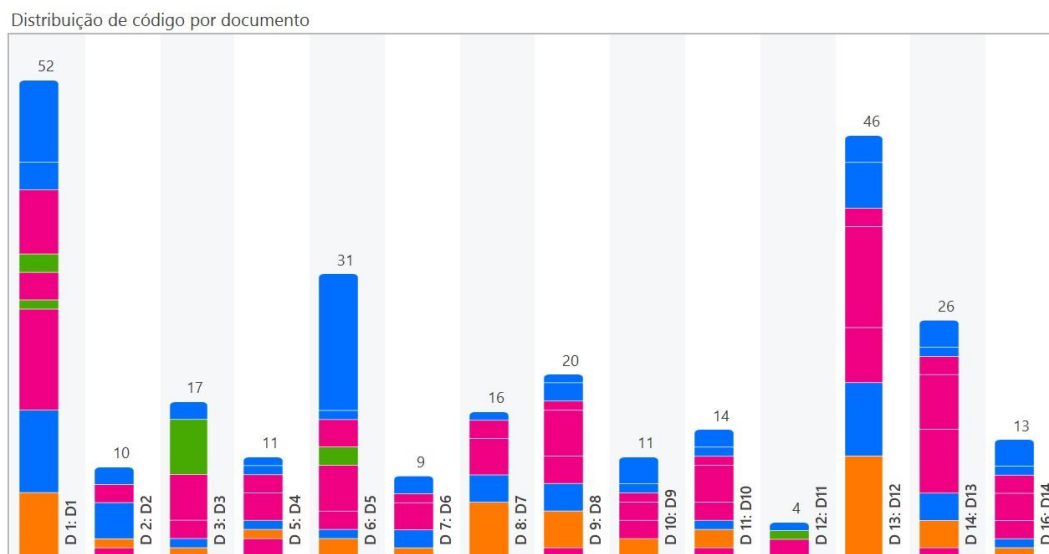


Figura 10 – Distribuição de código por documento
Fonte: Elaborado com apoio do ATLAS.ti



Pode-se constatar que os documentos números 1 e 12 equivalem às entrevistas em que foram selecionados mais códigos, tanto em quantitativo como em categorias. Quanto aos códigos mais mencionados, foram identificados como “missões”, “classe UAV” e “produtos GEOINT”, que vão ao encontro dos elementos-chave do presente TII. Foi ainda construído um diagrama de Sankey, que permite visualizar a relação entre cada código e cada documento, conforme Figura 14 do Apêndice E. Verifica-se que todas as entrevistas contribuíram com dados relacionados aos códigos identificados, e que estes têm uma distribuição heterogénea entre as entrevistas.

4.1 Dados georreferenciados obtidos por UAV

O Quadro 4 apresenta os tipos de dados georreferenciados passíveis de serem adquiridos por UAV em missões das FFAA portuguesas, tanto os que já foram adquiridos como os que podem vir a ser.

Quadro 4 – Dados georreferenciados por UAV

Classe UAV	Modelos	Sensores	Tipos de dados	Situação atual
I	Nanodrone: Black Hornet PRS	<u>Passivos:</u> Câmara eletro-ótica, câmara térmica, <i>Cursor on Target</i>	Imagens, vídeos, metadados encriptados	Inexistente nas FFAA portuguesas. Existe interesse na aquisição
	DJI MAVIC Pro, DJI MAVIC Enterprise, DJI Phantom 4, DJI Matrice 300 RTK, Spyro, Ogassa, Autel Dragon Fish, eBee, AR4, Raven	<u>Ativos:</u> LiDAR <u>Passivos:</u> Câmara eletro-ótica, FLIR, infravermelho, câmara térmica, câmara RGB, câmara multiespectral, Gimbal (câmara com 3 eixos de estabilização), <i>Magnetic Anomaly Detector (MAD)</i> , sistema de posicionamento, Pitot, <i>Inertial Measurement Unit (IMU)</i> , banda larga para isolar transmissão/receção de dados	Posição e azimute do voo do UAV, imagens, vídeos, metadados, nuvem de pontos, identificação de massas metálicas (ex.: submarinos submersos, viaturas escondidas), Velocidade do vento, encriptação de dados, posicionamento e azimute do <i>field of view (FOV)</i>	Classe existente nas FFAA portuguesas (nos 3 ramos)
II e III	Modelos militares: Hermes 450, Heron, Global Hawk, Reaper	<u>Ativos:</u> RADAR <i>Warning Receiver (RWR)</i> , RADAR <i>Synthetic Aperture Radar (SAR)</i> <u>Passivos:</u> Sistemas aviónicos,	Posição e movimento do UAV, imagens, vídeos, deteção de radares no ar ou em terra, encriptação de dados, posicionamento e azimute do FOV, dados paramétricos (área onde aponta o sistema de <i>Targeting</i> , imagem capturada, área obtida por RADAR, <i>Radar Cross Section</i>	Inexistente nas FFAA portuguesas, mas operado pelas mesmas em missões da NATO.



		câmara multiespectral, sistema de <i>Targeting</i> , câmara eletro-ótica, FLIR, câmara térmica, câmara RGB, Gimbal, MAD, IMU	(RCS) dos alvos, coordenadas e movimento dos alvos, radares do inimigo), dados do RADAR (imagem SAR, espectrometria, eco do RCS), dados <i>Communications intelligence</i> (COMINT) (parâmetros das ondas eletromagnéticas interceptadas, dados paramétricos de <i>Global System Mobile</i> (GSM), 3G e 4G), informação com apoio de IA (imagem multiespectral e SAR com identificação de alvos através de acesso automático à base de dados, e identificação de padrões)	Existe interesse na aquisição
--	--	--	---	-------------------------------

Fonte: Adaptado a partir de C. Marques (entrevista por telefone, 16 de março de 2022), C. Ferreira (entrevista por telefone, 24 de maio de 2022), C. Godinho (entrevista por *email*, 05 de julho de 2022), E. Batista (entrevista por *email*, 02 de junho de 2022), E. Pinto (entrevista por *email*, 29 de abril de 2022), J. Brito (entrevista por telefone, 15 de março de 2022), L. Fernandes (entrevista por telefone, 13 de maio de 2022), L. Mendes (entrevista presencial, 24 de março de 2022), P. Simões (entrevista por telefone, 31 de março de 2022), R. Figueira (entrevista por telefone, 13 de abril de 2022), R. Moreira (entrevista por videoconferência, 11 de abril de 2022), R. Valente (entrevista por telefone, 17 de março de 2022), T. Teles (entrevista por telefone, 22 de março de 2022).

Todos os dados presentes no Quadro 4 são georreferenciados, tal como o título indica.

Algo que foi referido por diferentes participantes (C. Ferreira, *op. cit.*; E. Barreira & M. Antunes, entrevista por videoconferência, 13 de abril de 2022), é que os dados devem ser interoperáveis, por forma a poderem ser integrados uns com os outros, a fim de contribuírem para a produção de GEOINT. Neste sentido, também deve ser exequível o seu processamento pelos mesmos *softwares*.

Quanto à utilidade de nanodrones, dependerá essencialmente do objetivo da missão. As vantagens deste tipo de UAV centram-se na sua facilidade de transporte e de operação, assim como no facto de serem discretos face à dimensão e ruído reduzidos. Adicionalmente, tendo em conta o valor reduzido de massa à descolagem (inferior a 250g) e a capacidade de transferir energia cinética inferior a 80 Joules, dispensa a certificação do operador, requerida em tempo de paz, de acordo com a legislação (C. Ferreira, *op. cit.*; Pettke, Kozyro, Gałka, Trzeciak & Wołajsza, 2021, p. 152). Caso contrário, os operadores têm que cumprir com diversos requisitos. Neste sentido, o CF tem interesse na aquisição de nanodrones pela facilidade de operação (carecendo apenas de palestras de formação e de *on-the-job training*) e potencialidade operacional. Contudo, podem estar limitados relativamente ao número de sensores, à autonomia, e à mobilidade perante condições meteorológicas adversas, devido às reduzidas dimensões (C. Ferreira, *op. cit.*). Esta última limitação poderá ser menos relevante



em espaços fechados, onde os nanodrones podem ser aplicados, contudo, poderá haver perdas de comunicação com o link de comando e controlo (Vernom, 2022, p. 3).

4.2 Missões das FFAA portuguesas com emprego de UAV

O Quadro 5 apresenta as diferentes tipologias de missões onde têm sido empregues UAV na aquisição de dados georreferenciados. Adicionalmente, também foram consideradas as missões das FFAA apresentadas no Quadro 9 do Apêndice F, que foram contempladas pelo Conselho de Chefes de Estado-Maior (CCEM) (2014). Destas, todas podem estar envolvidas no emprego de UAV. No caso da ciberdefesa, por ex., este tipo de missão será fundamental para garantir a segurança da informação resultante da GEOINT produzida.

Quadro 5 – Missões das FFAA portuguesas com emprego de UAV

Tipologia	Área geográfica	Ramos	Observações
Vigilância e reconhecimento (<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR)</i>)	Nacional ou internacional	Todos	Ex.: Detetar alvos de superfície no Mediterrâneo; missões de vigilância no Kosovo (conforme Figura 11)
Missões de âmbito militar (ISR)	Nacional ou internacional	Todos	Proteção da força, defesa de instalações. Ex.: Exercício ORION 22
Missões no âmbito da AMN (ISR)	Nacional	MP	Ex.: combate à poluição do mar
Missões reais no âmbito da NATO, Organização das Nações Unidas (ONU), União Europeia (EU) e Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP) (ISR)	Internacional	Todos ou em conjunto	Ex.: missões na Lituânia, Roménia, Moçambique e São Tomé e Príncipe, SNMG1
Missões de apoio à Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) (ISR)	Nacional	Todos ou em conjunto	Apoio no combate a incêndios. Ex.: apoio no incêndio a bordo de navio ao largo dos Açores
Atualização cartográfica	Nacional	Exército (CIGeoE)	Voos em áreas reduzidas
Apoio solicitado com base em modelos 3D	Nacional	Exército (CIGeoE)	Voos pontuais para confirmar dimensões de estruturas ou alterações de terreno.
Busca e Salvamento	Nacional	MP e FAP	Complemento aos meios empenhados
<i>Pattern-of-life Analysis</i>	Nacional ou internacional	Todos	Ex.: missões no Mali
Apoio ao combate do narcotráfico e à migração ilegal	Nacional ou internacional	MP e FAP	Deteção remota de embarcações ilegais
Apoio ao combate à pirataria	Nacional ou internacional	MP e FAP	Deteção remota de embarcações ilegais
Verificação de danos (<i>battle damage assesment</i>)	Nacional ou internacional	Todos	Avaliação do local após ação terminar
Deteção de radares dos inimigos	Internacional	FAP	Ex.: missões no mar Báltico



<i>Enemy spotting</i>	Internacional	FAP	Injetam os parâmetros adquiridos previamente e o UAV identifica esse alvo com apoio de IA. Ex.: missões no Mali
<i>Target analysis</i>	Internacional	FAP	O alvo é observado a diferentes altitudes
Reconhecimento para levantamentos hidrográficos (LH)	Nacional ou internacional	MP (IH)	Inspeção de áreas na zona molhada onde é difícil aceder de embarcação. Inspeção visual de toda a área de trabalho sem ser necessária a deslocação do pessoal
Reconhecimento para segurança da navegação	Nacional ou internacional	MP (IH)	Panorama visual do ponto de vista do navegador, em qualquer local, sem ser necessário usar uma embarcação
LH através de meios óticos	Nacional ou Internacional	MP (IH)	Aquisição de batimetria em zonas de fundos baixos. UAV reduz o tempo de LH com cobertura completa, comparando com embarcação. Muitas vezes são locais onde não há segurança para navegar. Auxiliam operações anfíbias
Apoio tático a operações de <i>Human Intelligence</i> (HUMINT) e de Contrainformação	Nacional ou Internacional	Módulos conjuntos de informações e células de informações nacionais	Aquisição de dados relacionados com alvos humanos

Fonte: Adaptado a partir de C. Marques (*op. cit.*), C. Ferreira (*op. cit.*), C. Godinho (*op. cit.*), E. Batista (*op. cit.*), E. Pinto (*op. cit.*), J. Brito (*op. cit.*), L. Fernandes (*op. cit.*), L. Mendes (*op. cit.*), P. Simões (*op. cit.*), R. Figueira (*op. cit.*), R. Moreira (*op. cit.*), R. Valente (*op. cit.*), T. Teles (*op. cit.*).



Figura 11 – Utilização de UAV português em missão da NATO no Kosovo

Fonte: Simões (2014)

Os tipos de missões onde os UAV devem ser empregues no âmbito das FFAA, de acordo com os requisitos operacionais, devem ser vertidos em doutrina específica, conforme



referido por P. Simões (*op. cit.*), seja a nível dos ramos e/ou do EMGFA. Estes requisitos condicionam a aquisição dos meios adequados às missões.

Quanto ao planeamento de voo dos UAV, a ser executado de forma manual ou automática durante as missões, é elaborado atualmente pelas FFAA portuguesas através dos seguintes *softwares*: Pix4D, UgCS (exemplificado na Figura 12), DroneDeploy, Crysalis Control (AeroVironment), Integrated Command and Control System (com classificação de segurança de grau NATO SECRET), FalconView (pode ser classificado pelo conteúdo), *software* próprio dos sensores (imagem, RADAR, RWR, etc.), *Ground Control Station* da UAVision, e *software* proprietário da DJI.

O *software* Site Scan da Esri tem elevado potencial para elaborar planeamentos automáticos de voo, podendo vir a ser utilizado pelas FFAA portuguesas.

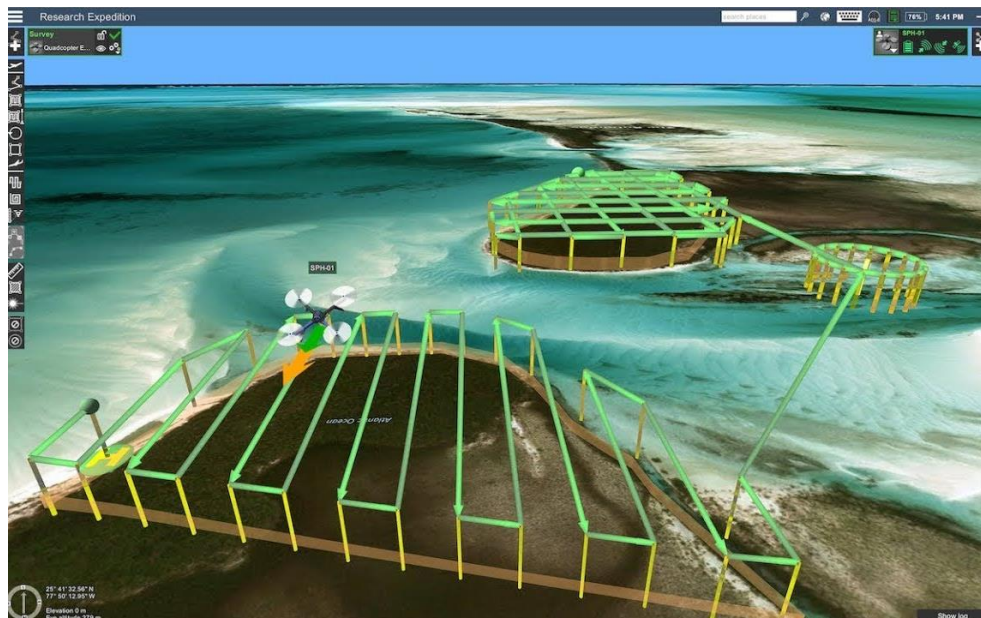


Figura 12 – Planeamento de voo de UAV
Fonte: UgCs (s.d.)

4.3 Produção de GEOINT

A fase de processamento de dados/informação do ciclo de produção de *intelligence*, no âmbito da GEOINT, envolve frequentemente *softwares* de geoprocessamento e análise. O Quadro 6 apresenta os *softwares* que têm sido utilizados pelas FFAA portuguesas, assim com os produtos de GEOINT associados e o respetivo contributo, após efetuada a respetiva análise e disseminação.



Quadro 6 – Produtos de GEOINT

Software de processamento	Tipos de produtos	Potencialidades	Contributo para as missões
Pix4D	Através de fotogrametria, gera ortofotomapas com baixa ou alta resolução, dependendo do propósito; modelos 3D; MDT	Medição de estruturas e pessoas	<i>Intelligence Report</i> integrado num <i>target intel package</i> ; relatórios de <i>Imagery Intelligence</i> (IMINT); apoio a operações anfíbias (atualização de batimetria em zonas de acesso); apoio a força de fuzileiros (ex.: atualização em 12 horas de picadas iluminadas ou eixo de aproximação); produto de <i>intelligence</i> de apoio à decisão ao comando (ex.: evolução de um terreno conforme produto do CIGeoE apresentado na Figura 13); reconhecimento de pontes e definição de itinerários; localizar a posição da ameaça/inimigo e verificar se estão preparados para o ataque e que tipo de preparação têm; verificar o armamento e equipamentos do inimigo; verificar se o inimigo tem rotas para exfiltração no caso de sofrerem um ataque; verificar se as posições do inimigo poderiam ser reforçadas sob ameaça; verificar o impacto no solo dos morteiros disparados, e reajustar as armas se necessário; reconhecimento do teatro de operações, nomeadamente a presença de engenhos explosivos, antes de expor pessoal; visão alargada permite apoio à decisão com mais informação e consciência, principalmente no âmbito do apoio militar de emergência; sobreposição de informação virtual sobre o mundo real através de RA e IA.
Zephyr	Malha poligonal; nuvem de pontos e curvas de nível	É possível integrar diferentes voos	
Global Mapper	Integração de informação em SIG, incluindo produtos do Pix4D.	Permite trabalhar em altimetrias e calcula caminhos mais curtos; dimensões de estruturas (ex.: altura de portas e paredes por medição direta)	
Google Earth	Criação de áreas e identificação de locais	Auxílio na tomada de decisão; forma expedita de importar e extrair informação	
DroneDeploy	Gera MDT; integração de IA e RA	Análise com base em integração de informação virtual e real	
ArcGIS	Manipulação de histogramas, filtros de imagem	Melhoramento de imagem	
Drone2map	Produção de ortofotomapas	Integração com outros <i>softwares</i> da Esri (ArcGIS) garantem a interoperabilidade nas diferentes fases do ciclo de <i>intelligence</i> . Utilizamos para automatizar processos rotineiros.	
Site Scan	Produz ortofotomapas com um elevado volume de dados		
SURE	Modelos 3D com algoritmo avançado permite modelar cidades com texturas realistas (associa texturas às faces dos edifícios)		
GeoAI	IA geoespacial		

Fonte: Adaptado a partir de C. Marques (*op. cit.*), C. Ferreira (*op. cit.*), C. Godinho (*op. cit.*), E. Barreira & M. Antunes (*op. cit.*), E. Batista (*op. cit.*), E. Pinto (*op. cit.*), J. Brito (*op. cit.*), L. Fernandes (*op. cit.*), L. Mendes (*op. cit.*), P. Simões (*op. cit.*), R. Figueira (*op. cit.*), R. Moreira (*op. cit.*), R. Valente (*op. cit.*), T. Teles (*op. cit.*).



Figura 13 – Produto de GEOINT do CIGeoE

Fonte: R. Moreira (*op. cit.*)

Nas FFAA, as equipas de *intelligence*, como as do CF, executam sempre o ciclo de produção de *intelligence*. Adicionalmente, o CF pretende integrar um pelotão de guerra eletrónica no destacamento e elaborar um produto de fusão com a análise de informações, através de equipas com multifunções que contribuem para um único produto de *intelligence* (C. Ferreira, *op. cit.*).

Quanto a formação, constatou-se que existem poucos elementos, integrados nas equipas de operação de UAV das FFAA portuguesas, com capacidades de processamento geoespacial e, posteriormente, de análise e produção de GEOINT. Maioritariamente, estão limitados a análise de imagens e vídeos a duas dimensões. Conforme referido por C. Ferreira (*op. cit.*), é difícil conjugar a função de piloto de UAV com a de analista de GEOINT, visando uma elevada qualidade. Relativamente à MP, por ex., seria importante que a célula de informações dos UAV mantivesse uma relação direta com o Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais (CADOP), que tem edificado um serviço de GEOINT. De forma análoga, a FAP e o Exército também poderiam explorar as respetivas capacidades de análise de GEOINT, aplicadas ao emprego de UAV nas missões.



4.4 Apoio da GEOINT via UAV na otimização das missões das FFAA portuguesas

Após ser padronizada e analisada a informação relativa às respostas das QD, importa responder à QC (Que tipologia de apoio pode a GEOINT dar na otimização das missões das FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar, através do emprego de UAV?). Neste sentido, foram identificados 3 momentos chave das missões das FFAA em que se pode utilizar GEOINT proveniente do emprego de UAV, tendo em vista a respetiva otimização, nomeadamente (C. Ferreira, *op. cit.*):

- No apoio à decisão à priori:
 - Ocorre antes da execução de uma determinada ação;
 - A qualidade dos produtos tem impacto na qualidade da decisão, e o emprego de UAV possibilita a produção de GEOINT a partir de dados com elevadas resoluções espacial e temporal.
 - Produto de melhor qualidade origina um planeamento de melhor qualidade.
- No decorrer das ações:
 - O UAV permite efetuar uma vigilância de 360 graus de um contacto de interesse, podendo tratar-se de um alvo hostil, de uma ação de busca e salvamento, ou de outro tipo de contactos. Ex.: em uma ação de fiscalização marítima, antes da equipa ir a bordo do navio fiscalizado, o UAV efetua essa vigilância por forma a garantir o fator surpresa.
 - Possibilidade de definição de altura mínima do UAV numa operação, por forma a não ser ouvido/detetado e não comprometer o efeito surpresa.
 - Integração da RA possibilita sobrepor objetos e informação virtuais sobre o mundo real, otimizando o tempo através da integração e condensação da informação mais importante.
- Pós ação:
 - Avaliação de danos – avaliação do local após ação ter ocorrido. Ex. 1: análise forense. Ex. 2: no Corvo, foi feita avaliação de danos, na sequência de uma catástrofe, tendo sido localizados contentores no mar.
 - Vigilância persistente sobre um alvo onde terminou uma ação. Ex.: no Afeganistão, este tipo de vigilância permite observar quem vai ao local nos dias a seguir à ação ter ocorrido, o que possibilita a expansão da rede e



aquisição de novos alvos. É utilizado o *Targeting* dinâmico (*Find, Fix, Track, Target, Engage e Assess*).

- Em Portugal, o UAV tem sido empregue neste reconhecimento depois de determinada ação terminar. Estes meios representam um complemento para recolha de informação.

Os ramos das FFAA portuguesas regem-se atualmente pela doutrina NATO e está a ser criada, a nível nacional, doutrina para operações conjuntas (C. Ferreira, *op. cit.*). Contudo, está direcionada para a operação dos sistemas, e seria importante que integrasse também a componente da elaboração de produtos, da qual faz parte o geoprocessamento e posterior análise – GEOINT.



5. Conclusões e recomendações

O emprego de UAV materializa uma capacidade nas FFAA portuguesas que, de forma inovadora, permite aquisição de dados geospaciais, economizando recursos materiais e pessoal, e causando um impacto ambiental menos nefasto, comparativamente ao uso de métodos tradicionais. Com base no processamento destes dados, aumenta o potencial de produção de GEOINT através do ciclo de produção de *intelligence*, representando uma ferramenta essencial para o planeamento e execução das missões, visando a sua otimização.

O presente TII procurou dar resposta, de uma forma estruturada e holística, ao problema “que tipologia de apoio pode a GEOINT dar na otimização das missões das FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar, através do emprego de UAV?” (que representou a QC da investigação). A metodologia aplicada utilizou um raciocínio dedutivo e uma estratégia qualitativa. Foi selecionado o caso de estudo como desenho de pesquisa, utilizando a análise documental e entrevistas semiestruturadas como instrumentos de recolha de dados. A respetiva análise temática e qualitativa foi efetuada com o apoio do *software* ATLAS.ti.

No intuito de responder à QC através de um modelo de análise, foram definidas QD, sobre as quais se procurou dar resposta nos subcapítulos 4.1, 4.2 e 4.3 através da apresentação, análise e discussão dos respetivos resultados.

O subcapítulo 4.1 focou a classificação de dados georreferenciados que podem ser adquiridos através de UAV, conforme os sensores utilizados (QD1). Foram classificados os diferentes tipos de dados, resultantes de sensores ativos e passivos, de acordo com os UAV que têm sido empregues em missões nacionais e internacionais, dos quais se destacam os mais comuns:

- Posição e azimute do voo do UAV e do FOV;
- Imagens e vídeos;
- Nuvem de pontos georreferenciados;
- Identificação de massas metálicas;
- Detecção de radares no ar ou em terra;
- Dados paramétricos;
- Dados do RADAR (imagem SAR, espectrometria, eco do RCS);
- Dados COMINT;
- Informação proveniente de IA.



O subcapítulo 4.2 evidenciou os tipos de missões realizadas pelas FFAA portuguesas que podem empregar UAV, tanto no contexto civil como militar (QD2). Das tipologias investigadas, destacam-se as que têm maior relevância no emprego destes meios:

- ISR: vigilância e reconhecimento, missões militares, apoio à AMN e à ANEPC, missões reais no âmbito da NATO, ONU, UE e CPLP;
- Busca e Salvamento;
- Atualização cartográfica e LH;
- *Pattern-of-life Analysis*;
- Apoio ao combate ao narcotráfico, à migração ilegal e à pirataria;
- *Enemy spotting* e *Target analysis*;
- Segurança da navegação;
- Apoio a operações de HUMINT e de Contrainformação.

O subcapítulo 4.3 destacou de que forma podem os dados georreferenciados (obtidos por UAV) originar produtos de GEOINT (QD3). Foram analisados os principais produtos de GEOINT, resultantes de geoprocessamento e do ciclo de produção de *intelligence*, dos quais se destacam:

- *Intelligence Report* integrado num *target intel package*;
- Relatórios de IMINT;
- Apoio a operações anfíbias e a força de fuzileiros;
- Apoio militar de emergência;
- Produto de *intelligence* de apoio à decisão ao comando:
 - Posição, preparação e equipamentos da ameaça;
 - Reconhecimento e visão alargada do teatro de operações antes de expor pessoal;
 - Integração de RA, sobrepondo informação virtual sobre o mundo real.

Deste modo, a apresentação e discussão de resultados permitiu ir ao encontro de uma resposta para o problema apresentado neste TII, na medida em que foi efetuada uma análise detalhada do apoio que a GEOINT pode fornecer na otimização das missões, através do emprego de UAV, relativo às FFAA portuguesas, nos contextos civil e militar. Concluiu-se que esta otimização pode e deve ser aplicada no apoio à decisão durante o planeamento das missões, no decorrer das ações, e em situação pós ação ou operação.

Como contributo para o conhecimento, evidencia-se o destaque da GEOINT, decorrente do geoprocessamento de diferentes dados provenientes de UAV, sucedido pelo



cumprimento do ciclo de produção de *intelligence*, que pode otimizar diferentes tipos de missões.

A principal limitação sentida no presente estudo consistiu na dispersão desta temática a nível das FFAA portuguesas; e na falta de capacitação de recursos humanos em áreas especializadas, necessária para acompanhar a evolução tecnológica atual.

Como investigação futura, sugere-se que sejam exploradas as sinergias que existem entre as equipas de operação de voo de UAV e as equipas dos diferentes ramos encarregues pela produção de GEOINT, identificando lacunas que possam ser colmatáveis a curto prazo.

Recomenda-se que seja dada relevância e importância ao processo de elaboração de GEOINT, podendo este ser complexo e exigir formação e dedicação específica. A acumulação desta função no piloto de UAV ou noutro membro da equipa de operação fará com que a qualidade do produto de *intelligence* possa ser comprometida. Como se constatou na discussão dos resultados, a qualidade de um produto de GEOINT influencia fortemente a qualidade do planeamento de uma missão ou ação e, por outro lado, a qualidade de uma tomada de decisão.

Constatou-se que o processo de experimentação de UAV pelas FFAA portuguesas tem sido desenvolvido a uma cadência favorável, contudo, carece agora de diretrizes e requisitos operacionais. Recomenda-se que a doutrina seja promulgada a curto prazo, especialmente a nível conjunto, pelo EMGFA. Em paralelo, sugere-se que sejam estabelecidos normativos relativamente aos produtos de GEOINT que podem ser gerados e como estes podem contribuir para a otimização das missões, de acordo com a sua tipologia.



Referências bibliográficas

- Alevizos, E., Oikonomou, D., Argyriou, A., & Alexakis, D. (2022). Fusion of Drone-Based RGB and Multi-Spectral Imagery for Shallow Water Bathymetry Inversion. *Remote Sensing*, 14(5). doi: 10.3390/rs14051127.
- Babayomi, O. (2019). Energy Efficiency in Unmanned Aircraft Systems: A Review. *IEEE PES/IAS PowerAfrica Conference: Power Economics and Energy Innovation in Africa, PowerAfrica 2019*, 569–574. doi: 10.1109/POWERAFRICA.2019.8928766
- Barnes, J. (2018). Drones vs Manned Aircraft - Which tool is right for your project? [Página online]. Retirado de <https://www.commercialuavnews.com/infrastructure/drones-vs-manned-aircraft>.
- Bai, M., Yang, W., Song, D., Kosuda, M., Szabo, S., Lipovsky, P., & Kasaei, A. (2020). Research on Energy Management of Hybrid Unmanned Aerial Vehicles to Improve Energy-Saving and Emission Reduction Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2917. doi: 10.3390/IJERPH17082917.
- Berger, J. (2022). Joint Intelligence Collection and Analysis Capability – Intelligence Collection – Final Report. Ottawa: Defence Research and Development Canada.
- Bonasio, A. (2019, 22 de fevereiro). Medium - The AR Drone That Can Help Save Lives [Publicação em *blog*]. Retirado de <https://alicebonasio.medium.com/the-ar-drone-that-can-help-save-lives-3413fc1f0546>.
- Cagnazzo, C., Potente, E., Regnaud, H., Rosato, S., & Mastronuzzi, G. (2021). UAV/UGV System for meso-macro pollutants identification in the beach environment. *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 55, 29–35. doi: 10.3301/ROL.2021.12.
- Carvalho, R. (2019). *GoAR: Augmented Reality drone navigation from multiple spatial sensors* (Tese de Dissertação de Mestrado em Information Systems and Computer Engineering). Instituto Superior Técnico [IST], Lisboa.
- Chefe de Estado-Maior da Armada (2013). *Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de Veículos Aéreos Não-Tripulados em Operações Marítimas (Despacho do Almirante CEMA nº 36/13, de 17 de outubro)*. Lisboa: MP.
- Chefe de Estado-Maior da Armada (2015). *Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de Veículos Não Tripulados (GT-VENT). (Despacho do Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada nº 6/15, de 12 de fevereiro)*. Lisboa: MP.



- Chefe de Estado-Maior da Armada (2017). *Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de Veículos Não Tripulados (GT-VENT) (Despacho do Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada n.º 13/17, de 6 de março)*. Lisboa: MP.
- Chefe de Estado-Maior da Armada (2020). *Criação do Centro de Desenvolvimento de Tecnologias de Observação do Oceano (IH-SENORTECH) (Despacho do Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada n.º 61/2020, de 11 de novembro)*. Lisboa: MP.
- Collecte Localisation Satellites (2020). How can drones help monitor maritime zones? [Página *online*]. Retirado de <https://maritime-intelligence.groupcls.com/how-can-drones-help-monitor-maritime-zones>.
- Colica, E., D'Amico, S., Iannucci, R., Martino, S., Gauci, A., Galone, L., & Paciello, A. (2021). Using unmanned aerial vehicle photogrammetry for digital geological surveys: Case study of selmun promontory, northern of malta. *Environmental Earth Sciences*, 80(17). doi:10.1007/s12665-021-09846-6.
- Conselho de Chefes de Estado-Maior (CCEM) (2014). *Missões das Forças Armadas - MIFA 2014*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Dagkinis, I., & Nikitakos, N. (2019). *A Proposed Surveillance System using Drone on board for Piracy (Mass_DronP)*. Paper apresentado na XXIII International Conference on "material handling, constructions and logistics" de Bar, Montenegro.
- DefenceWeb (2014). UAVs now part of EUNavFor anti-piracy ops [Página *online*]. Retirado de <https://www.defenceweb.co.za/security/maritime-security/uavs-now-part-of-eunavfor-anti-piracy-ops/>.
- DJI (s.d.). Phantom 4 Pro – DJI [Página *online*]. Retirado de <https://www.dji.com/pt/phantom-4-pro>.
- Estado-Maior-General das Forças Armadas (2021). *Diretiva Estratégica do Estado-Maior-General das Forças Armadas 2021-2023*. Lisboa: EMGFA.
- Fabbri, S., Grottoli, E., Armaroli, C., & Ciavola, P. (2021). Using high-spatial resolution UAV-Derived data to evaluate vegetation and geomorphological changes on a dune field involved in a restoration endeavour. *Remote Sensing*, 13(10). doi: 10.3390/rs13101987.
- Gao, M., Hugenholtz, C., Fox, T., Kucharczyk, M., Barchyn, T., & Nesbit, P. (2021). Weather constraints on global drone flyability. *Scientific Reports*, 11 (12092). doi: 10.1038/s41598-021-91325-w.



- Goicuría, I., Lamelas, M., & Martín, A. (2021). Inteligencia geospacial: GEOINT. *Armas y cuerpos*, 147 (2021), 29-37. ISSN: 2488-8176.
- Gong, J., & Ji, S. (2018). Photogrammetry and Deep Learning. *Cehui Xuebao/Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 47(6), 693–704. doi: 10.11947/j.AGCS.2018.20170640.
- Instituto Universitário Militar (2017). Subáreas Ciências Militares [Página *online*]. Retirado de [https://sites.ium.pt/moodle/pluginfile.php/69224/mod_resource/content/0/Subáreas Ciências Militares.pdf](https://sites.ium.pt/moodle/pluginfile.php/69224/mod_resource/content/0/Subáreas_Ciências_Militares.pdf).
- Instituto Universitário Militar (2020). *Estrutura e regras de citação e referência de trabalhos escritos a realizar no Instituto Universitário Militar (NEP INV 003)*. Pedrouços: IUM.
- Kalpokas, N., & Radivojevic, I. (2022). Bridging the Gap Between Methodology and Qualitative Data Analysis Software: A Practical Guide for Educators and Qualitative Researchers. *Sociological Research Online*, 27(2), 313–341. doi: 10.1177/13607804211003579.
- Karpowicz, J. (2019). Lidareto is a Lidar Drone Mapping Solution for Multiplatform Use [Página *online*]. Retirado de <https://www.commercialuavnews.com/energy/lidareto-lidar-drone-mapping-solution>.
- Lee, S., Jo, D., & Kwon, Y. (2022). Camera-Based Automatic Landing of Drones Using Artificial Intelligence Image Recognition. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 11(5), 357-364. doi: 10.18178/ijmerr.11.5.357-364.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2005). *Geographic Information Systems and Science* (2ª ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- Marinha Portuguesa (2016a). *Conceito de Emprego Operacional de Veículos Não Tripulados Aéreos (IOA 301)*. Lisboa: MP.
- Marinha Portuguesa (2016b). *Protocolo de colaboração entre a Marinha e a Tekever*. Lisboa: MP.
- Marinha Portuguesa (2016c). *Protocolo de colaboração entre a Marinha e a UAVision*. Lisboa: MP.
- Marinha Portuguesa (2021). *Conceito de emprego do Centro de Experimentação Operacional da Marinha (IOA 115)*. Lisboa: MP.
- Marinha Portuguesa (2022). *Diretiva Estratégica da Marinha 2022*. Lisboa: MP.



- Militar.com (s.d.). MQ-1B Predator [Página *online*]. Retirado de <https://www.military.com/equipment/mq-1b-predator>.
- Joint Air Power Competence Centre (2010). *Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO*. Kalkar: Joint Air Power Competence Centre.
- NATO (2014). *ATP-3.3.7(2014) NATO Guidance for the Training of Unmanned Aircraft Systems Operators*. Bruxelas: NATO Standardization Office.
- NATO (2021). *AAP-06 (2021) NATO Glossary of Terms and Definitions*. Bruxelas: NATO Standardization Office.
- Oliveira, A., Pedrosa, D., Santos, T., Dias, A., Amaral, G., Martins, A., Almeida, J., & Silva, E. (2019). Design and Development of a multi rotor UAV for Oil Spill Mitigation. *OCEANS 2019 - Marseille*. doi: 10.1109/OCEANSE.2019.8867154.
- Pettke, G., Kozyro, W., Gałka, P., Trzeciak, G., & Wołęjsza, P. (2021). Certification of unmanned aircraft (UA). *TransNav*, 15(1), 143–154. doi: 10.12716/1001.15.01.14
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2013, de 05 de abril (2013). *A aprovação do novo conceito estratégico de defesa nacional*. Diário da República, 1.ª Série, 67, 1981–1995. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Rodrigues, C. (2015). *Serviços de informações portuguesas. Estruturas, missões e recursos* (Tese de dissertação de Mestrado em Ciência Política e Relações Internacionais). Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa.
- Santos, L., & Lima, J. (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2.ª ed., revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Shenbagaraj, N., Senthil kumar, K., Rasheed, A., Leostalin, J., & Kumar, M. (2021). Mapping and electronic publishing of shoreline changes using UAV remote sensing and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(8), 1769-1777. doi: 10.1007/s12524-020-01287-1.
- Simões, P. (2014). “Drone” português ao serviço da NATO no Kosovo [Página *online*]. Retirado de <https://empresashoje.pt/informacao/drone-portugues-ao-servico-da-nato-kosovo>.
- Sousa, A., & Silva, J. (2011). *Fundamentos Teóricos de Detecção Remota*. Évora: Universidade de Évora.



- Times Aerospace (2019). Seychelles embraces drones for fishery protection [Página *online*]. Retirado de <https://www.timesaerospace.aero/features/general-aviation/seychelles-embraces-drones-for-fishery-protection>.
- Topouzelis, K., Papakonstantinou, A., & Garaba, S. (2019). Detection of floating plastics from satellite and unmanned aerial systems (Plastic Litter Project 2018). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79, 175–183. doi: 10.1016/j.jag.2019.03.011.
- UgCs (s.d.). Ground Station Software | UgCS PC Mission Planning [Página *online*]. Retirado de <https://www.ugcs.com>.
- Vernon, C. (2022). *LS-AODV: A routing protocol based on lightweight cryptographic techniques for a fleet of nano drones* (Tese de dissertação de Mestrado em Ciência em Engenharia Elétrica). Naval Postgraduate School, Monterey.
- Vicente, J. (2011). Unmanned Aircraft Systems: contributos para uma visão estratégica. *Air and Space Power Journal*, 23(1). Retirado de <http://hdl.handle.net/10400.26/1059>.
- Wang, D., Xing, S., He, Y., Yu, J., Xu, Q., & Li, P. (2022). Evaluation of a New Lightweight UAV-Borne Topo-Bathymetric LiDAR for Shallow Water Bathymetry and Object Detection. *Sensors*, 22(4). doi: 10.3390/s22041379.
- Wang, J., Chen, M., Zhu, W., Hu, L., & Wang, Y. (2022). A Combined Approach for Retrieving Bathymetry from Aerial Stereo RGB Imagery. *Remote Sensing*, 14(3). doi: 10.3390/rs14030760.
- Wang, J., Liu, Y., & Song, H. (2021). Counter-Unmanned Aircraft System(s) (C-UAS): State of the Art, Challenges, and Future Trends. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 36(3), 4–29. doi: 10.1109/MAES.2020.3015537.
- Yang, S., Wang, P., Wang, J., Lou, H., & Gong, T. (2021). River flow estimation method based on UAV aerial photogrammetry. *Yaogan Xuebao/Journal of Remote Sensing*, 25(6), 1284-1293. doi: 10.11834/jrs.20209082.
- Yao, H., Qin, R., & Chen, X. (2019). Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Applications—A Review. *Remote Sensing*, 11 (12), 1443. doi: 10.3390/RS11121443.



Apêndice A – Classificação de UAV

Quadro 7 – Classificação de UAV pela NATO

Classe	Categoria	Emprego	Altitude	Raio de missão	Exemplos
Classe I <150 kg	<i>Micro</i> <66 J	Subunidade tática (operador único, lançamento manual)	≤ 200 ft	5 km (<i>Line of Sight</i> (LOS))	Black Widow
	<i>Mini</i> <15 kg	Subunidade tática (lançamento manual)	≤ 3000 ft	25 km (LOS)	Skylark, Raven, DH3, Aladin, Strix
	<i>Small</i> >15 kg	Unidade tática (sistema de lançamento)	≤ 5000 ft	50 km (LOS)	Scan Eagle, Luna, Hermes 90
Classe II 150 kg - 600 kg	Tactical	Formação tática	≤ 10000 ft	200 km (LOS)	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, AeroStar, Ranger
Classe III >600kg	<i>Medium Altitude, Long Endurance</i> (MALE)	Operacional/ Teatro de operações	≤ 45000 ft	Ilimitado (<i>Beyond Line of Sight</i> (BLOS))	Predator B, Predator A, Heron, Heron TP, Hermes 900
	<i>High Altitude, Long Endurance</i> (HALE)	Estratégico/nacional	≤ 65000 ft	Ilimitado (BLOS)	Global Hawk
	<i>Stike/Combat</i>	Estratégico/nacional	≤ 65000 ft	Ilimitado (BLOS)	Reaper

Fonte: Adaptado a partir de NATO (2014), Joint Air Power Competence Centre (2010), e Babayomi (2019).



Apêndice B – Objetivos estratégicos

No âmbito do tema em estudo, salientam-se os seguintes objetivos estratégicos da atual DEM (MP, 2022), de acordo com os respectivos valores:

- Visando uma Marinha holística:
 - “Potenciar a atuação militar e não militar, de forma complementar”, através de iniciativas estratégicas (IE) que incluem recolha e processamento de informação, apoio à comunidade civil, e emprego maximizado de veículos não tripulados (VENT) na monitorização dos espaços marítimos (MP, 2022, p. 10);
 - “Reforçar a cooperação interagências, com parceiros nacionais e internacionais”, através de IE que focam a proteção ambiental e a colaboração em emergências civis (MP, 2022, p. 10).
- Visando uma Marinha útil:
 - “Implementar estratégias operativas que suportem os interesses nacionais e as Forças Nacionais Destacadas”, através de IE que potenciam o aumento de conhecimento às forças de fuzileiros em operações, através das novas tecnologias (MP, 2022, p. 13);
- Visando uma Marinha focada:
 - “Racionalizar os recursos de modo a potenciar o produto operacional”, através de IE que fomentam a aplicação de novas tecnologias nas missões, assim como a sustentabilidade ambiental (MP, 2022, p. 14).
- Visando uma Marinha significativa:
 - “Edificar uma marinha numérica e qualitativamente suficiente para cumprir as missões e as tarefas atribuídas”, através de IE que capacitam os navios a operar VENT (MP, 2022, p. 15);
- Visando uma Marinha tecnologicamente avançada:
 - “Potenciar a inovação tecnológica”, através de IE que permitem o desenvolvimento e experimentação de capacidades operacionais inovadoras (MP, 2022, p. 16).

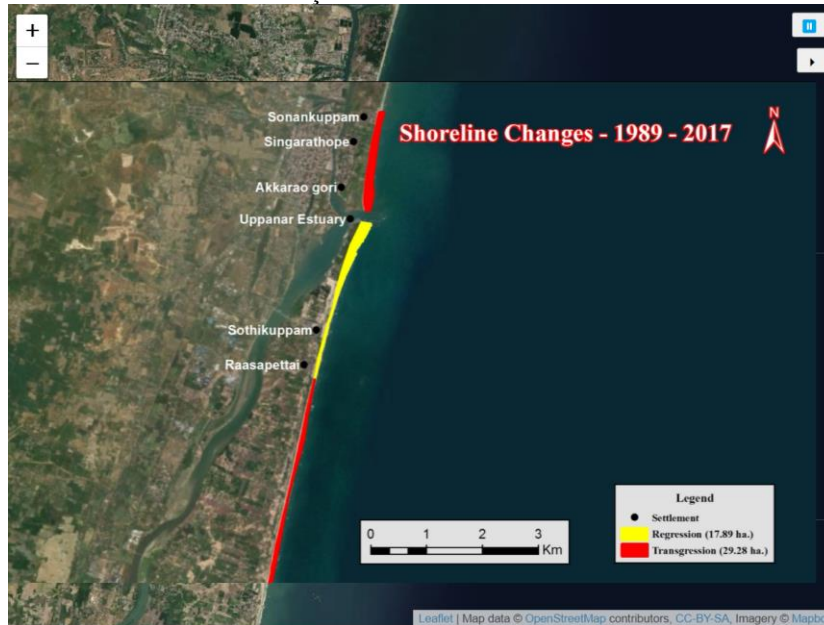


Apêndice C – Produtos de GEOINT

Quadro 8 – Emprego de UAV a nível ambiental – Produtos GEOINT

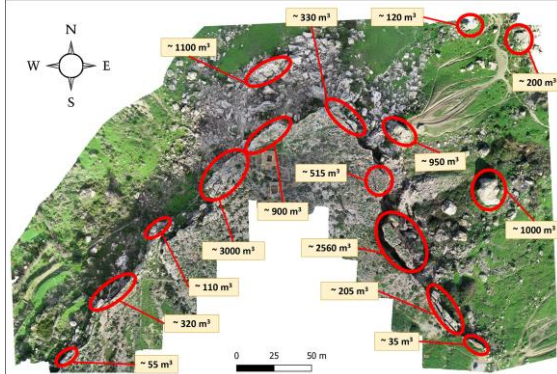
Missão	Local	Sensores de aquisição de dados geoespaciais	Produto GEOINT
Evolução da linha de costa	Cuddalore, Índia	RGB Câmara (UAV de asa fixa)	Cálculo da taxa de variação (recuos e avanços entre terra e mar) a partir de modelo digital de superfície e ortofotomapa provenientes de fotogrametria com imagens de alta resolução.

Vídeo com as alterações da linha de costa entre 1989 e 2017:

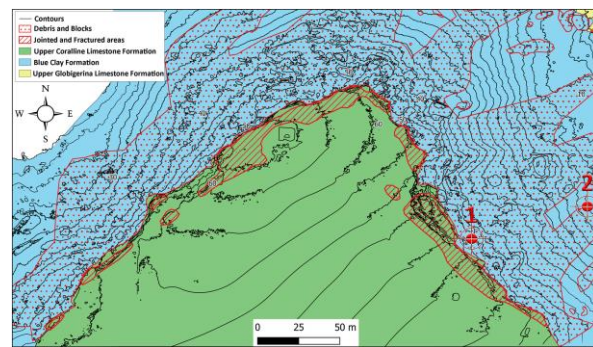


Levantamento geológico em área de difícil acesso	Selmun, Malta	Câmara RGB (modelo DJI Phantom 4 Pro)	Identificação de fraturas e de estruturas rochosas a partir de modelo 3D proveniente de fotogrametria com imagens de alta resolução.
--	---------------	---------------------------------------	--

Ortofotomapa com medições do modelo 3D:



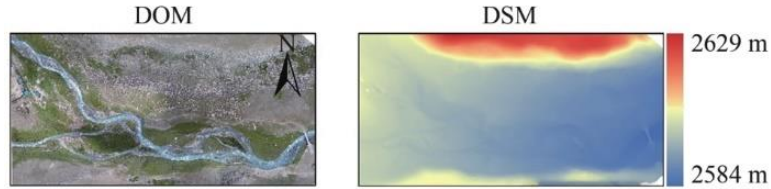
Mapa geomorfológico em SIG:



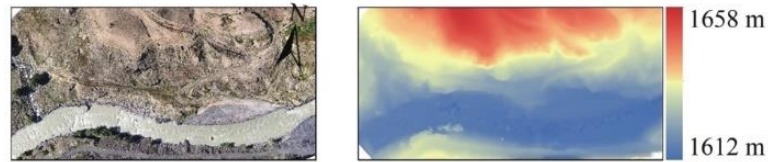


Determinar descarga do rio para gerir recursos hídricos	Junggar, China	Câmara RGB (modelo DJI Phantom 4 Pro)	Aplicação da Fórmula Manning-Strickler para calcular descarga do rio, com base em informação extraída do modelo digital de superfície e do ortofotomapa.
---	----------------	---------------------------------------	--

Ortofotomapas e modelos digitais de superfície do rio em estudo:



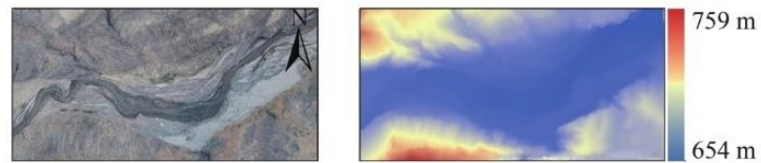
(a) 卡赞营
(a) Kazanying



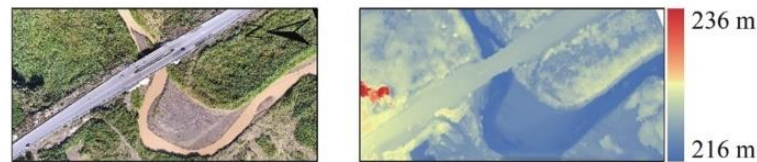
(b) 博尔通古
(b) Bortonggu



(c) 安集海
(c) Anji Sea

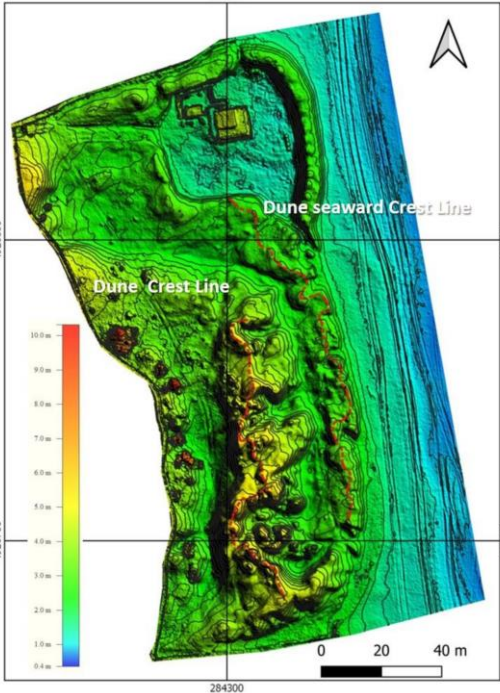
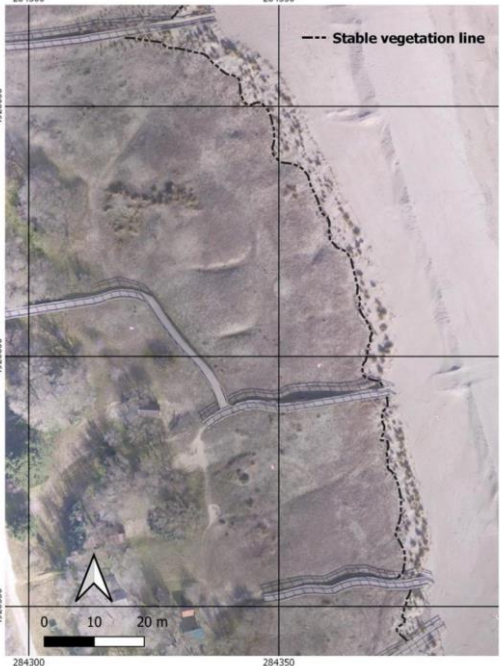
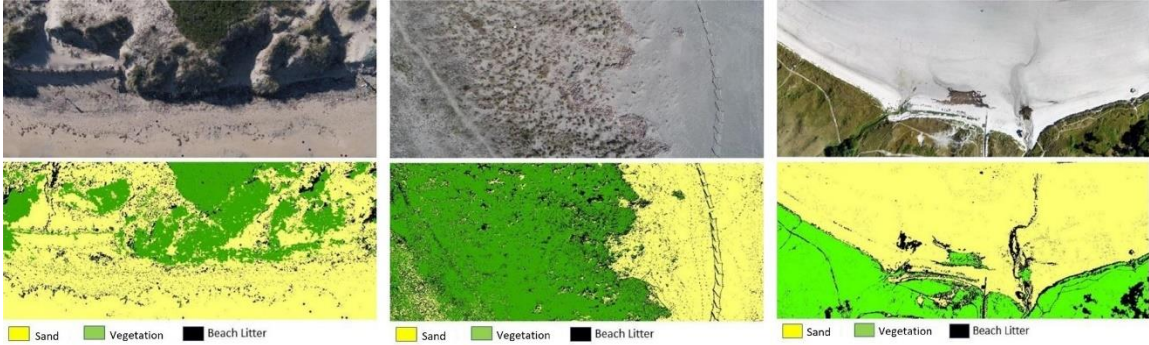


(d) 大河沿子
(d) Daheyanzi



(e) 二叉河
(e) Rocha River



<p>Monitorizar o estado geomorfológico e da vegetação das dunas costeiras</p>	<p>Ravenna, Itália</p>	<p>Câmara RGB (modelo DJI Phantom 3 Pro)</p>	<p>Observação de um aumento constante e progressivo da área de cobertura vegetal e consolidação do sistema dunar, a partir de modelo digital de superfície e ortofotos provenientes de fotogrametria com imagens de alta resolução.</p>
<p>Modelo 3D com isobatimétricas:</p> 		<p>Ortofotomapa que identifica a linha da vegetação estável:</p> 	
<p>Deteção rápida de presença de vários poluentes ao longo da faixa costeira</p>	<p>Ostuni e Policoro, Itália; e Bretanha, França</p>	<p>FLIR térmica e RGB, câmara multiespectral e sensor de luz incidente (modelos DJI Inspire 2 e DJI Phantom 4 Pro)</p>	<p>Classificação automática supervisionada de areia, vegetação e resíduos através de SIG com base em modelo digital de terreno e ortofotos, provenientes de fotogrametria.</p>
<p>Ortofotos e classificação automática RGB através de SIG:</p> 			

Fonte: Adaptado a partir de Shenbagaraj et al. (2021, p. 1769); Colica et al. (2021, pp. 1-4); Yang et al. (2021, p. 1); Fabbri et al. (2021, pp. 1-5); Cagnazzo et al. (2021, pp. 29-33).



Apêndice D – Guião da entrevista

Guião de entrevista semi-estruturada

Data: ___ de ___ de 2022

Nome: Identificação ou anónimo

Função e Unidade:

Bloco I:

- 1 - Quais os dados que são adquiridos provenientes de UAV, na sua organização?
- 2 - Quais os sensores utilizados nos UAV por forma a adquirir esses dados?
- 3 - Quais os modelos de UAV utilizados?

Bloco II:

- 4 - Quais são as tipologias de missões onde são obtidos esses dados?
- 5 - Quais os *softwares* utilizados no planeamento?

Bloco III:

- 6 - No processamento dos dados, quais os *softwares* utilizados para elaborar os produtos?
- 7 - Quais são esses produtos?
- 8 - De que forma conseguem esses produtos tornar as missões mais otimizadas e eficazes?
- 9 - Qual a cooperação que têm com o EMGFA ou CCOM?

Bloco IV:

- 10 - Existe interesse em operar nanodrones?
- 11 - Relativamente à elaboração de produtos de GEOINT, os militares têm alguma formação específica na componente geoespacial?
- 12 - Utilizam alguma doutrina? Qual?
- 13 - Tem produtos resultantes desta aplicação, não classificados, que possa partilhar?



Apêndice E – Diagrama de Sankey

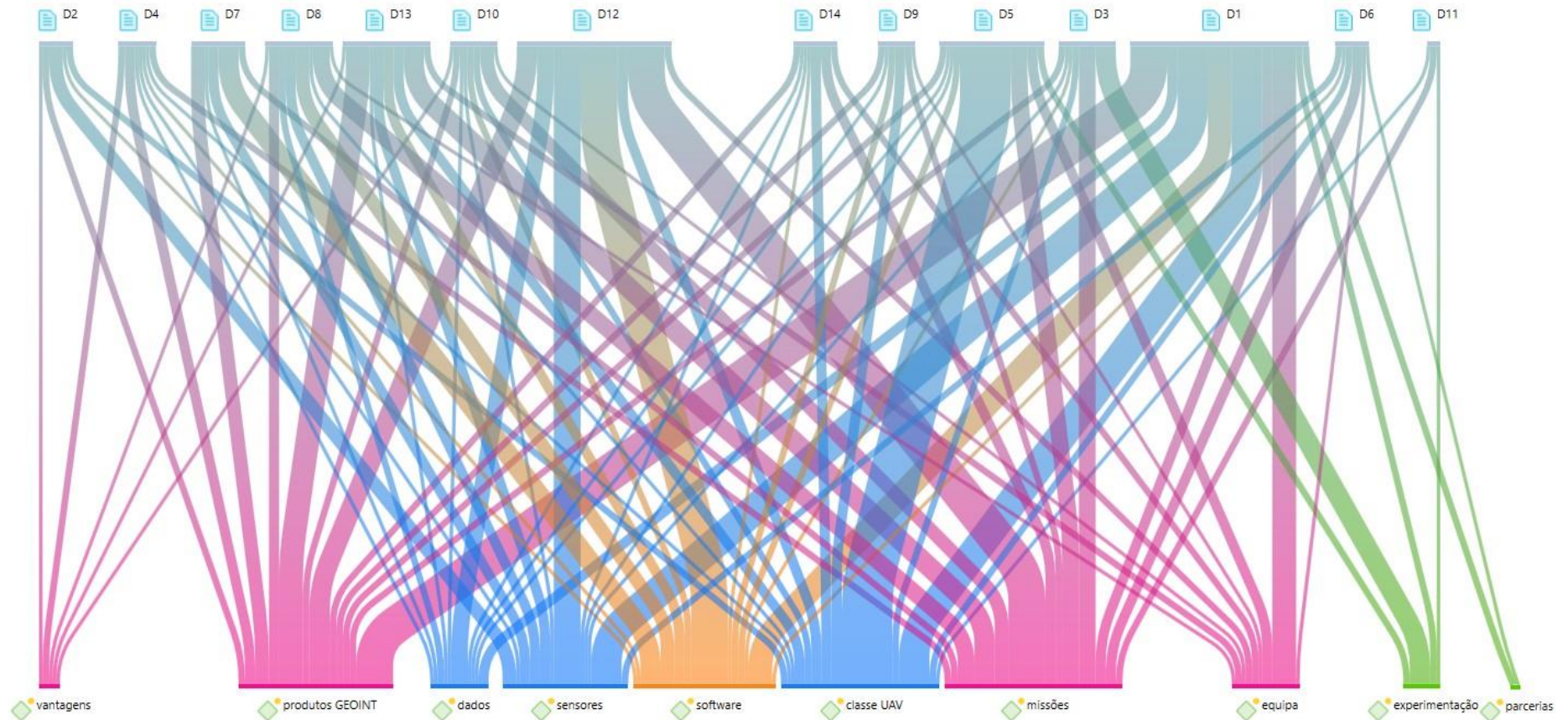


Figura 14 – Diagrama de Sankey códigos-documentos

Fonte: Elaborado com apoio do ATLAS.ti



Apêndice F – Missões das Forças Armadas

Quadro 9 – Missões das FFAA

Âmbito	Missão
Segurança e defesa do território nacional (TN) e dos cidadãos	M1.1 Defesa convencional do TN
	M1.2 - Garantia de circulação no espaço interterritorial
	M1.3 Atuação em estados de exceção
	M1.4 Evacuação de cidadão nacionais em áreas de crise
	M1.5 Extração/Proteção de contingentes e FND
	M1.6 Ciberdefesa
	M1.7 Cooperação com as forças e serviços de segurança
Defesa coletiva	M2.1 Defesa do território das nações aliadas
Exercício da soberania, jurisdição e responsabilidades nacionais	M3.1 Vigilância e controlo, incluindo a fiscalização e o policiamento aéreo, dos espaços sob soberania e jurisdição nacional
	M3.2 Busca e Salvamento
	M3.3 Segurança das linhas de comunicação do Espaço Estratégico de Interesse Nacional Permanente
Segurança cooperativa	M4.1 Operações de Resposta a Crisis no âmbito da NATO (não artigo 5º)
	M4.2 Outras operações e missões no âmbito da NATO
	M4.3 Operações e missões no âmbito da UE
	M4.4 Operações de Paz no âmbito da ONU e da Comunidade de Países de Língua Portuguesa
	M4.5 Operações e missões no âmbito de acordos bilaterais e multilaterais
Apoio ao desenvolvimento e bem-estar	M5.1 Apoio à proteção e salvaguarda de pessoas e bens
	M5.2 Apoio ao desenvolvimento
Cooperação e assistência militar	M6.1 Cooperação e assistência militar de natureza bilateral e multilateral
	M6.2 Ações no âmbito da Reforma do Setor da Segurança de outros países

Fonte: Adaptado a partir de CCEM (2014)