

**Voos de Longa Distância com o LEEUAV:  
Planeamento Operacional**  
(Versão final após defesa)

**Lucas de Souza Borges**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Aeronáutica**  
(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Vieira Gamboa

**agosto de 2023**

**Folha em branco**

## Declaração de Integridade

Eu, Lucas De Souza Borges, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição 42140 de/o Engenharia Aeronáutica da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 01/08/2023

Lucas Souza Borges

(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente  
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

**Folha em branco**

# **Agradecimentos**

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus Pais, à minha mulher e restantes familiares por todo o apoio prestado durante todos estes anos em que estive fora que culminou na conclusão deste curso que tanto ambicionava.

Um agradecimento especial ao Professor Doutor Pedro Gamboa por toda a disponibilidade e apoio que apresentou para a realização desta dissertação, foi sem dúvida o fator determinante por sempre apresentar soluções para os problemas com que me deparei e auxiliar-me com todas as dúvidas que surgiram.

Gostaria também de agradecer ao Filipe Silva do CEIIA e ao Joaquim Sousa da ANAC por se disponibilizarem a rever a documentação elaborada e por apresentarem propostas de melhoria ao documento.

Por fim quero agradecer ao Engenheiro Edgar Carvalho por disponibilizar o tempo necessário mesmo em contexto de trabalho para a elaboração desta dissertação e ainda aos meus amigos por todo o apoio prestado ao longo destes anos.

**Folha em branco**

## **Resumo**

O constante crescimento e desenvolvimento dos veículos aéreos não tripulados quer em massa quer em tamanho obrigou as organizações internacionais a criar regras e regulamentações específicas para a sua operação de forma a garantir a proteção das pessoas e do meio ambiente e também a proteção de outros utilizadores do espaço aéreo. Esta dissertação de mestrado surge na sequência do desenvolvimento do UAV solar (LEEUAV) que é um veículo aéreo não tripulado com 4,5m de envergadura constituída por uma estrutura ultraleve em que a fonte principal de energia é o sol através das suas células fotovoltaicas presentes nas asas. Durante a fase de análise da regulamentação verificou-se a existência de diferentes categorias para a operação de um UAV que alteram o método de planeamento da operação, nomeadamente a categoria aberta que é a categoria de menor risco e a categoria específica que é uma categoria que requer a aplicação de um pedido de autorização operacional na ANAC através da submissão de documentos. Esta dissertação apresenta o planeamento de uma operação em categoria aberta e ainda o planeamento de uma operação em categoria específica com a elaboração de todos os documentos necessários, incluindo o manual de operações que contém a análise de riscos segundo a metodologia SORA, para a aplicação de um pedido de autorização operacional. A operação em categoria aberta consiste na realização de 36 voltas a um percurso de aproximadamente 2,5km perfazendo um total de aproximadamente 90km em torno da pista do Aeroclube da Covilhã. A operação em categoria específica consiste na realização de um percurso de ida e volta com aproximadamente 55km que liga a pista do Aeroclube da Covilhã até ao Aeródromo de Castelo Branco perfazendo um total aproximado de 110km.

## **Palavras-chave**

Categoria Aberta, Categoria Específica, Análise de riscos, Metodologia SORA, Manual de Operações, Autorização Operacional

**Folha em branco**

# **Abstract**

The constant growth and development of unmanned aerial vehicles, whether in mass or in size, has forced international organizations to create specific rules and regulations for their operation to guarantee the protection of people and the environment and also the protection of other users of the airspace. This master's thesis follows the development of the solar UAV (LEEUAV) which is an unmanned aerial vehicle with a 4,5m wingspan consisting of an ultralight structure in which the main source of energy is the sun through its photovoltaic cells present in the wings. During the regulation analysis phase, it was verified the existence of different categories for the operation of a UAV that change the method of planning the operation, namely the open category, which is the lowest risk category, and the specific category, which is a category that requires the application of an operational authorization request at ANAC through the submission of documents. This dissertation presents the planning of an operation in an open category and also the planning of an operation in a specific category with the elaboration of all the necessary documents, including the operations manual that contains the risk analysis according to the SORA methodology, for the application of an application for operational authorization. The operation in the open category consists of carrying out 36 laps over a course of approximately 2.5km, making a total of approximately 90km around the Covilhã Airclub runway. The operation in a specific category consists of carrying out a round trip of approximately 55km each way that connects the runway from the Airclub of Covilhã to the Aerodrome of Castelo Branco, making a total of approximately 110km.

## **Keywords**

Open category, Specific Category, Risk Analysis, SORA methodology, Operations Manual, Operational Authorization

**Folha em branco**

# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice</b> .....	<b>xi</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>xv</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>xviii</b>
<b>Lista de Acrónimos</b> .....	<b>xx</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivação .....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.3 Estrutura da dissertação .....	2
<b>2 Estado de Arte</b> .....	<b>3</b>
2.1 Revisão bibliográfica .....	3
2.2 – História dos UAVs de Elevada Autonomia.....	3
2.3 - Regulamentação .....	6
2.3.1 ICAO.....	7
2.3.2 EASA .....	7
2.3.3 ANAC .....	8
2.3.4 Decreto-lei nº58/2018 .....	9
2.4 Categorias das operações de UAS.....	10
2.4.1 Categoria Aberta .....	10
2.4.2 Categoria Específica .....	11
2.4.3 Categoria Certificada.....	13
<b>3 Descrição da Aeronave e sistemas</b> .....	<b>15</b>
3.1 Descrição do LEEUAV .....	15
3.2 Sistemas .....	18
3.2.1 Sistemas Ground Control Station.....	18
3.2.2 Sistemas LEEUAV.....	21
3.2.3 Sistema de comunicação Terra-Ar .....	30
<b>4 Operação na categoria Aberta</b> .....	<b>35</b>
4. 1 Identificação da Subcategoria do LEEUAV .....	35
4.2 Registo de operador.....	37
4.3 Autorização AAN .....	39
4.4 Contratualização de um seguro de responsabilidade civil.....	40

4.5	Formação A1/A3.....	41
4.6	Planeamento e rota de voo .....	42
4.7	Procedimentos pré-voo.....	44
<b>5</b>	<b>Operação na categoria específica .....</b>	<b>47</b>
5.1	Enquadramento.....	47
5.1.1	Modelo de requerimento AMC1 UAS.SPEC.030(2) .....	48
5.1.2	Modelo das características técnicas da aeronave.....	49
5.1.3	Responsabilidades do operador do UAS .....	49
5.2	Avaliação de riscos .....	50
5.2.1	Geografia de voo .....	51
5.2.2	Volume de contingência.....	51
5.2.3	Margem de risco em terra e no ar ( <i>Ground Risk Buffer</i> e <i>Air Risk Buffer</i> ) .....	52
5.2.4	Robustez .....	53
5.3	Metodologia SORA .....	53
5.3.1	Descrição do CONOPS .....	54
5.3.2	Determinação da classe de risco intrínseco no solo (GRC) .....	55
5.3.3	Determinação do GRC final .....	56
5.3.4	Determinação do risco intrínseco inicial de colisão no ar (ARC inicial).....	57
5.3.5	Aplicação de mitigações estratégias para a determinação do ARC final (Opcional)..	58
5.3.6	Requisito de desempenho de mitigações táticas (TMPR) e níveis de robustez.....	59
5.3.7	Determinação do SAIL .....	60
5.3.8	Identificação dos objetivos de segurança operacional .....	61
5.3.9	Considerações do espaço aéreo/área adjacente .....	62
5.3.10	Portfolio de Segurança abrangente.....	63
5.4	Manual de operações .....	63
<b>6</b>	<b>Aplicação categoria específica.....</b>	<b>67</b>
6.1	Desenvolvimento do Manual de operações.....	67
6.1.1	Descrição da organização do operador de UAS .....	67
6.1.2	Conceito de Operações (CONOPS) .....	71
6.1.3	Procedimentos de operação normal .....	89
6.1.4	Procedimentos de contingência.....	91
6.1.5	Procedimentos de emergência.....	94
6.1.6	Plano de resposta a emergências.....	97
6.1.7	Interferência contra atos ilícitos .....	104
6.1.8	Orientações para minimizar os incómodos e impactos ambientais referidos.....	105

6.1.9 Procedimentos de reporte de ocorrências de acordo com o Regulamento (EU) No 376/2014.....	109
6.1.10. Procedimentos de manutenção de registos (registo e arquivo).....	110
6.2 Documentação de suporte.....	111
<b>7 Conclusão .....</b>	<b>113</b>
7.1 Trabalhos Futuros .....	113
<b>Bibliografia .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo A – Requerimento para uma autorização operacional para a categoria específica ...</b>	<b>120</b>
<b>Anexo B - Características Técnicas do UAS .....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo C - Modelo dos procedimentos para assegurar a conformidade com o Regulamento (EU) 2016/679 GM1 UAS.SPEC.050 .....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo D – Declaração de Responsabilidade do Piloto Remoto .....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo E – Design Verification Report (DVR) .....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo F – Registo de manutenção do LEEUAV .....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo G – Modelo de comunicação de ocorrências.....</b>	<b>135</b>

**Folha em branco**

## Lista de Figuras

Figura 1 - Sunrise 1 [2].....	4
Figura 2 - Desenvolvimentos Aeroenvironment [3] .....	4
Figura 3 - Solar Impulse [2] .....	5
Figura 4 - Solara 50 [4] .....	5
Figura 5 - Solara 60 .....	5
Figura 6 - Zephyr 8 [5] .....	6
Figura 7 - Modelo semântico da operação de aeronaves não tripuladas segundo as regras gerais da categoria aberta e atendendo às atuais zonas proibidas e de restrição operacional de aeroportos internacionais e heliportos de emergência médica. [12].....	10
Figura 8 – Distribuição painel solar Asa [14] .....	16
Figura 9 - Cauda LEEUAV [15] .....	16
Figura 10 - Fuselagem e tubo de ligação [15] .....	16
Figura 11 – Vistas LEEUAV [16] .....	17
Figura 12 - Sistema controlo de voo [16] .....	19
Figura 13 - Ecrã monitorização Mission Planner [19] .....	20
Figura 14 – Pixhawk [21] .....	22
Figura 15 - Seta de direção [22] .....	23
Figura 16 - Orientação fuselagem [22].....	23
Figura 17 - Ligações Pixhawk [16].....	23
Figura 18 - Buzzer e safety switch [22] .....	24
Figura 19 - Distribuição dos componentes elétricos .....	24
Figura 20 - Estrutura GPS [16] .....	26
Figura 21 - Sensor de velocidade do ar e estrutura de suporte [16].....	27
Figura 22 - Representação sistema propulsivo [16].....	27
Figura 23 - Célula Solar fotovoltaica SunPower C60 [27].....	29
Figura 24 - Vista de cima dos painéis solares da Asa [14].....	30
Figura 25 - Sistemas de comunicação Terra-ar do LEEUAV [16].....	31
Figura 26 - Sistemas de comunicação terra-ar estação de controlo terrestre [16] .....	31
Figura 27 - Transmissor Scherrer Tx700 Pro Long Range (UHF) [29] .....	32
Figura 28 - O recetor de 12 canais Scherrer RX700LR V7 de longo alcance [29] .....	32
Figura 29 - Entrada do recetor de controlador de rádio no Pixhawk [22] .....	32
Figura 30 – Linha de vista visual (Visual Line of Sight) [33].....	36
Figura 31 - Representação da margem de segurança entre UAV e aeronaves tripuladas .....	36
Figura 32 - Plataforma de registo de operador [34] .....	37
Figura 33 - Ecrã de registo de operador [34] .....	38
Figura 34 - Registo como pessoa coletiva [34] .....	38
Figura 35 - Plataforma e-AAN [36] .....	39
Figura 36 - Mapa para seleção da rota na plataforma e-AAN [36].....	40
Figura 37 - Coberturas de seguro apresentadas pela Lusitânia [37] .....	41
Figura 38 - Certificado de conclusão formação A1/A3 [38].....	42
Figura 39 – Representação de zonas proibidas para realização de operação sem necessidade de pedido de autorização [39].....	43

Figura 40 – Percurso Categoria Aberta.....	44
Figura 41 – Perfil de elevação do percurso escolhido em categoria aberta.....	45
Figura 42 – Representação da geografia de voo, volume de contingência, Ground Risk Buffer e Air Risk Buffer [41] .....	51
Figura 43 – 10 passos da metodologia SORA.....	54
Figura 44 – Índice Manual de Operações [43].....	64
Figura 45 - Estrutura da Organização .....	67
Figura 46 - Percurso de voo .....	73
Figura 47 – Picos Montanhosos .....	74
Figura 48 – Perfil de elevação .....	74
Figura 49 – Ponte que cruza a autoestrada A23 .....	76
Figura 50 – Arquitetura de GAUSS [55] .....	77
Figura 51 – Arquitetura unidade de decisão [55].....	78
Figura 52 – Unidade de decisão [55].....	78
Figura 53 – Arquitetura caixa de receção [55] .....	78
Figura 54 – Caixa de receção [55] .....	79
Figura 55 – Zona ATZ Castelo Branco [59] .....	81

**Folha em branco**

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Subcategorias UAV .....	11
Tabela 2 - Dimensões da asa .....	15
Tabela 3 – Características LEEUAV .....	17
Tabela 4 - Dimensões Pixhawk.....	22
Tabela 5 - Coordenadas de voo do percurso definido .....	44
Tabela 6 – Níveis de robustez.....	53
Tabela 7 – Identificação da classe de risco intrínseco.....	55
Tabela 8 – Mitigações de risco no solo .....	56
Tabela 9 - Determinação da classe de risco no ar inicial .....	56
Tabela 10 – Determinação Tmpr .....	59
Tabela 11 – Determinação do SAIL.....	60
Tabela 12 – Objetivos de Segurança operacional através do SAIL.....	61
Tabela 13 – Dados de contacto das pessoas presentes na operação .....	64
Tabela 14 – Contactos do Pessoal de operação .....	68
Tabela 15 – Condições ambientais .....	71
Tabela 16 – Cálculo Energia cinética .....	75
Tabela 17 – Classe de risco intrínseco no solo.....	75
Tabela 18 – Mitigação risco no solo .....	80
Tabela 19 – Determinação do SAIL .....	83
Tabela 20 – Objetivos de segurança operacional .....	84
Tabela 21 – Modos disponíveis.....	92
Tabela 22 – Contactos de emergência .....	94
Tabela 23 – Cenários de Emergência .....	95
Tabela 24 – Impactos ambientais .....	105
Tabela 25 – Mitigação dos impactos ambientais .....	107

**Folha em branco**

# Lista de Acrónimos

AAN	Autoridade Aeronáutica Nacional
ADREP	<i>Accident/Incident Data Reporting</i>
ADS-B	<i>Automatic dependent surveillance-broadcast</i>
AEC	<i>Airspace Encounter Category</i>
ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil
API	<i>Application Programming Interface</i>
ARC	<i>Air Risk Class</i>
ATZ	Zona de Tráfego
BVLOS	<i>Beyond Visual Line of Sight</i>
CONOPS	Conceito de operações
DAA	<i>Detect And Avoid</i>
DCA	Departamento de Ciências Aeroespaciais
DVR	<i>Design Verification Report</i>
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
ECCAIRS	<i>European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems</i>
EFPL	<i>École Polytechnique Fédérale de Lausanne</i>
ERSG	<i>European Remotely Piloted Aircraft Systems Steering Group</i>
ESC	<i>Electronic Speed Controller</i>
EU	<i>European Union</i>
FPV	<i>First Person View</i>
FTS	<i>Flight Termination System</i>
GAUSS	<i>Geliştirme Amaçlı Uçuş Sonlandırma Sistemi</i>
GCS	<i>Ground Control Station</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRB	<i>Ground Risk Buffer</i>
HALE	<i>High Altitude Long Endurance</i>
IAS	<i>Indicated airspeed</i>
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>
INSS	<i>Inertial Navigation Systems</i>
LEEUAV	<i>Long Endurance Electric Unmanned Aerial Vehicle</i>

LiPo	<i>Lithium Polymer</i>
LUC	<i>Light UAS Operator Certificate</i>
MoC	<i>Means of Compliance</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
OSO	Objetivos de Segurança Operacional
PANS	Procedures for Air Navigation Services
PDRA	<i>PreDefined Risk Assessment</i>
POC	Programas da Orla Costeira
POOC	Planos de Ordenamento da Orla Costeira
RF	<i>Radio Frequency</i>
RPA	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
RTH	<i>Return To Home</i>
SAIL	<i>Specific Assurance Integrity Level</i>
SARPS	Standards and Recommended Practices
SDAF	<i>See, Decide, Avoid and Feedback</i>
SORA	<i>Specific Operations Risk Assessment</i>
STS	<i>Standard Scenarios</i>
TAS	<i>True Air Speed</i>
TMPR	<i>Tactical Mitigation Performance Requirement</i>
TMZ	Zona de equipamento transponder obrigatório
UAS	<i>Unmanned Aerial Systems</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UBEC	<i>Universal Battery Eliminator Circuit</i>
UBI	Universidade da Beira Interior
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
VANT	Veículo Aéreo não tripulado
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VLOS	<i>Visual Line of Sight</i>

**Folha em branco**

# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo é apresentado a motivação, os objetivos e a estrutura da dissertação.

### 1.1 Motivação

O Long Endurance Electric Unmanned Aerial Vehicle (LEEUAV) é um veículo aéreo solar não tripulado que foi desenvolvido na Universidade da Beira Interior por antigos alunos e aprimorado ao longo dos anos nomeadamente com a implementação de células fotovoltaicas que se tornaram a principal fonte de energia deste veículo. Desde a implementação destas células solares surgiu o interesse em realizar o teste da autonomia do LEEUAV através da realização de um percurso de longa distância que atinja o Aeródromo de Castelo Branco utilizando como ponto de partida e chegada o Aeroclube da Covilhã. Com o crescimento exponencial na utilização e na melhoria das capacidades dos UAV existe a necessidade de garantir a proteção das pessoas, do meio ambiente e de outros utilizadores do espaço aéreo com a criação de regras e procedimentos específicos de acordo com o tipo e as características do UAV. Nesse sentido acaba por ser importante garantir o cumprimento de todos os quadros legais no momento de elaboração do planeamento de uma operação de longo curso de modo a evitar contraordenações e garantir a segurança da operação através da identificação de todos os fatores prejudiciais que podem interferir no seu sucesso. Esta dissertação apresenta uma análise ao quadro geral da regulamentação e prepara qualquer utilizador futuro do LEEUAV a estar consciente dos riscos através da obtenção de uma garantia de segurança operacional.

### 1.2 Objetivos

Esta dissertação têm o objetivo de realizar o planeamento de duas operações: uma operação em categoria aberta e uma operação em categoria específica. Em ambos os casos, são apresentadas as regras inerentes a cada categoria e todo o processo para estar em conformidade com os quadros legais e a regulamentação existente.

No planeamento na categoria aberta deve ser incluído:

- A definição do percurso e planeamento de voo;
- Os procedimentos para a realização do registo de operador e formação A1/A3;
- Os procedimentos para obtenção da autorização para a utilização do FPV;
- Os procedimentos pré-voo.

No planeamento na categoria específica deve ser incluído:

- Os documentos necessários para obtenção de uma autorização operacional por parte da ANAC;
- A elaboração do manual de operações que deve incluir uma análise de riscos segundo a metodologia SORA;
- Identificação dos sistemas e processos a serem implementados no LEEUAV para garantir a aceitação do pedido de autorização operacional.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

A dissertação é dividida em 7 capítulos principais:

O capítulo 1 apresenta uma introdução que inclui a motivação e a definição dos objetivos da dissertação.

O capítulo 2 apresenta o estado de arte que inclui uma revisão bibliográfica, a história dos UAV de elevada autonomia, a evolução da regulamentação e apresenta as diferentes categorias de operação dos UAV.

O capítulo 3 faz a descrição do LEEUAV e de todos os sistemas disponíveis atualmente.

O capítulo 4 apresenta as regras e procedimentos da categoria aberta, o percurso escolhido para a realização da operação nesta categoria e os procedimentos para a realização do registo de operador.

O capítulo 5 apresenta as regras e procedimentos da categoria específica, apresenta o processo para obtenção de uma autorização operacional, apresenta o método de análise de riscos segundo a metodologia SORA com a apresentação e explicação dos dez passos desta metodologia. No final são apresentados e explicados os diferentes capítulos do manual de operações.

O capítulo 6 apresenta a aplicação da categoria específica através da elaboração do manual de operações e preenchimento dos formulários para obtenção da autorização operacional.

O capítulo 7 apresenta a conclusão da dissertação e os trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

# Capítulo 2

## Estado de Arte

### 2.1 Revisão bibliográfica

Nos anos recentes a energia solar entrou na vida humana e na produção como um novo tipo de energia limpa, isto permitiu que novos sistemas (como os drones) adotassem esta fonte para conseguir gerar energia elétrica com elevado nível de aproveitamento. Os drones solares são veículos aéreos não tripulados (VANT, ou UAV em Inglês) que podem voar continuamente a altas altitudes utilizando como fonte de energia a radiação solar. A obtenção desta energia surge através da utilização de células fotovoltaicas que transforma a energia solar em energia elétrica e conduz a hélice a girar de modo a gerar a potência de voo necessária. De acordo com a sua altura de voo os UAV podem ser divididos em *Low-Altitude UAV*, *High-Altitude UAV* e *near-space UAV* [1]. No dia-a-dia os *Low-Altitude UAV* são utilizados para mapeamento e agrimensura. Devido à flexibilidade e mobilidade dos drones de baixa altitude, eles não só atendem às necessidades de topografia do país e indústria de mapeamento, mas também melhoram muito a qualidade do serviço da indústria de topografia e mapeamento. Os drones de alta altitude e elevada autonomia são veículos aéreos não tripulados que voam em altitudes superiores a cerca de 20km e que podem permanecer no ar por períodos extremamente longos, podendo ser usados para várias aplicações como por exemplo para realizar extensas operações de vigilância e recolha de imagens. Esses sistemas de vigilância são projetados para monitorizar atividades numa área por longos períodos.

### 2.2 – História dos UAVs de Elevada Autonomia

A história destes UAV está extremamente ligada ao desenvolvimento do voo movido a energia solar. A autonomia é uma das principais vantagens que as aeronaves não tripuladas oferecem em relação às aeronaves tripuladas, que só podem voar enquanto o piloto ou pilotos puderem voar com segurança. Portanto, a união entre o voo solar e o veículo aéreo não tripulado é bastante atrativo uma vez que a autonomia pode ser dias ou semanas. Em 1974 um grupo de engenheiros liderado por Robert Boucher conduziu com sucesso ao primeiro voo de uma aeronave solar da história denominada por Sunrise I representado na Figura 1, UAV este com uma envergadura de aproximadamente 10,66m e uma massa de 10kg. Após os testes realizados, apresentou uma autonomia de 12h de voo [2].



Figura 1 - Sunrise 1 [2]

Durante os anos de 1980 a companhia com nome AeroVironment que trabalhava num grande protótipo de aeronave tripulada movida a energia solar, desenvolveu após o estabelecimento de um acordo com o governo dos EUA um UAV Solar de ultralonga duração denominado de Pathfinder que foi testado em 1998 a uma altitude de 24km [3], os estudos e desenvolvimentos foram avançados pela NASA desenvolvendo as duas variantes do Pathfinder: o Centurion e o Helios como demonstra a Figura 2.

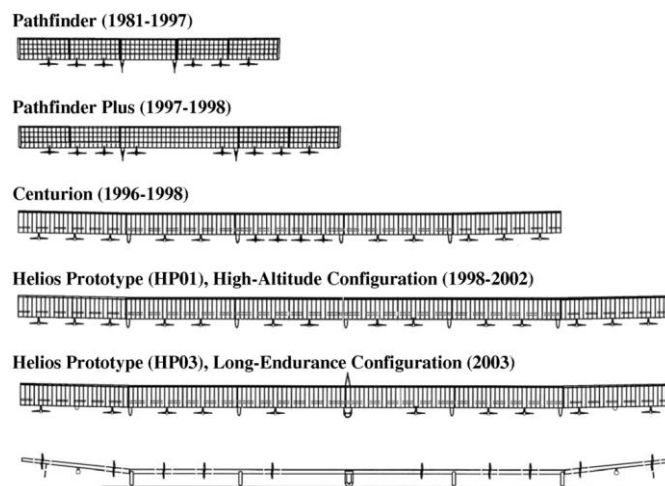


Figura 2 - Desenvolvimentos Aeroenvironment [3]

Bertrand Piccard ingressou na *Swiss Ecole Polytechnique Federale de Lausanne* (EPFL) com o objetivo de circum-navegar o globo num avião movido a energia solar, essa parceria resultou na criação do Solar Impulse em 2004, o primeiro protótipo de avião foi fabricado entre 2007 e 2008, o Solar Impulse tinha uma envergadura de 63,4m mas pesava menos de 1600kg, era alimentado por 4 motores de 10hp em que utilizava exclusivamente a energia coletada de 11.628 painéis fotovoltaicos e armazenava em baterias de lítio de 400kg [2]. Em junho de 2012, o Solar Impulse voou da Suíça (Europa) para Marrocos (África), tornando-se no primeiro voo intercontinental movido a energia solar do mundo, no verão de 2013 Piccard completou com sucesso o “across America” pilotando o Solar Impulse, Figura 3, de São Francisco a Nova York. A aeronave de segunda geração, Solar Impulse 2, foi construída em 2014. Conseguiu circum-

navegar o globo, começando em Abu Dhabi, 9 de março de 2015, voando de oeste para leste e retornando em 26 de julho de 2016.



*Figura 3 - Solar Impulse [2]*

O Google entrou no negócio de UAVs movidos a energia solar com a aquisição da Titan Aerospace, um fabricante de UAV movido a energia solar de alta altitude e longa resistência (HALE) em abril de 2014. A Titan Aerospace desenvolveu os drones chamados de Solara 50 representado na Figura 4 e Solara 60 representado na Figura 5 com 50,0m e 60,0m de envergadura respectivamente e 3000 células produzindo 7kW [4] capaz de voar a uma altitude relatada de 20km por períodos impressionantes de mais de 5 anos. O mais recente projeto UAV movido a energia solar do Google é chamado de Skybender que pode transmitir internet 5G em todo o território dos Estados Unidos. Diz-se que os drones Skybender experimentam transmissões de rádio de ondas milimétricas que eventualmente podem permitir atingir velocidades de internet até 40 vezes mais rápidas do que vemos nos sistemas 4G LTE.



*Figura 4 - Solara 50 [4]*



*Figura 5 - Solara 60*

Uma das aeronaves de alta altitude de longa duração de maior sucesso devido ao alto nível de tecnologia é o Airbus Zephyr que foi inicialmente desenvolvido nos anos 2000 pela QinetiQ e finalmente adquirido em 2013 pela Airbus. O Zephyr possui uma autonomia extremamente alta, num voo realizado em 2010 o Zephyr destacou-se pelo voo mais longo realizado por uma aeronave não tripulada, com 336 horas (ou 2 semanas), bem como o recorde de voo mais alto realizado por uma aeronave aérea não tripulada. Em setembro de 2014, o Zephyr 6 realizou o primeiro voo autorizado de uma aeronave suborbital, ou seja, um voo espacial no qual a aeronave atinge o espaço sideral, mas a sua trajetória cruza a atmosfera ou a superfície do corpo gravitacional de onde foi lançada, de modo que não completará uma revolução orbital (não se tornará um voo artificial satélite) não tripulada no espaço aéreo civil, voando a 18Km de altitude sobre os Emirados Árabes Unidos por um período de pouco menos de 24 horas, demonstrando a viabilidade de integrar com segurança este tipo de aeronave no espaço aéreo nacional. Em 2015 o Zephyr 8, Figura 6, foi a última versão desenvolvida pela Airbus como parte de um esforço para desenvolver uma plataforma que pode ser usada para missões de reconhecimento de longo prazo e atuar como um pseudo-satélite de alta altitude que pode fornecer um *hub* de comunicações equivalente a 25 torres de centrais telefônicas. O voo foi realizado junho de 2022, o Zephyr 8 estava estacionado na estratosfera a uma altitude de 18.000km enquanto sobrevoava o sul dos Estados Unidos, o Golfo do México e a América do Sul, cobrindo uma distância de 55560Km [5], durante o voo, a aeronave não apenas estabeleceu um novo recorde de autonomia, mas também seu primeiro voo sobre a água, primeiro voo em espaço aéreo internacional, primeira recolha de dados e *downlink* direto no espaço aéreo internacional e o maior tempo de comunicação por satélite de 7 dias.



Figura 6 - Zephyr 8 [5]

## 2.3 - Regulamentação

O aumento das capacidades operacionais dos UAVs, como a velocidade e a constante melhoria dos componentes de *hardware* e *software* utilizados tem ocorrido de forma muito rápida. Neste sentido, surgiu a necessidade de legislar para fazer face ao rápido crescimento dos UAV como medida de proteção do meio ambiente e das pessoas. A regulamentação dos UAVs tem como ponto de partida a aviação tripulada e a emergência das aeronaves na segunda guerra mundial. Em 1944 a comunidade internacional estabeleceu os primeiros princípios globais da aviação

civil através da convenção de Chicago que, para além de ter como foco principal o estabelecimento de requisitos para voos seguros e protegidos na aviação tripulada também faz referência, num artigo, à aviação não tripulada em que considera os drones como aeronaves e destaca a necessidade de se obter uma autorização operacional para poder operar de modo a evitar o perigo para as aeronaves civis. Nos anos 2000 após vários anos de pesquisa tecnológica e inovação os UAVs foram vistos como um sistema comercialmente viável devido ao seu amplo campo de aplicações, com isso em 2006 a Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO) identificou e declarou a necessidade de estabelecer termos e princípios internacionalmente harmonizados para o uso civil de UAVs que deu origem à publicação em 2011 do documento “*Unmanned Aircraft Systems (UAS)*” [6] como meio de estabelecer uma estrutura regulamentar internacionalmente fundamentada por meio de normas e práticas recomendadas para a utilização dos UAVs.

### **2.3.1 ICAO**

A ICAO desenvolveu um conceito de operações (CONOPS) com o objetivo de descrever o ambiente operacional das aeronaves tripuladas e não tripuladas garantindo assim uma compreensão comum dos desafios e como o subconjunto que são pilotados remotamente podem ser acomodados e, finalmente, integrados no espaço aéreo para operações internacionais de voo por instrumentos (IFR). A ICAO e os Estados individuais podem priorizar e atender às necessidades associadas à introdução de *Remotely Piloted Aircraft (RPA)* no seu respetivo espaço aéreo. A ICAO usará este CONOPS para informar a Comissão de Navegação Aérea, Estados e grupos de especialistas da ICAO para definir o âmbito das emendas propostas às Normas e Recomendações práticas da ICAO (SARPs) e Procedimentos para Serviços de Navegação Aérea (PANS).

Para além do CONOPS, a ICAO publicou o “*UAS tool kit*” com o objetivo de fornecer recomendações aos estados-membros das melhores práticas na utilização de drones e recomenda pontos chave a ter em conta que podem estar incluídos na regulamentação a nível nacional.

### **2.3.2 EASA**

De modo a unir esforços para o estabelecimento de uma regulamentação para os UAV a nível europeu, a Comissão Europeia decidiu criar o grupo diretor europeu de RPAS (ERSG) um grupo de organizações e especialistas no campo dos UAV. Isto permitiu alcançar uma etapa crítica na integração de UAVs civis no sistema europeu da aviação com a publicação da Declaração de Riga em 2015 considerando que os drones deveriam ser tratados como um novo tipo de aeronave, neste caso, aeronave remotamente pilotada adotando regras proporcionais baseadas no risco de operação, priorizando a adoção de regulamentos para a categoria aberta, categoria específica e categoria certificada. Assim, a pedido da Comissão Europeia, dos estados-membros e de outras partes interessadas, a EASA introduziu uma estrutura regulamentar operacional, proporcional, baseada no risco e no desempenho de todas as aeronaves não tripuladas com a publicação do aviso prévio de proposta de alteração (A-NPA 2015-10) [7] em julho de 2015 e um Parecer

Técnico em dezembro de 2015, estabelecendo três categorias para a operação dos *Unmanned Aerial Systems* (UAS) (Categoria aberta, específica e certificada) com diferentes requisitos de segurança baseados no risco operacional. Portanto, este A-NPA reflete os princípios emanados na Declaração de Riga e ainda no conceito de operações publicados pela EASA.

A 4 de julho de 2018 o parlamento europeu adotou regras atualizadas em matéria da segurança da aviação civil incluindo um novo mandato para a EASA, que redefine as competências da Agência. O Regulamento (UE) 2018/1139 [8] habilita a Agência a propor à Comissão Europeia a perícia técnica para regular os drones de todas as dimensões, incluindo os pequenos, uma vez que até 2018 os drones com menos de 150kg eram regulados individualmente pelos estados-membros. Com isso, no verão de 2019 surge a publicação das primeiras regras comuns europeias relativamente aos drones com a publicação do regulamento 2019/947 [9] que entrou em vigor em 1 de janeiro de 2021 e que substituiu as disposições nacionais existentes na altura. Esta alteração regulamentar permite harmonizar o mercado europeu de drones para além de permitir os operadores de drones realizarem voos em solo europeu sem disputa de autorizações com as organizações nacionais. A estrutura regulamentar atual também facilita a aplicação de direitos de privacidade dos cidadãos e contribui para abordar questões de segurança e preocupações internacionais. Nesta estrutura regulamentar a abordagem é feita através do risco mantendo as três categorias de operação já enunciadas. Nesta nova estrutura, a autoridade europeia e a autoridade nacional partilham responsabilidades ao nível das autorizações de voo.

### **2.3.3 ANAC**

Cada estado-membro é responsável por designar uma ou mais autoridades competentes com a responsabilidade de empregar pessoal de modo a verificar que as operações de UAS realizadas em determinadas áreas são seguras. A autoridade competente em Portugal é a Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC) que no geral deve:

- Fazer cumprir o regulamento 2019/947;
- Fazer cumprir num formato digital único e comum informações sobre as zonas geográficas do UAS identificadas pelos estados-membros e estabelecidas no espaço aéreo nacional (2016/1093);
- Fornecer aos operadores de UAS informações e orientações que promovam a segurança de operações UAS.

A ANAC publicou o regulamento 2016/1093 relativamente às condições de operação aplicáveis à utilização do espaço aéreo pelos sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente que regula as condições aplicáveis à utilização do espaço aéreo independentemente da atividade que se pretende realizar ou da finalidade de utilização destas aeronaves [10] que se aplica:

- À operação de sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente, definindo as respetivas condições de operação e autorização quanto à sua utilização no espaço aéreo nacional;
- Aeromodelos e a aeronaves brinquedo.

E não se aplica a:

- Aeronaves e sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente que são consideradas aeronaves do estado;
- A operação de sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente em espaços fechados ou cobertos.

Este regulamento destaca a regra geral, que confere liberdade para efetuar voos diurnos, com linha de vista, até uma altura de 120m (400 pés), nos casos em que as aeronaves não se encontram a voar em áreas sujeitas a restrições ou na proximidade de infraestruturas aeroportuárias. Esta limitação justifica-se pelo facto de as aeronaves tripuladas voarem a uma altura mínima de 150m (500 pés) AGL<sub>5</sub> no espaço aéreo de Classe G, exceto nas manobras de aterragem e descolagem, ou quando especificamente autorizadas pela autoridade competente. Nesta classe não é necessária autorização do *Air Traffic Control* (ATC). É definido que neste caso cabe ao operador do UAS ceder passagem e, quando necessário, desviar-se de modo a evitar incidentes ou acidente. Em espaço aéreo controlado a regra é: “*See and Avoid*” (Ver e evitar).

O regulamento 2016/1093 emite no artigo n<sup>o</sup>4 as regras específicas de operação, aplicáveis a voos nas proximidades de infraestruturas aeroportuárias civis, a voos realizados por aeromodelos e aeronaves brinquedo e voos que carecem de autorização operacional por parte da ANAC [10] que emana as seguintes regras: Os voos de aeronaves pilotadas remotamente em áreas de jurisdição militar que, neste caso, inclui áreas restritas ou áreas temporariamente reservadas dependem da autorização da Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) e que as informações relativas às infraestruturas aeroportuárias e das áreas de jurisdição militar constam das publicações de informação aeronáutica nacionais, designadamente do IAIP Portugal e do Manual VFR.

#### **2.3.4 Decreto-lei n<sup>o</sup>58/2018**

O decreto-lei n<sup>o</sup>58/2018, com aplicação a partir de 23 de julho de 2018, institui a obrigatoriedade de registo dos operadores do UAS que tenham uma massa operacional superior a 250g ainda que de construção amadora ou que se destinem exclusivamente à realização de testes para efeitos de fabrico ou produção. Neste caso, os operadores de UAS respondem, independentemente de culpa, pelo ressarcimento dos danos causados a terceiros por esse sistema. O registo dos operadores de UAS é válido por cinco anos, podendo ser revalidado nos 90 dias anteriores ao fim deste período, através de indicação na plataforma eletrónica de que os dados inerentes ao registo se mantêm atuais e que as aeronaves utilizadas pelo operador continuam em condições de utilização, sob pena de caducidade. Para além do registo dos operadores, este decreto-lei refere a obrigatoriedade de contratualização de um seguro de responsabilidade civil para os UAS com uma massa superior a 900g [11].

Segundo este decreto, “As violações às disposições resultantes do Decreto-Lei n.º 58/2018, de 23 de Julho, podem implicar o pagamento de coimas de €2000 a €3500, no caso de pessoas singulares, e de €5000 a €7500, no caso de pessoas coletivas, para a prática de contraordenações muito graves; coimas de €1000 a € 2500, no caso de pessoas singulares, e de

€3000 a €5000, no caso de pessoas coletivas que pratiquem contraordenações graves; coima de €300 a €600, no caso de pessoas singulares, e de €800 a €1200, no caso de pessoas coletivas, que pratiquem contraordenação leve” [11].

## 2.4 Categorias das operações de UAS

Como já referido anteriormente, as operações dos UAS estendem-se a três categorias que podem ser explicadas com base na junção dos regulamentos 2019/947 e 2016/1093.

### 2.4.1 Categoria Aberta

A categoria aberta é a categoria referente às operações de menor risco, por este motivo a segurança será definida por um conjunto menor de regras, limites operacionais e requisitos de equipamentos pelo que não existe a necessidade de emissão de certificados ou requisição de licenças com base no regulamento 2019/947:

- O UAV deve pertencer a uma das três classes A1, A2 e A3;
- O UAV tem um MTOM inferior a 25kg;
- O piloto é responsável pela separação segura de quaisquer outros utilizadores do espaço aéreo dando cedência de passagem a quaisquer outros utilizadores do espaço aéreo;
- O piloto deve possuir uma idade superior a 16 anos;
- Só são permitidos voos de UAVs sob a linha de vista direta do piloto;
- Durante o voo, o UAV deve ser mantido a uma altura igual ou inferior a 120 m da superfície terrestre; só pode circular a uma altura superior no caso de se deparar com obstáculos existentes no espaço aéreo;
- O piloto deve assegurar que o UAV não opere sobre multidões, neste caso, sobre um conjunto de 12 pessoas.



Figura 7 - Modelo semântico da operação de aeronaves não tripuladas segundo as regras gerais da categoria aberta e atendendo às atuais zonas proibidas e de restrição operacional de aeroportos internacionais e heliportos de emergência médica. [12]

Os UAVs na categoria aberta possuem permissão para realizar voos diurnos, não necessitando de uma autorização da ANAC. Para além disso, os operadores devem cumprir com as condições

operacionais pilotando sobre espaço aéreo não controlado ao invés do espaço aéreo controlado ou até uma altura máxima definida na Figura 7 segundo as áreas 1, 2 e 3 [12], bem como os operadores não podem operar dentro de zonas em que esteja em curso uma operação de salvamento/socorro. Estas condições estão definidas no regulamento 2016/1093 no artigo nº11. Neste regulamento as áreas definidas como áreas proibidas são voos acima das alturas mencionadas nas áreas de proteção operacional dos aeroportos de Lisboa, Porto, Faro, Madeira, Porto Santo, Ponta Delgada, Santa Maria, Horta e Flores ou do aeródromo de Cascais.

Para a operação na categoria aberta existe a necessidade de definir a classe de operação do UAS, que compreende as subcategorias A1, A2 e A3.

Antes da definição das subcategorias é importante definir as cinco classes dos UAS através da Tabela 1.

*Tabela 1 - Subcategorias UAV*

Classe	MTOM (kg)	Altura Máxima (m)	Dimensão máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Ruído Máximo (DBA)	e-ID	Geoawareness	Luzes	NºSérie
<b>C0</b>	0,25	120	-	19	-	N	N	N	N
<b>C1</b>	0,9	120	-	19	60	S	S	S	S
<b>C2</b>	4	120	-	-	60	S	S	S	S
<b>C3</b>	25	120	3	-	-	S	S	S	S
<b>C4</b>	25	-	-	-	-	-	-	-	N

A subcategoria A1 compreende as operações com UAS de classe C0 e C1 consideradas aeronaves de lazer. A subcategoria A2 compreende as operações de UAS marcados em conformidade com a classe C2 que segundo indicações da ANAC são operações de lazer mas que também podem ser utilizados por operadores comerciais; neste caso o piloto remoto deve obter um certificado de competência de piloto remoto A2 através da participação de formação, realização de exame presencial e obtenção de uma certificação subcategoria A2. A subcategoria aberta A3 é adequada para aeronaves com MTOM inferior a 25kg (classe C3 e C4). O operador de drones apenas pode operar se tiver a razoável certeza que nenhuma pessoa não envolvida estará em risco dentro do alcance da aeronave não tripulada na totalidade do voo. Além disso, deve operar a mais de 150m de locais residenciais, comerciais, industriais ou de recreio (por exemplo parques urbanos ou zonas de lazer) e para além disso os operadores remotos necessitam de obter um certificado de conclusão de exame à distância A1/A3.

### **2.4.2 Categoria Específica**

Quando um dos requisitos acima não é cumprido, a operação enquadra-se numa categoria 'específica' que é uma categoria de operação de UAS que, considerando os riscos envolvidos, requer uma autorização da autoridade competente antes que a operação ocorra, levando em consideração as medidas de mitigação identificadas numa avaliação de risco operacional, excetuando os casos onde uma declaração do operador é suficiente ou então o operador possui um certificado de UAS (LUC) com os privilégios apropriados.

As situações que carecem de uma autorização por parte da ANAC são:

- Realização de voos para além da linha de vista, ou seja, BVLOS;
- A realização de voos noturnos;
- Voos com uma altura superior a 120m acima da superfície com exceção numa zona de tráfego de aeródromo (ATZ) em que, após permissão do serviço de informação de voo do respetivo aeródromo podem voar até à altura correspondente ao limite máximo vertical da respetiva ATZ;
- Voo num local onde exista uma alta concentração de pessoas, neste caso, acima de um grupo de 12 elementos;
- O UAV possuir uma massa máxima operacional superior a 25kg;
- O UAV possuir uma envergadura superior a 3m;
- Um voo acima das alturas mencionadas nas áreas de proteção operacional dos aeroportos de Lisboa, Porto, Faro, Madeira, Porto Santo, Ponta Delgada, Santa Maria, Horta e Flores ou do aeródromo de Cascais.

O processo para obter uma autorização operacional requer a necessidade de o operador enviar um requerimento expresso à ANAC bem como uma análise de riscos operacional segundo a metodologia *Specific Operations Risk Assessment* (SORA). O operador deve apresentar as medidas de mitigação que resultam da referida análise de risco, e verte-las nomeadamente em um manual de operação, o operador remoto deverá demonstrar a integridade da sua operação e dar garantias da mesma, através da apresentação de documentos nomeadamente os manuais de operação, as características técnicas da aeronave não tripulada e da sua respetiva consola remota, a declaração de proteção de dados pessoais e assegurar os demais requisitos relacionados com os riscos de privacidade. Os operadores de aeronaves não tripuladas na categoria específica são responsáveis por assegurar que os seus pilotos remotos adquirem a competência teórico-prática a fim de assegurar que estes têm o nível exigido.

A autoridade competente (ANAC) deve então avaliar a análise de riscos realizada bem como as medidas implementadas de modo a atenuar os riscos inerentes da missão de modo a obter uma operação do UAS segura em todas as fases do voo. Segundo o artigo nº12 do regulamento 2019/947 após a avaliação da análise de riscos a ANAC emite uma licença de exploração se a avaliação concluir que:

- Os objetivos de segurança operacional têm em conta os riscos da operação;
- A combinação de medidas de atenuação relativas às condições operacionais para a execução das operações, a competência do pessoal envolvido e as características técnicas das aeronaves não tripuladas são adequadas e suficientemente robustas para manter a operação em segurança tendo em conta os riscos no solo e no ar identificado;
- O operador do UAS providenciou uma declaração onde confirma que a operação pretendida cumpre todas as regras nacionais e da União que lhe são aplicáveis, em especial em matéria de privacidade, proteção de dados, responsabilidade civil, seguros, segurança contra atos ilícitos e proteção do ambiente.

Apesar do regulamento europeu e o regulamento da ANAC serem bastante abrangentes, existem outros quadros legais que têm envolvimento na obtenção da autorização operacional e por isso acabam por ser exigidos. Por exemplo, ao pretendermos utilizar uma aeronave remotamente pilotada com o objetivo de recolha e divulgação de imagens e fotografias aéreas é necessária uma autorização prévia da Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN), sem esquecer também a necessidade de respeitar a lei de proteção de dados pessoais e de respeitar a privacidade e a vida privada dos cidadãos. Estas autorizações também se aplicam em situações em que exista a necessidade de sobrevoar alguma reserva ou parque natural, que neste caso a entidade responsável pelos tais parques deve ser previamente contactada até porque pode ocorrer o caso destes parques terem legislação própria.

### **2.4.3 Categoria Certificada**

A categoria certificada é aplicável em duas condições: por via das características da aeronave não tripulada e por via da operação das aeronaves não tripuladas.

Por via das características da aeronave não tripulada ocorre a necessidade de certificação se:

- Possuir uma dimensão característica igual ou superior a 3m e seja concebido para sobrevoar ajuntamentos de pessoas;
- For concebido para o transporte de pessoas;
- For concebido para o transporte de mercadorias perigosas e requeira um elevado nível de robustez;
- Pretenda ser utilizado na categoria específica de operações e a autorização da ANAC, na sequência da avaliação de risco do operador, considere que o risco de operação pode ser adequadamente atenuado sem certificação do UAS.

Por via da operação da aeronave não tripulada ocorre se a operação apresentar as seguintes condições:

- Sobre ajuntamentos de pessoas (tendo em conta a dimensão característica de 3m);
- Envolvendo o transporte de pessoas;
- Envolvendo o transporte de mercadorias perigosas;
- Sempre que a ANAC, com base na avaliação do risco (metodologia SORA), considere que o risco da operação não pode ser adequadamente mitigado sem a certificação do UAS e do respetivo operador.



# Capítulo 3

## Descrição da Aeronave e sistemas

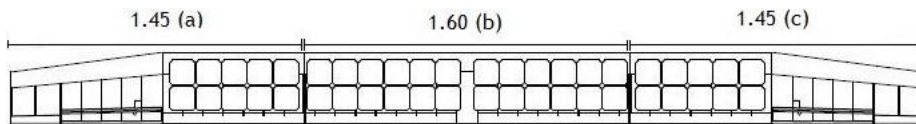
Neste capítulo será feita uma apresentação do Long Endurance Electric Unmanned Aerial Vehicle (LEEUAV) incluindo as características principais e explicação do funcionamento de todos os sistemas presentes na aeronave, o local de instalação desses sistemas e o modo de integração desses sistemas no LEEUAV. O LEEUAV é uma aeronave que foi inicialmente desenvolvida em 2014 segundo o tema da dissertação de mestrado de Luís Cândido [13] com o objetivo de projetar um UAV solar com grande autonomia. O LEEUAV foi aperfeiçoado em 2015 na dissertação de mestrado de Joana Sousa [14] com o desenvolvimento e posicionamento correto do sistema de propulsão solar bem como montagem e dimensionamento do circuito elétrico. Em 2016 foi desenvolvida uma estrutura em compósito suficientemente leve que permite o LEEUAV realizar missões com 1 kg de carga útil [15].

### 3.1 Descrição do LEEUAV

O LEEUAV apresenta uma configuração monoplano com uma configuração de asa alta sem suportes de asa. A asa apresenta um perfil alar desenhado por Pedro Gamboa, tem uma configuração composta constituída por três secções que podem ser desmontadas de forma a facilitar o transporte, apresenta uma razão de aspeto elevada sem ângulos de diedro e flecha, possui dois pontos de conexão com a fuselagem (uma conexão possui dois pinos feitos em fibra de carbono e o outro são dois parafusos), na figura 10 é representado o tubo de ligação com a fuselagem. A asa é constituída essencialmente por um painel solar dividido em quatro secções, duas delas encontra-se localizadas no centro da asa e ainda uma secção para cada ponta externa da asa cobrindo uma área total de  $0.72m^2$ . O painel solar é constituído por 44 células solares SunPower C60, cada secção central possui 10 células e cada secção externa possui 12 células. Na Tabela 2 temos a representação das dimensões da asa e na Figura 8 verificamos a distribuição do painel solar e as respetivas células solares.

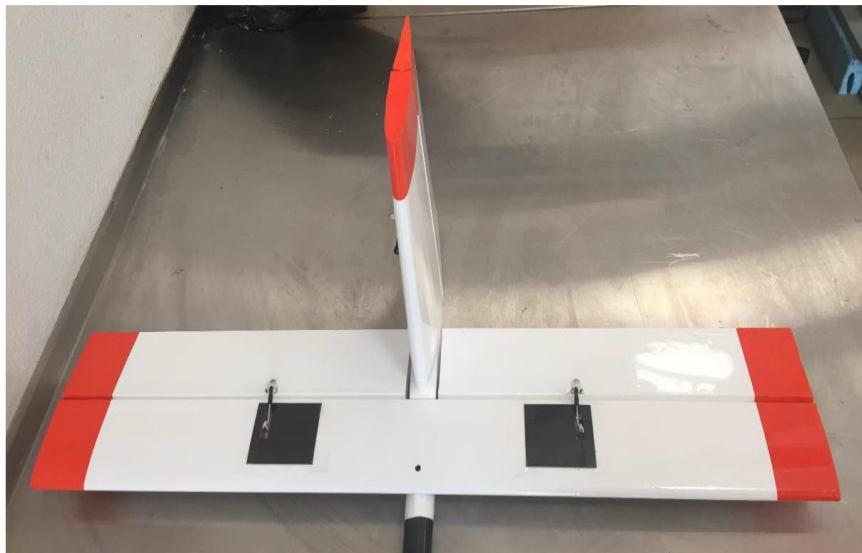
Tabela 2 - Dimensões da asa

Dimensões das asas	
Envergadura (m)	4,5
Corda média (m)	0.33
Corda da raiz (m)	0.35
Corda da ponta (m)	0.25
Área ( $m^2$ )	1.518
Razão de aspeto (AR)	13.5



*Figura 8 – Distribuição painel solar Asa [14]*

A cauda do LEEUAV tem uma configuração convencional em T invertido representado na Figura 9 que fornece a estabilidade, equilíbrio e controlo necessário ao LEEUAV. A cauda apresenta um estabilizador horizontal que contém o leme de profundidade e ainda um estabilizador vertical que contém o leme de direção. A cauda é ligada à fuselagem através do tubo de cauda como mostra a Figura 10 desenvolvido essencialmente em fibra de carbono que apresenta uma estrutura de ligação rígida em forma de cruz e que suporta a torção e impede o movimento do tubo de cauda. Ambos os estabilizadores utilizam o perfil alar simétrico NACA 0010 [15].



*Figura 9 - Cauda LEEUAV [15]*



*Figura 10 - Fuselagem e tubo de ligação [15]*

O estabilizador horizontal é uma estrutura fixa constituída por bordo de ataque, nervuras, longarina e uma casca de balsa que é desmontável do suporte da empenagem. Para facilitar os requisitos da missão é utilizado duas hastes em fibra de carbono ligadas à longarina principal para evitar o rolamento do estabilizador horizontal e ainda utiliza um parafuso junto ao bordo

de ataque para permitir posicionar corretamente. O leme de profundidade é uma estrutura móvel e leve que é conectada ao estabilizador através de 3 dobradiças, constituído por bordo de ataque, bordo de fuga e nervuras. Ambas as estruturas são feitas em madeira de balsa.

O estabilizador vertical não tem necessidade de ser desmontável.

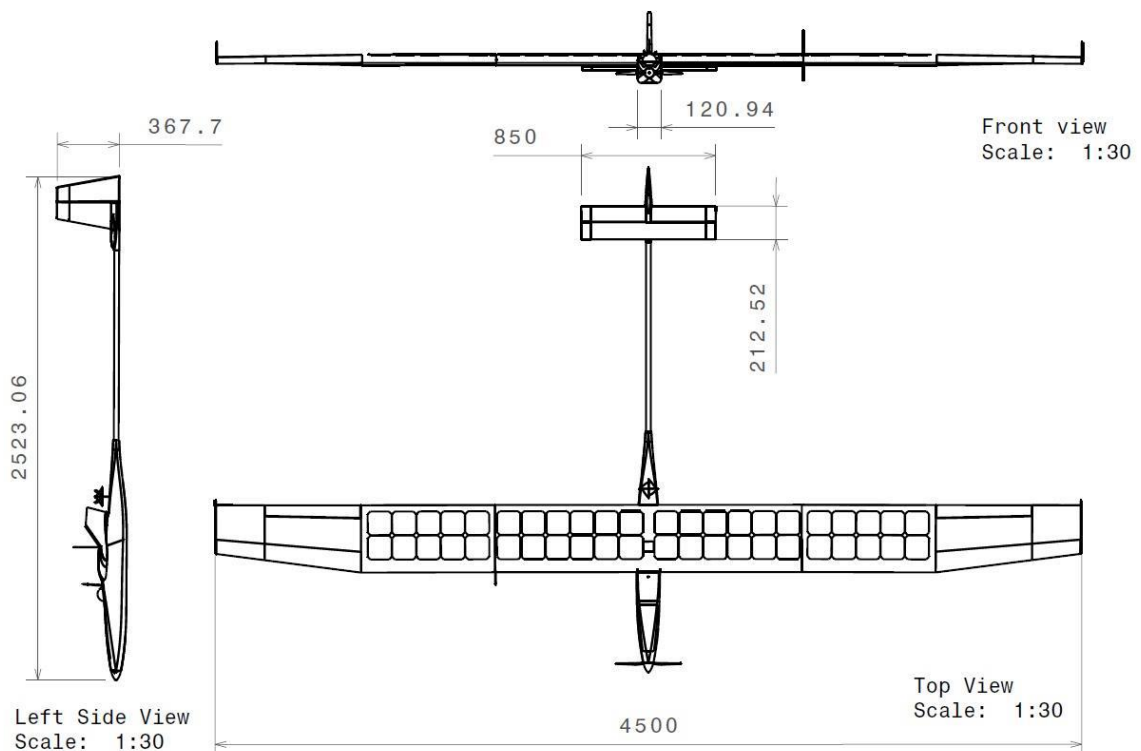
A fuselagem é a estrutura principal do LEEUAV, é construída essencialmente à base de fibra de carbono que agrega todos os componentes necessários para a missão que acabam por ser ligados à fuselagem, como a asa e o tubo da cauda.

Em seguida apresentam-se as características de projeto e especificações principais do LEEUAV na Tabela 3.

*Tabela 3 – Características LEEUAV*

Weights		Performance	
Empty Mass [kg]	3.89	Take-off Distance [m]	8.1
MTOM [kg]	4.9	Endurance [h]	8
Payload [kg]	1	Maximum Speed [m/s]	21.1
Structure Mass [kg]	1.59	Stall speed [m/s]	6.1

Apresenta-se também as três vistas da aeronave na Figura 11.



*Figura 11 – Vistas LEEUAV [16]*

## 3.2 Sistemas

Nesta parte será explicado os sistemas necessários para o correto funcionamento e que permitem realizar a missão com sucesso. Os sistemas constituintes desta missão podem ser divididos em duas partes: Sistemas *Ground Control Station* e Sistemas LEEUAV.

### Sistemas *Ground Control Station*

- Sistema de controlo de Voo
- Sistema de comunicação Terra-Ar
- Sistema elétrico
- Sistema de Gravação

### Sistemas LEEUAV

- Sistema de controlo de voo
- Sistema de comunicação Terra-Ar
- Sistema elétrico
- Sistema de navegação
- Sistema de propulsão
- Sistema Solar

### 3.2.1 Sistemas *Ground Control Station*

O *Ground Control Station (GCS)* é o centro de controlo terrestre que desempenha um papel importante ao nível do planeamento, controlo e monitorização da missão. Possui um sistema de controlo de voo que utiliza uma aplicação de *software* num computador terrestre que comunica com o LEEUAV através de telemetria [17]. É constituído por duas estações de controlo integradas, uma que se dedica unicamente ao voo e controlo do LEEUAV e outra que mostra em tempo real as informações relativamente ao desempenho e direção do LEEUAV.

#### 3.2.1.1 Sistema de controlo de voo

O sistema de controlo de voo segundo a Figura 12 é constituído por um computador portátil, por um controlador de rádio, uma tela LCD e ainda um gravador de vídeo digital.

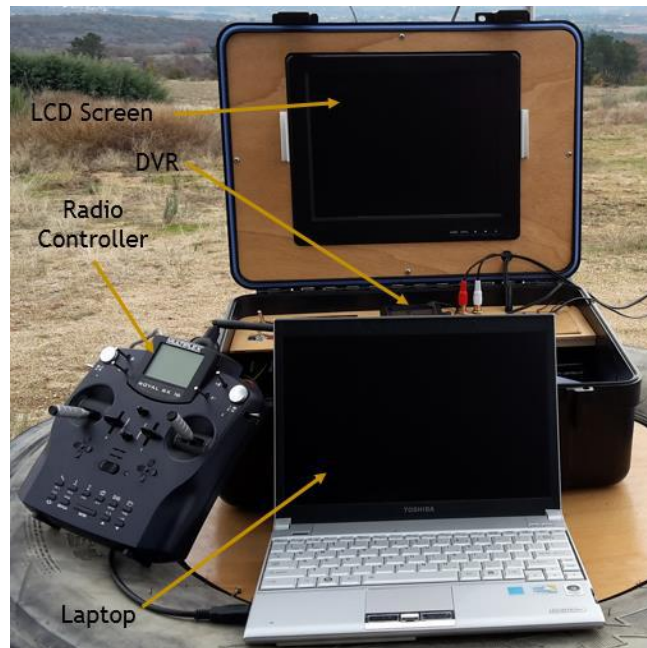


Figura 12 - Sistema controlo de voo [16]

A caixa de controlo está totalmente contida num *Pelicase* que inclui um ecrã LCD de 12 polegadas que projeta o vídeo capturado pela câmara a bordo do LEEUAV que permite visualizar com boas qualidades mesmo quando a luz solar incida sobre o LEEUAV, possui um *datalink* para transmissão de dados para o *laptop*, um gravador de vídeo, um recetor de Internet e um cabo de alimentação.

### Controlador de rádio

O controlador de rádio adquirido foi o 16Ch *rádio controller Royal SX* que possui dois *joysticks* no seu painel e o sinal analógico recebido é convertido em sinal digital que apresenta uma elevada tecnologia de transmissão de 2,4GHz que remove as interrupções e distorções do sinal durante o voo [18]. O controlador de rádio possui 16 canais totalmente proporcionais que supera os requisitos necessários uma vez que bastava um controlador de rádio com apenas 8 canais. Cada canal é responsável por uma função individual do LEEUAV como por exemplo, ir para a esquerda ou direita, acelerar e até inclinar. Graças a uma interface digital para o módulo de frequência rádio (RF), é possível uma transmissão muito rápida, de alta resolução e precisa dos sinais de controlo. De destacar que caso exista uma falha no sistema de piloto automático é possível intervir e retomar o controlo do sistema.

### Laptop e Software Mission Planner

O *laptop* Toshiba Portege model R600 GCS é um portátil pequeno, leve e com uma bateria de duração elevada que se apresenta como o meio essencial de monitorização e controlo dos sistemas de voo uma vez que contém o *software* Mission Planner.

O Mission Planner é um *software* de código aberto desenvolvido por Michael Osborne para o projeto de piloto automático em código aberto que pode ser otimizado para os requisitos do

sistema. É um *software* apenas compatível com o Windows que permite exibir as imagens de vídeo do LEEUAV, desenhar o mapa de voo no sistema de controlo através de *waypoints* gerar por cliques no mapa ou programação do piloto automático de modo a realizar o voo, monitorizar e analisar os dados do veículo através de telemetria onde por exemplo apresenta a posição do LEEUAV no sistema de eixos retangulares e a sua trajetória em coordenadas geográficas [19]. Podemos observar na Figura 13 o ecrã de monitorização do Mission Planner, no plano superior esquerdo podemos ver a atitude do LEEUAV e no plano central do lado direito podemos ver o mapa e localização do LEEUAV.



Figura 13 - Ecrã monitorização Mission Planner [19]

### 3.2.1.2 Sistema de gravação

Relativamente ao sistema de gravação, este utiliza um gravador digital de vídeo que é utilizado para gravar os vídeos dos voos efetuados para que posteriormente sejam analisados no computador e ainda possui uma pequena tela LCD de modo a efetuar a sua gravação e reproduzir ou ver em tempo real os vídeos que se encontram a ser gravados.

### 3.2.1.3 Sistema elétrico

O sistema elétrico é composto por uma unidade de distribuição de energia, um controlador de diversidade de vídeo e ainda baterias e conjunto de fios. A unidade de distribuição de energia é responsável por distribuir a energia na estação de controlo terrestre. Atualmente, a unidade utilizada é o RC EzPowerBox com a vantagem de reduzir o número de cabos fornecendo uma energia limpa, redundante e distribuída [20] para além de ter a capacidade de deteção de bateria fraca, de fornecer energia ao ecrã da estação de controlo terrestre e ainda fornecer energia aos dois recetores de vídeo, tanto o recetor de 4 canais como o recetor de vídeo de longo alcance.

O controlador de diversidade de vídeo (Oracle) é um comutador de vídeo inteligente com duas entradas áudio e vídeo mescladas numa única saída. Este dispositivo monitoriza os sinais de entrada de dois recetores de vídeo e compara-os de modo a decidir qual deles é o melhor permitindo criar um sistema de diversidade de antena parcial, portanto, colocar duas antenas correspondentes aos dois recetores de vídeo em diferentes localizações. O método de colocação das antenas depende do ambiente operacional e dos requisitos operacionais sendo que o controlador de diversidade de vídeo não elimina todos os problemas de vídeo.

A estação de controlo terrestre recebe energia através de duas baterias LiPo com 8000mAh que ficam acomodadas dentro da caixa de controlo devido ao reduzido tamanho de 158x47x34mm [16]o que permite transportar a estação de controlo terrestre com facilidade. As baterias apresentam uma rápida capacidade de carregamento com uma voltagem de 11,1V e uma massa de 507g cada.

### **3.2.2 Sistemas LEEUAV**

O LEEUAV apresenta um conjunto de sistemas integrados que se relaciona com os vários elementos presentes na estação de controlo terrestre. Possui todos os elementos necessários para a realização da missão equipado como um controlador de voo a bordo do LEEUAV, sensores e antenas que estabelecem ligações com os sistemas de rádio e de vídeo da estação de controlo terrestre e ainda um sistema de FPV de modo a podermos controlar o LEEUAV através do ecrã da estação de controlo.

#### **3.2.2.1 Sistema de controlo de voo**

O controlador do LEEUAV é o principal componente de controlo de voo, um controlador de voo é um dispositivo de circuito com chips eletrónicos e *softwares* inteligentes que monitoriza e controla tudo aquilo que o LEEUAV faz, atua como o cérebro do LEEUAV composto por processadores, sensores e módulos. O controlador de voo escolhido e mais utilizado é o Pixhawk *Open Source* (permite que sejam realizadas modificações de acordo com a sua licença) com capacidade de voo autónomo de alta performance que proporciona uma grande capacidade de processamento e conexões estáveis com outros dispositivos quando comparado com outros controladores de voo, o controlador original Pixhawk utiliza o *firmware* PX4 *Autopilot* que corresponde ao *software* do Pixhawk que contém os processos lógicos necessários para controlar o LEEUAV. No controlador de voo corre o processador STM32F427 com um co-processador STM32F103 de 32bit para proteção de falhas [21]. Possui 7 sensores como acelerómetro, giroscópio, barómetro, magnetómetro, *Compass*, GPS e sensor de velocidade do ar todos eles funcionam em sensoriamento de acordo com os três eixos cartesianos. Apresenta uma potência de 162MHz, 256kB de memória RAM, 2MB de memória flash. Todas as saídas periféricas são protegidas contra a sobre corrente e as entradas protegidas contra ESD, possui um controlador de diodo ideal com failover automático e um servo rail de alta potencia.

Na Figura 14 podemos ver o dispositivo Pixhawk e ainda todas interfaces do piloto automático e na Tabela 4 as dimensões do controlador Pixhawk.

Tabela 4 - Dimensões Pixhawk

Dimensões	
Massa (g)	38
Largura (mm)	50
Altura (mm)	15.5
Comprimento (mm)	81.5

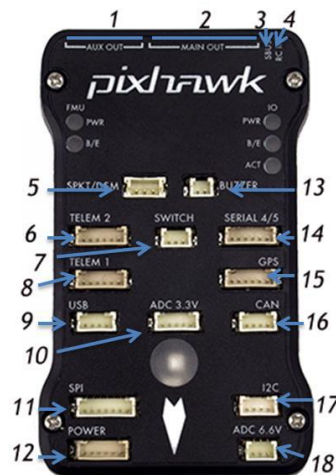


Figura 14 – Pixhawk [21]

O controlador de voo Pixhawk faz a ligação com os servomotores que são dispositivos de grande importância para o controlo do LEEUAV uma vez que eles são responsáveis pela deflexão das superfícies de controlo primárias do LEEUAV e controlo da atitude. Os servomotores escolhidos são o Corona DS-939 MG. Atualmente existem cinco servos no LEEUAV, dois para os ailerons, dois para os lemes de profundidade e um para o leme de direção. De forma a atuar os servos nos ângulos corretos existem duas opções que podem ser selecionadas pelo piloto no solo: fazer o controlo pelo controlador de rádio ou então automaticamente pelo piloto automático Pixhawk.

### 3.2.2.2 Integração dos sistemas LEEUAV

Antes de apresentar os restantes sistemas é importante fazer a integração de todos eles a bordo do LEEUAV que inclui o controlador de voo, 5 servomotores, todas as conexões e fios bem como todos os mecanismos das superfícies de controlo. Começando pelo controlador de voo Pixhawk, é definida inicialmente a orientação do mesmo no LEEUAV. O controlador apresenta uma seta de marcação de direção como se verifica na Figura 15, o controlador deve ser colocado na fuselagem voltado para cima com a seta a apontar para a frente do veículo segundo a Figura 16 [22]. Na Figura 17 são apresentadas todas as ligações nos devidos lugares no Pixhawk. Na integração dos sistemas devem ser bem colocados os 5 servomotores, os vários cabos que conectam os diferentes dispositivos e ainda as conexões e mecanismos das superfícies de controlo. Os servomotores são colocados nas suas respetivas estruturas de suporte pré-definidas para a asa, estabilizador horizontal e estabilizador vertical. Depois são fixados com parafusos e

cola epóxi. Relativamente aos cabos, eles são colocados e puxados para o interior da cauda para os servos da cauda e colocados no interior da asa para os servos dos ailerons. Dentro da fuselagem foi criada uma fina plataforma de contraplacado próxima ao CG do LEEUAV de forma a fixar o controlador de voo Pixhawk, o recetor de rádio e o transmissor de vídeo.



Figura 15 - Seta de direção [22]

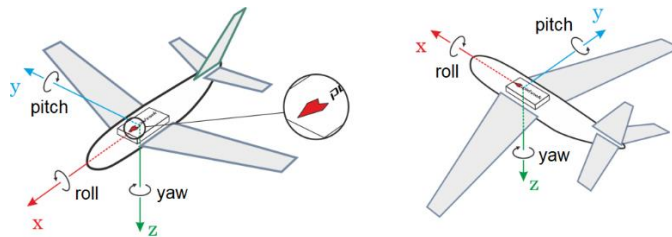


Figura 16 - Orientação fuselagem [22]

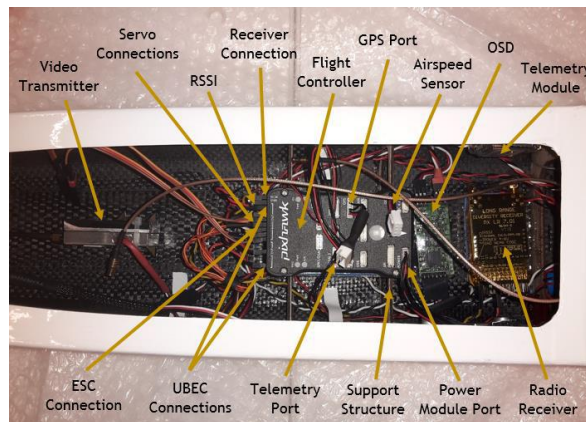


Figura 17 - Ligações Pixhawk [16]

O controlador de voo é alimentado pela sua porta “POWER”, através de um módulo de alimentação constituído por 6 fios que alimenta simultaneamente o controlador de voo Pixhawk com energia da bateria e ainda lê as medições de corrente e tensão analógicas produzidas por um módulo de alimentação constituído por 6 fios. Para o LEEUAV o servo rail tem de ser alimentado separadamente com uma tensão elétrica de 5V utilizando os dois cabos de saída JR da UBEC que se conectam ao rail do Pixhawk para acionar as superfícies de controlo. O controlador é ainda constituído por um *buzzer* (ou tom de alarme) e um *safety switch* apresentados na Figura 18; o *buzzer* emite um sinal sonoro com o objetivo de indicar variações que ocorrem no veículo como por exemplo, indicar que o nível da bateria se encontra baixo. O

*safety switch* é um botão utilizado para ativar ou desativar as saídas para os motores e servomotores e que pode ser configurado no Mission Planner [22].



Figura 18 - Buzzer e safety switch [22]

### 3.2.2.3 Sistema elétrico

O sistema elétrico é responsável por emitir as fontes de energia necessárias para o voo do LEEUAV, para além disso apresenta vantagens devido a ser bastante fiável sem a emissão de poluentes, apresentando uma elevada eficiência e um baixo ruído. O sistema elétrico irá fornecer energia a todos os componentes eletrónicos consumíveis a bordo do LEEUAV através de um conjunto de conexões feitas por cabos. O componente principal do sistema elétrico é a bateria 3S LiPo de 10000mah que apresenta uma massa reduzida que é um fator bastante importante uma vez que massas superiores causam uma maior sustentação no LEEUAV o que provocaria um consumo de energia superior da bateria, este é o principal motivo para não se utilizar uma bateria com maior capacidade de energia uma vez que no laboratório de Vibrações e Estruturas há a possibilidade de escolha de uma bateria com 18300mah, no entanto ainda assim, foi possível conciliar este fator e apresentar uma elevada capacidade de energia. A bateria é constituída por três células conectadas em série em que cada célula apresenta um valor de voltagem nominal de 11.1V apresentando uma taxa de descarga de 36A, esta taxa de descarga é responsável por medir quão rápido a bateria pode produzir energia. Através da Figura 19 verifica-se que a bateria LiPo conecta-se através de dois conectores JST ao UBEC e ao *Step-Up/Down converter* que são soldados no *Power Module*.

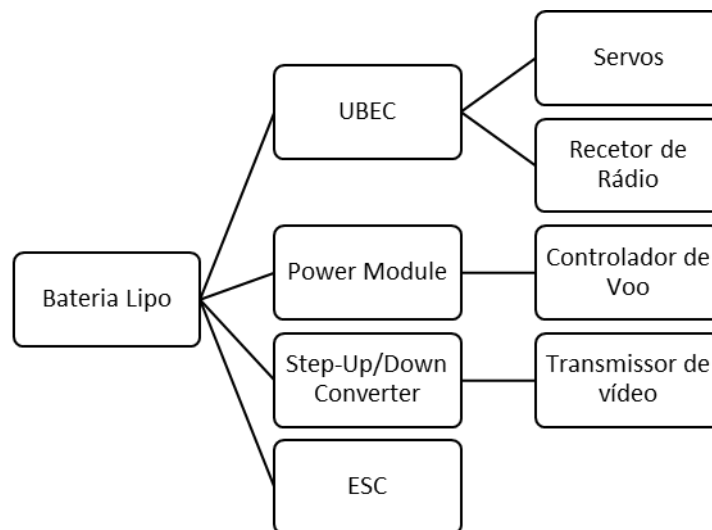


Figura 19 - Distribuição dos componentes elétricos

### UBEC

O *Universal Battery Eliminator Circuit* (UBEC) é um sistema que converte a alta voltagem da bateria para os 5 servos e para o recetor de rádio, de modo a receberem uma voltagem inferior [23]. O dispositivo escolhido foi o Turnigy 15A UBEC que para o nosso sistema converte os 12V da bateria em 5V para os componentes correspondentes.

### Power Module

O *Power Module* é responsável por transmitir a potência necessária ao controlador de voo Pixhawk apresentando três funções principais segundo referido por [16]: Fornecer uma fonte estável de alimentação de 5.37V e 2.25A para a operação do Pixhawk, evitar a possibilidade de burn-out, monitorizar a voltagem e a corrente da bateria LiPo.

### Step Up/Down Converter

O *step Up/Down converter* é um dispositivo que converte a energia DC-DC que aumenta ou diminui a tensão do dispositivo de entrada (neste caso a bateria) para os dispositivos de saída que neste caso é o transmissor de vídeo [24].

## **3.2.2.4 Sistema de navegação**

### Sensor GPS

O sistema de navegação é o sistema que auxilia o LEEUAV a coletar os dados automáticos da posição, altitude e velocidade. O sistema de navegação pode ser caracterizado em dois tipos: Pode ser dependente de uma estrutura externa ou componente extra para determinar a posição e velocidade (GPS, GLONASS, ...) ou então pode ser independente de qualquer estrutura e contar apenas com a sua construção externa, o que neste caso, se refere ao sistema de navegação inercial. O sistema de navegação inercial (INSS) é um sistema que mede o movimento linear e/ou angular pelo processamento das grandezas de um ou mais sensores inerciais [25]. No caso do LEEUAV o controlador de rádio coleta os dados dos sensores internos que emitem comandos ao controlador de voo para as ações necessárias. Como já referido o controlador de voo Pixhawk é constituído por sete sensores tais como: acelerómetro, giroscópio, barómetro, magnetómetro, *Compass*, GPS e sensor de velocidade do ar que coletam as informações sobre as diferentes coordenadas espaciais.

De forma a realizar as tarefas pretendidas, como missões guiadas por *waypoints* ou então saber a localização do ponto de partida, é necessária a utilização de um sensor de GPS que permite saber a posição atual do LEEUAV no espaço 3D. O sistema de posicionamento global mais conhecido como GPS é um sistema projetado para conhecer a sua posição na terra e assim poder auxiliar na navegação em espaço aéreo. Existem atualmente dois sistemas de GPS em operação, o GPS americano e o GLONASS o sistema russo. Existem também dois sistemas a serem implementados que são o Galileo da união europeia e o *Compass* chinês. Um recetor de GPS

instalado no equipamento faz a comunicação com vários satélites que permite mostrar a sua posição na terra.

Este GPS possui um módulo digital integrado de *compass* “HMC5983 Magnetometer”, que fornece informações de direção por meio de uma interface digital. Quanto ao posicionamento do módulo GPS, este aparelho foi posicionado em seu próprio compensado como representa a Figura 20, plataforma na superfície superior da asa, longe da fibra de carbono para evitar interferências e perdas de sinal. Os cabos do GPS e do *compass* foram passados pela asa, subindo à posição Pixhawk da fuselagem e conectado à porta GPS Pixhawk.

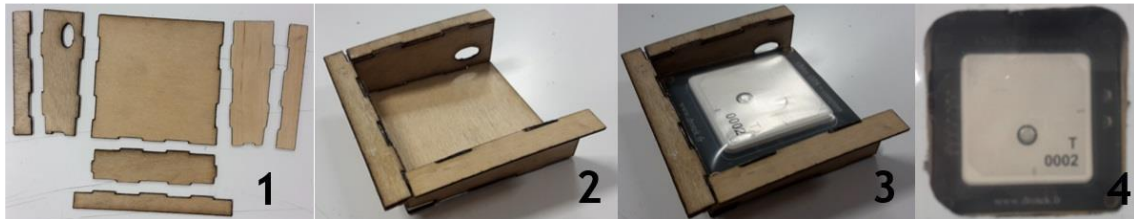


Figura 20 - Estrutura GPS [16]

### Sensor de velocidade do ar

Um elemento imprescindível é um sensor digital de velocidade. O sensor de velocidade escolhido (da 3DR) é constituído por um tubo de pitot de 100mm conectado a uma pequena placa de circuito do sensor através de dois tubos de silicone para leituras de pressão estática e total. Este sensor de velocidade tem uma resolução de 0,84Pa e é capaz de ler velocidades de até 100m/s, outra característica interessante é seu sensor de temperatura interna que permite o cálculo da velocidade real do ar (TAS) a partir da velocidade indicada (IAS) utilizando um sensor de pressão estática da Pixhawk. O sensor de velocidade calcula o IAS através da diferença entre a pressão estática e o total adquirido pelo tubo de pitot e posteriormente calcula a densidade do ar com base em suas leituras de temperatura interna e leituras de pressão estática do Pixhawk. Usando a velocidade indicada e a densidade do ar local, ele calcula o TAS. A instalação deste sensor requer uma atenção cuidadosa, pois os tubos de silício e o tubo de pitot não podem ser obstruídos ou perfurados, caso contrário, o sensor fornecerá leituras erradas de velocidade.

Para evitar a influência do fluxo da hélice nas leituras do sensor de velocidade foi decidido colocar o tubo de pitot no bordo de ataque da asa onde o fluxo de ar é quase limpo, sem perturbações. Tendo em conta a importância e fiabilidade dos dados de voo recolhidos por este sensor e de forma a encaixar o tubo de pitot e respetivos tubos de silicone, foi criado um espaço feito em contraplacado de 4mm entre o painel central da asa e o painel exterior direito que se verifica na Figura 21. Os cabos dos sensores digitais de velocidade foram colocados dentro da estrutura da asa até a fuselagem.

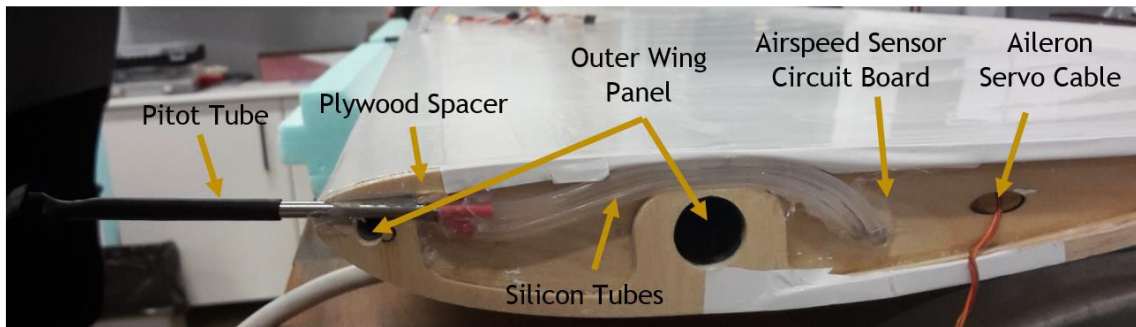


Figura 21 - Sensor de velocidade do ar e estrutura de suporte [16]

### 3.2.2.5 Sistema de propulsão

O sistema propulsivo é a parte central do LEEUAV que gera a tração para o controlo e equilíbrio do LEEUAV no ar, este sistema propulsivo é elétrico que segundo a Figura 22 inclui um motor elétrico, uma hélice, um *Electronic Speed Controller* (ESC) e ainda um sistema de gestão de energia para uma operação eficiente. O sistema motor-hélice é implementado no sistema de propulsão elétrica de modo a gerar força de sustentação convertendo a energia elétrica em energia mecânica. Como o fator mais importante a ter em conta é o consumo de energia é importante termos a garantia do cumprimento do voo sabendo que a fase de cruzeiro é a fase mais significativa e que na descolagem é necessária máxima tração para rapidamente acelerar o LEEUAV até á velocidade de voo, portanto, é fundamental ter uma boa combinação motor-hélice que permita uma operação eficiente.

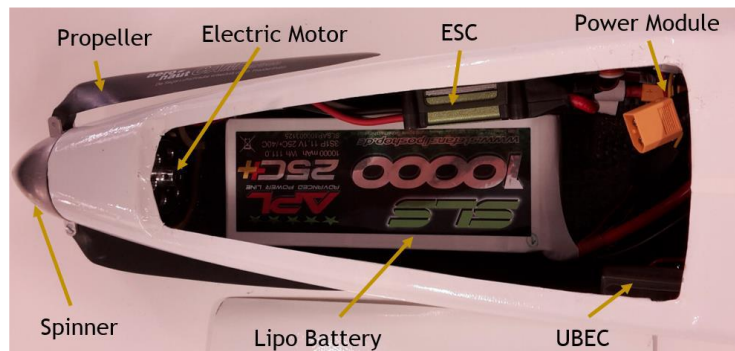


Figura 22 - Representação sistema propulsivo [16]

A função principal do motor é levantar a estrutura do chão e pairar, o motor escolhido no trabalho desenvolvido por Luís Cândido [13] pertencente á serie Hyperion Z30 é um motor BLDC Hyperion ZS 3025-10 que recebe energia através de corrente continua que permite o seu movimento, apresenta uma potencia máxima de saída de 1150W controlado por um Phoenix Edge ESC com 75A de corrente continua, foi feita uma comparação entre os motores pertencentes a esta família uma vez que são considerados os motores de acionamento direto mais confiáveis e poderosos no mercado, o arranjo entre os 12 polos do estator e os 14 polos magnéticos são os principais responsáveis pelo alto torque gerado no acionamento direto, o motor apresenta uma eficiência de aproximadamente 85% com uma massa de 186g apresentando um consumo de 645Wh [26], de notar que os valores do consumo referem-se a

toda a missão com todos os sistemas em funcionamento. O motor elétrico é fixado com 4 parafusos dentro da fuselagem reforçada com fibra de carbono na zona do nariz no lado de dentro do LEEUAV

A hélice gera a tração e o torque necessário para controlar o LEEUAV usando duas pás conectadas num eixo central, de modo a levantar o UAV as hélices criam um fluxo de ar para baixo fornecendo a força suficiente para a descolagem. A hélice pode apresentar dois modos de direção de rotação que pode ser no sentido horário ou no sentido anti-horário. De forma a atingir a tração pretendida as hélices devem ter um certo valor de passo para empurrar o ar para baixo a uma determinada velocidade do motor, este valor do passo está relacionado com o ângulo de ataque de uma hélice uma vez que um valor mais alto do passo significa um ângulo mais alto entre o centro do diâmetro das pás e as hélices e, portanto, um maior ângulo de ataque. A hélice escolhida é uma hélice de pás dobráveis de passo fixo da Aeronaut com 16 polegadas de diâmetro e 8 polegadas de passo, estas hélices tem sido o padrão de voo de aeronaves elétricas já há muitos anos por apresentar uma secção de perfil otimizada na raiz que utiliza como material um plástico reforçado com fibra de carbono. Esta hélice foi escolhida segundo as várias opções existentes no laboratório de Estruturas e Vibrações e segundo uma análise numérica desempenhada pelo Professor Pedro Gamboa considerando que 90% do voo do LEEUAV é realizado em velocidade constante de cruzeiro. A hélice é fixada no LEEUAV na zona do nariz, mas do lado de fora presa ao eixo do motor utilizando um mecanismo para dobrar a hélice e fixar o *spinner*.

O Eletronic Speed Controller (ESC) tem a função de controlar a velocidade e a direção dos motores de acordo com os sinais recebidos pelo controlador de voo, estes sinais são recebidos na forma de pulso através da modulação de largura de pulso que com base no efeito de hall o ESC utiliza transístores com efeito de campo de modo a criar a rotação do campo magnético para variar a velocidade dos motores, quanto maior for a frequência ou quanto maior o ESC percorrer os 6 intervalos, maior será a velocidade do motor [23]. O ESC é conhecido por transformar a corrente elétrica da bateria que gera corrente contínua para corrente alternada, o que é um fator importante para os motores do LEEUAV aceitarem o modo de corrente alternada. O ESC escolhido foi o Phoenix Edge com 75A de corrente contínua, apesar dos 1150W de potência de saída do motor elétrico, este valor está longe de ser alcançável com a atual configuração do sistema de propulsão LEEUAV. A potência máxima instalada depende da tensão da bateria e da hélice. Quanto maior o passo da hélice ou o diâmetro, maior a corrente consumida. Assim, a potência máxima instalada é a tensão de entrada (bateria) vezes a corrente medida para uma determinada hélice. Considerando a maior hélice testada (16x8in) a potência máxima instalada foi de 643W. Como o LEEUAV não tem um sistema interno de refrigeração os componentes críticos como ESC, motor ou bateria são fixados com alguma distância entre eles bem como do equipamento principal a bordo.

### 3.2.2.6 Sistema Solar

O sistema solar utilizado advém do trabalho realizado pela Joana Sousa [14], este sistema é considerado um gerador de energia que permite um voo sustentável de longas horas e que permite regular o consumo de energia das fontes de energia. O sistema solar é constituído por 4 painéis solares que contêm 44 células solares fotovoltaicas SunPower C60 representado na Figura 23 capazes de gerar uma potencia eléctrica máxima de 151.8W uma vez que estas células apresentam uma eficiência máxima de 22.5% segundo uma radiância solar de  $1000 \frac{W}{m^2}$ . As células solares encontram-se distribuídas em quatro módulos na asa, dois módulos com 12 células solares cada e dois módulos com 10 células solares cada, estas células solares estão conectadas em serie representando uma massa total de 544.4g. A célula solar fotovoltaica SunPower C60 apresenta um revestimento antirreflexo e os reduzidos coeficientes de tensão e temperatura permitem obter excelentes valores em termos de fornecimento de energia por watt de potência, devido ao desenho completo da célula de contacto permitir mover as linhas de condução para trás das células deixando a superfície frontal exposta à luz solar permitindo uma captura 10% superior a células fotovoltaicas convencionais [27]. Estas células fotovoltaicas devem ser protegidas com um fino revestimento de modo a evitar a degradação das mesmas e assim danificar o sistema solar. De modo a monitorizar o estado da carga da bateria é utilizado o controlador de carga Genasun GV-10-Li com 14.2V e 10.5A que apresenta um baixo peso permitindo controlar a corrente de carga que a bateria deve receber e também garantir que a bateria não é sobrecarregada, inclui também um *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) que é um sistema que maximiza a quantidade de corrente que entra na bateria do painel solar diminuindo a tensão de saída do painel solar. Assim, os componentes que integram o sistema de energia solar são 44 células solares dispostas em quatro conjuntos de painéis com tensão nominal de 25,6V e 5,93A de corrente máxima.

Para ter uma tensão e uma corrente adequada na porta de entrada do MPPT e conhecer a tensão nominal da célula solar C60 (0,58V), as células solares foram dispostas em série entre os painéis (A-B) e (C-D) e depois entre os painéis (B-C) como demonstra a Figura 24. Entre os painéis centrais e os painéis externos existem conexões JST e entre os painéis centrais (B-C) existem marcadores de 3,5mm e um conector de saída total XT30.



Figura 23 - Célula Solar fotovoltaica SunPower C60 [27]

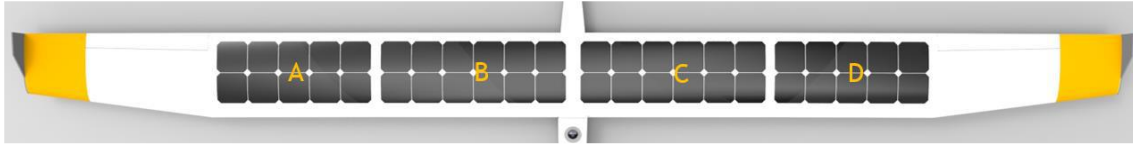


Figura 24 - Vista de cima dos painéis solares da Asa [14]

### 3.2.3 Sistema de comunicação Terra-Ar

A comunicação Terra-Ar entre o LEEUAV e a estação de controlo terrestre é realizada em dois sentidos, ascendente e descendente. O sentido ascendente refere-se á transmissão de comando e controlo da estação de controlo terrestre para o LEEUAV e a transmissão descendente envia os dados em vídeo ou imagem recolhidos pelo LEEUAV, a sua posição local e os dados referentes á carga útil para a estação de controlo terrestre [28]. A manutenção das comunicações é um elemento de elevada importância para a operação do LEEUAV uma vez que a perda de comunicação com a estação de controlo terrestre pode implicar:

- Falta total ou parcial do sistema
- Perda da linha de vista devido a características geográficas
- Bloqueio inadvertido do sinal
- Redução de potência devido a elevada distancia com a estação de controlo terrestre

A comunicação entre o controlador de voo Pixhawk e a estação de controlo terrestre é alcançada através de ondas rádio e frequências óticas. O espectro das ondas eletromagnéticas utilizadas para as comunicações de rádio compreende um alcance de 3Hz até 300GHz , sendo que apenas as frequências elevadas conseguem transferir elevadas taxas de dados do LEEUAV para a estação de controlo terrestre e vice-versa, no entanto, frequências elevadas tem mais facilidade de serem absorvidas por objetos físicos ao redor o que significa comprimentos de onda mais pequenos e assim um menor alcance, de modo a aumentar a capacidade de comunicação entre sistemas e aumentar o alcance de comunicação são utilizadas antenas de alto ganho até porque o aumento do ganho da antena irá reduzir a frequência do sinal e assim aumentar o alcance das ondas eletromagnéticas permitindo controlar o LEEUAV num alcance superior a 100km. A missão do LEEUAV possui três protocolos independentes de comunicação:

- Comunicação referente ao controlo de voo
- Comunicação referente á transmissão de vídeo (FPV)
- Comunicação referente á partilha de dados via telemetria

Os sistemas de comunicação que fazem parte do LEEUAV são representados na Figura 25.

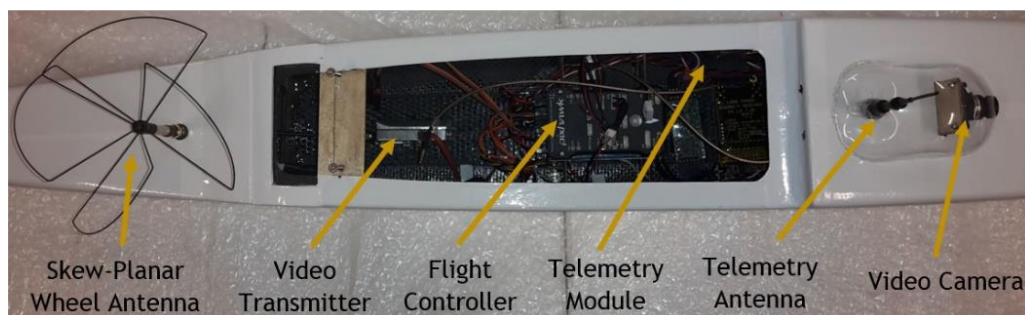


Figura 25 - Sistemas de comunicação Terra-ar do LEEUAV [16]

Os sistemas de comunicação que fazem parte da estação de controlo terrestre são representados na Figura 26.

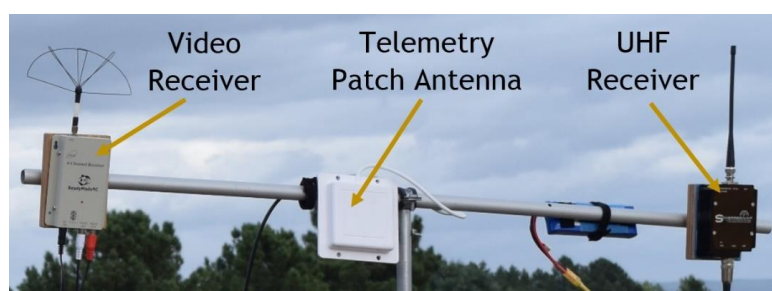


Figura 26 - Sistemas de comunicação terra-ar estação de controlo terrestre [16]

Na comunicação referente ao controlo de voo existe uma interação entre o controlador de rádio, o transmissor UHF e o recetor de rádio presente no LEEUAV. O transmissor Scherrer Tx700 *Pro Long Range* de frequências altamente elevadas (UHF) representado na Figura 27 faz parte do sistema do controlador de rádio com o objetivo de estabelecer a conexão entre o controlador de rádio e o recetor do LEEUAV para realizar as funções emitidas pelo controlador, enquanto o controlador de rádio Royal SX trabalha com um sinal de 2.4GHz o transmissor Tx700 fará com que o controlador trabalhe a 433MHz o que permite controlar o LEEUAV com um alcance superior a 100km, este transmissor de longo alcance é alimentado por uma bateria LiPo de 5000mAh e que se conecta ao controlador de rádio. O transmissor possui três níveis de output de 0.5, 1 e 2W permitindo a seleção da potencia irradiada em 3 níveis (Baixo, medio, alto) que se encontra localizado perto do conector da antena na parte superior, local mais fácil para aceder durante o voo. O recetor de 12 canais Scherrer RX700LR V7 de longo alcance representado na Figura 28 e presente no LEEUAV é conectado ao Pixhawk na entrada apropriada do recetor do controlador de rádio como mostra a Figura 29 e que utiliza um sistema de diversidade possuindo indicadores de LED para medir a intensidade do sinal de rádio da antena e do recetor, inclui ainda uma unidade de fonte de alimentação integrada de modo a garantir que haja energia suficiente para o recetor independentemente do consumo de corrente em outro local do LEEUAV. O recetor vai interpretar o sinal do transmissor e enviá-lo aos servomotores de modo a realizarem a ação pretendida pelo controlador de rádio [29].



Figura 27 - Transmissor Scherrer Tx700 Pro Long Range (UHF) [29]



Figura 28 - O recetor de 12 canais Scherrer RX700LR V7 de longo alcance [29]

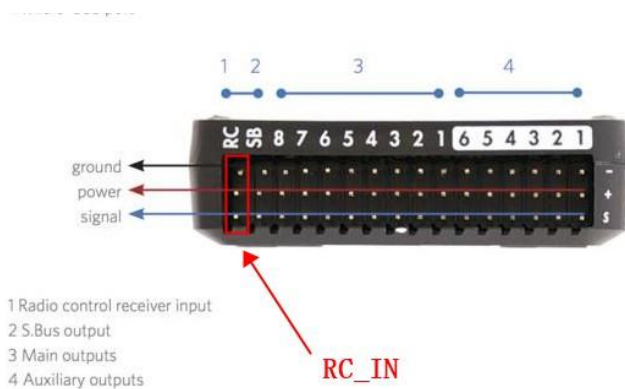


Figura 29 - Entrada do recetor de controlador de rádio no Pixhawk [22]

Em termos de transmissão de vídeo, o LEEUAV é constituído por um sistema de *First Person View* (FPV) construído para realizar voos de longa distância que permite monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre recebendo os sinais de vídeo capturados pela câmara a bordo RunCam com 600TVL que possui uma lente de 2.8mm e permite um campo de visão com uma amplitude de 86° e um transmissor de vídeo dedicado. A câmara encontra-se integrada numa estrutura *Pantilt* em contraplacado que permite rodar a câmara em duas direções distintas [30]. A câmara fica posicionada na tampa do LEEUAV de modo a podermos visualizar todo o terreno com a sensação de estarmos no cockpit. Para evitar as interferências emitidas pelos canais televisivos em Portugal que operam a uma frequência de 900MHz foi escolhido um transmissor de vídeo que opera a 1.3GHz com uma potencia de saída de 850mW conectado a uma antena omnidirecional *Skew Plannar wheel* com polarização circular. De forma a receber o

signal de vídeo emitido pelo *FPV* do LEEUAV são utilizados dois recetores de vídeo analógicos na estação de controlo terrestre que operam com uma frequência de 1.3GHz são utilizadas, portanto, uma antena helicoidal de 11dBi que possui uma polarização elíptica mas que pode ser projetada para atingir uma polarização quase circular provendo uma largura de feixe de 60° que é ideal para as situações em que a aeronave encontra-se fora do ponto de receção e ainda uma antena omnidirecional Skew Planar Wheel que provem uma boa receção do sinal a curta distancia (menos de 3 km) que possui 4 lóbulos a 90° cada designada para ser centrada a 1265MHz mas que opera numa gama de frequências entre 1200MHz a 1360MHz com um ganho nominal de 1,99dB [31].

Em termos de envio de informações de telemetria o Pixhawk apresenta duas portas: Telemetria para o *On-Screen Display* e ainda telemetria rádio. O *On-Screen Display* é um dispositivo com um pequeno circuito que se encontra entre a câmara de vídeo e o transmissor de vídeo a bordo do LEEUAV que extrai todas as informações do controlador Pixhawk e exhibe no ecrã da estação de controlo terrestre permitindo monitorizar o estado da aeronave, nomeadamente, velocidade horizontal e velocidade vertical, atitude, capacidade restante da bateria, intensidade do sinal de rádio, altitude inicial, velocidade do ar e outras informações durante a operação, o dispositivo OSD utilizado é o AlceOSD oV3 [32]. De modo a enviar as informações do controlador Pixhawk bem como de todos os sensores presentes e exhibir no ecrã da estação de controlo terrestre é utilizado um transceptor de telemetria a bordo do LEEUAV conectado a uma antena vertical fixada nas asas que opera com uma frequência de 2.4GHz. A telemetria de rádio utiliza um recetor de telemetria que é um suporte para o Ardupilot Mission Planner *software* uma vez que fornece uma troca de dados entre o piloto automático Pixhawk e o computador da estação de controlo terrestre e exibindo no Ardupilot Mission Planner que de maneira a aumentar a capacidade do sinal está conectado por cabo USB a uma antena *patch* de telemetria de 2.4GHz permitindo controlar os dados do LEEUAV em tempo real. O recetor de telemetria trabalha em conjunto com o Mission Planner para fornecer dados sobre a localização, velocidade, altitude, altitude selecionada, status de voo, temperatura, pressão, umidade e muitos outros parâmetros.



# Capítulo 4

## Operação na categoria Aberta

Para o planeamento da operação do LEEUAV é considerado o regulamento 2019/947 emitido pela Comissão Europeia que através das regras e procedimentos permite-nos a realização de duas operações: Operação na categoria aberta e Operação na categoria específica.

A operação na categoria aberta como referenciado anteriormente, é uma operação que apresenta menos riscos. Por este motivo a segurança será garantida por um conjunto muito reduzido de regras, limitações operacionais e menor obrigatoriedade de equipamentos de suporte para a operação o que facilita, portanto, a elaboração de um plano de missão sem a necessidade de emissão de pedidos de autorização, licenças e certificados junto da autoridade aeronáutica. Nesta categoria não são esperados muitos conhecimentos aeronáuticos por parte do operador pelo que existe apenas a necessidade de definir regras básicas para a operação com a limitação operacional de modo a evitar a negligência operacional e colocar em causa a segurança de pessoas e do meio ambiente em volta da operação. O planeamento da operação começa pelo conhecimento e aplicação das regras inerentes da categoria aberta que já foram referenciadas tais como a definição da subcategoria de operação do UAS, a obrigatoriedade do LEEUAV possuir uma massa máxima à descolagem inferior a 25kg com a capacidade de reconhecer a delimitação operacional sob a linha de vista sem afetar ou operar sobre multidões bem como o cumprimento de requisitos mínimos por parte do piloto remoto.

### 4. 1 Identificação da Subcategoria do LEEUAV

Através da identificação de uma subcategoria aberta A1, A2 ou A3 obtém-se diferentes condições referentes às limitações operacionais, requisitos mínimos de competência por parte do piloto remoto e os requisitos técnicos por parte do LEEUAV que acaba por influenciar a escolha da melhor rota de operação sem necessidade de emissão de uma autorização operacional.

De acordo com as características de projeto e especificações do LEEUAV apresentadas na (tabela 3) verifica-se que esta aeronave pode ser integrada numa subcategoria aberta A3 que corresponde a uma operação com um UAV com massa máxima à descolagem inferior a 25kg e superior a 4kg, deve ser garantido que a operação é realizada numa área onde o piloto remoto de forma ciente e bem pensada garante que nenhuma pessoa não envolvida na operação esteja em perigo de alcance durante o voo do UAV. Para isso é importante garantir uma distância horizontal segura de 150m de zonas residenciais, comerciais, recreativas e industriais, e uma distância de 2km de qualquer aeródromo. Portanto, deve ser uma operação numa zona aberta fora de perigos e pessoas.

A principal condicionante desta categoria é a obrigatoriedade do operador remoto operar com linha de vista da aeronave segundo o exemplo da Figura 30, ou seja, o operador remoto deve ser

capaz de manter um contato visual direto sobre o LEEUAV sem auxílio de lentes corretivas de forma a monitorizar o trajeto de voo em relação a pessoas, veículos e estruturas [33] de modo a evitar colisões através da observação do espaço aéreo, determinar a localização através da atitude, altitude e direção da aeronave não tripulada algo que pode ser conseguido através não só da observação do piloto remoto bem como da utilização de um observador (uma pessoa que possa auxiliar o piloto remoto na observação do LEEUAV).

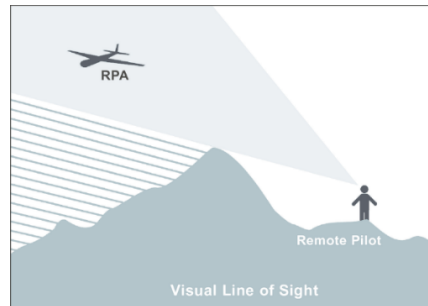


Figura 30 – Linha de vista visual (Visual Line of Sight) [33]

Outro fator extremamente importante que cobre toda a categoria aberta consiste em realizar a operação mantendo o UAV 120m do ponto mais próximo da terra, é importante não confundir com a elevação do terreno uma vez que esta medida se refere à distância vertical ao nível do mar. Por exemplo, uma operação que se inicie num local com uma elevação de 400m relativamente ao nível do mar tem a possibilidade de atingir uma altura até 520m relativamente ao nível do mar mantendo-se em categoria aberta uma vez que a distancia relativamente ao ponto mais próximo do solo está entre os 120m. A limitação de altura permite manter a operação do UAV com uma distância segura relativamente a outros utilizadores do espaço aéreo nomeadamente da aviação tripulada que operam com uma altitude superior a 150m relativamente ao ponto mais próximo do solo. A diferença entre a altitude máxima de 120m para as operações dos UAV e a altura mínima de operação para as aeronaves tripuladas representa a distância de segurança de 30m representada na Figura 31, esta distância de segurança tem o objetivo de mitigar imprecisões dos instrumentos de voo dos UAVs.



Figura 31 - Representação da margem de segurança entre UAV e aeronaves tripuladas

## 4.2 Registo de operador

Para realização de uma operação na subcategoria aberta A3 existe a obrigatoriedade de registo do operador como definido pelo decreto-lei nº58/2018 para os operadores que operem um UAS com uma massa operacional superior a 250g. O registo é importante uma vez que a nova regulamentação tem por base uma livre circulação de pessoas e bens e este registo terá algumas informações que serão colocadas numa plataforma única e europeia permitindo que pilotos e operadores possam circular livremente entre os vários países da União Europeia apenas com a autorização e o registo do país de origem. Este registo é realizado na plataforma da ANAC em <https://uas.anac.pt> onde deve ser criada uma conta na plataforma da ANAC segundo a Figura 32.

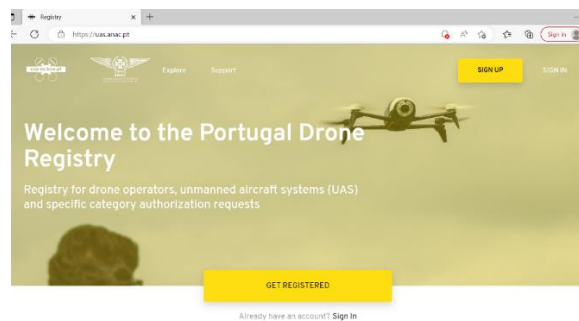


Figura 32 - Plataforma de registo de operador [34]

O operador do UAV pode registar-se como uma pessoa singular ou coletiva que tenciona utilizar o LEEUAV com a possibilidade de utilizar mais equipamentos caso deseje, ou seja, é o verdadeiro dono do UAV e responsável por tudo o que diga respeito à aeronave, às verificações das licenças, autorizações, seguro, etc.. No caso de pessoa singular, este pode ser tanto operador quanto piloto na mesma pessoa. O registo de operador acaba por se enquadrar numa medida de segurança uma vez que este registo permite obter um sistema de identificação remoto constituído pelo número de registo de operador mais três dígitos secretos que em caso de perda permite identificar a quem pertence o UAV. Este sistema de identificação deve ser colocado no LEEUAV. Para registar como operador, após a abertura de conta no site da ANAC irá surgir o ecrã de registo do operador como referenciado na Figura 33. Como o trabalho do LEEUAV continua a ser desenvolvido por vários alunos iremos fazer o registo do operador como uma pessoa coletiva, Figura 34, identificando a UBI como o operador remoto responsável pela operação.

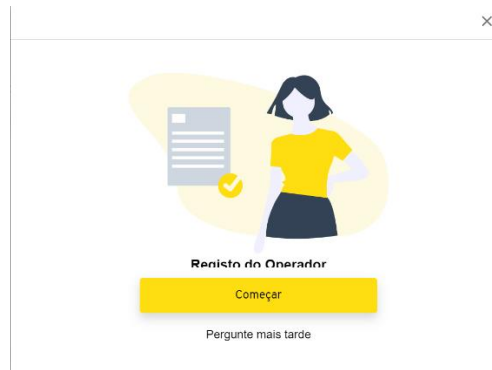


Figura 33 - Ecrã de registo de operador [34]



Figura 34 - Registo como pessoa coletiva [34]

Após a seleção da opção de registo como pessoa coletiva devem ser preenchidos e selecionados os campos segundo a ordem de apresentação:

1. País de origem
2. Tipo de organização
3. Autenticação com a chave móvel digital do responsável da organização
4. Identificação da categoria e/ou subcategoria de operação
5. Nome, Morada e NIF da organização
6. Nº de apólice de seguro e data de validade
7. Título do administrador responsável por exemplo (Dr.<sup>o</sup>, Dr.<sup>a</sup>, Eng.<sup>o</sup>, Eng.<sup>a</sup>, Sr., Sr.<sup>a</sup>...)

Após o preenchimento dos dados e submetido o pedido de registo de operador, o estado fica pendente de aprovação pela ANAC que após aprovação emite o código de registo ao operador. De referir que cada tipo de categoria de operação pretendida requer um pedido de registo. O operador remoto recebe depois na morada da organização o número de operador de modo a afixar no LEEUAV.

### 4.3 Autorização AAN

Após o registo do operador, considerando que o LEEUAV possui uma câmara FPV instalada é fundamental a requisição de uma autorização por parte da Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) para a execução de levantamentos aéreos (captação de imagens), foto e/ou vídeo, incluindo a funcionalidade da operação FPV sobre território nacional, através de plataformas aéreas, bem como a sua divulgação como definido no Decreto-Lei nº.42071 [35]. O requerimento para pedido de autorização é realizado na plataforma exclusiva e-AAN, onde deve ser feito o registo na plataforma através do formulário de registo com os dados indicativos que são solicitados. Um dado essencial que deve ser indicado é a natureza da operação que no nosso caso é de natureza Privada/lúdica uma vez a operação não tem relação com atividades comerciais. Após concluído o registo recebe-se na caixa de correio eletrónico a mensagem de notificação de criação de conta, contendo informações para finalizar o registo, um ficheiro de formato PDF, e a senha inicial para acesso e preenchimento do perfil de operador.



Figura 35 - Plataforma e-AAN [36]

A criação deste perfil organizado em páginas funcionais como mostra a Figura 35 iniciado com o Registo, que é criado uma única vez, e atualizado quando necessário (mudança de residência, mudança de UAV, adição de piloto, etc.), permite ao operador a submissão de um requerimento pré preenchido. Este perfil é dividido em dados pessoais como contactos e morada, dados referentes à cobertura de seguro contratado, dados do UAV, que pode ser mais do que um, onde devem ser preenchidas as suas características principais incluindo o número de registo de operador que ficará afixado no LEEUAV. Para além disso, cada operador pode registar tantos pilotos remotos quantos os necessários através deste painel. Para a situação mais comum, em que o operador é também o piloto, é possível importar os dados pessoais para este campo [36].

Face à Natureza da atividade selecionada, após o registo é enviada uma Declaração em ficheiro de formato PDF, já preenchida e com o nome do operador, que deve ser assinado e devolvido ao Gabinete da AAN de modo a receber a validação do registo. Esta declaração tem por objetivo

responsabilizar cada operador pelas declarações prestadas ou a prestar à Autoridade Aeronáutica Nacional no âmbito do procedimento de concessão de autorizações para levantamentos aéreos.

Por fim, para submeter um pedido de autorização cada requerimento corresponde a uma área a submeter. No painel Áreas, o comando adicionar abre a janela “criar uma área”. A definição da área geográfica é iniciada pela indicação se “vai voar sobre praias ou sobre o mar?” (sim ou não), e pela seleção de um distrito continental, ou de uma ilha dos arquipélagos dos Açores e da Madeira, seguida pela seleção de um Concelho. Para além disso, devem ser definidos os horários mínimo e máximo das operações bem como a data inicial e a data final pretendidas para a autorização de captação de imagens através do calendário digital, considerando que o limite máximo concedido pela AAN é de 60 dias consecutivos. Por fim de seguida irá aparecer um mapa que permitirá escolher o local por coordenadas definindo uma área poligonal ou uma rota considerando que cada posição selecionada deve ser adicionada (“4”) segundo a Figura 36, sendo visível o valor da coordenada no rodapé da janela, valor que é adicionado nos campos Latitude e Longitude de nova linha do requerimento.

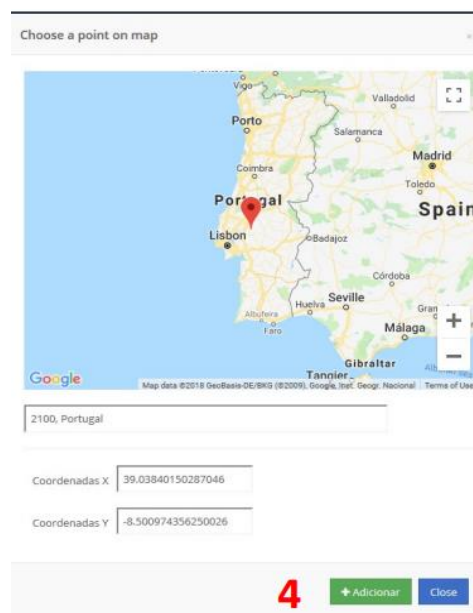


Figura 36 - Mapa para seleção da rota na plataforma e-AAN [36]

## 4.4 Contratualização de um seguro de responsabilidade civil

O decreto-lei nº58/2018 para além de obrigar o registo do operador obriga também a contratualização de um seguro de responsabilidade civil para UAS com massa superior a 900g. Atendendo às especificações do LEEUAV e com a pouca oferta existente no mercado atualmente, optou-se por escolher a realização de um seguro através da seguradora Lusitânia que na Figura 37 apresenta uma tarifa adaptada a uma utilização comercial ou de recreio. É um

seguro que cobre, em território nacional, os danos patrimoniais a terceiros no ar e no solo com a possibilidade de segurar danos no equipamento e de ter vários UAS na mesma apólice [37].

COBERTURAS	Capital Seguro (€/DSE <sup>(2)</sup> )	Registo Obrigatório	Seguro Obrigatório
Responsabilidade Civil MMO <sup>(1)</sup>			
≤ 0,25 Kg	15.000 €		
> 0,25 Kg - 0,9 Kg	50.000 €	•	
> 0,9 Kg - 1,5 Kg	260.000 DSE	•	•
> 1,5 Kg - 4,0 Kg	380.000 DSE	•	•
> 4,0 Kg - 20,0 Kg	560.000 DSE	•	•
> 20,0 Kg - 25,0 Kg	750.000 DSE	•	•
Danos no Equipamento	Opcional	Opcional	Opcional

<sup>(1)</sup> MMO - Massa Máxima Operacional

<sup>(2)</sup> DSE - Direito Saque Especial

Figura 37 - Coberturas de seguro apresentadas pela Lusitânia [37]

## 4.5 Formação A1/A3

Após concluído o registo, para o operador poder operar na subcategoria A3 e obter a contratualização de um seguro é necessário um certificado de conclusão de formação e exame à distância A1/A3. Este certificado deve ser emitido por uma autoridade competente de qualquer Estado Membro da União Europeia, em Portugal é uma formação gratuita disponibilizada pela ANAC no site <https://rp.anac.pt/>. Esta formação deve permitir ao operador remoto obter conhecimentos nos seguintes módulos:

- Segurança no ar
- Restrições no espaço aéreo
- Regulamentação da aviação
- Limitações do desempenho Humano
- Procedimentos operacionais
- Conhecimento geral sobre UAS
- Privacidade e proteção de dados
- Seguro contra danos
- Segurança contra atos de interferência ilícita

Após a conclusão com 75% de aproveitamento da formação A1/A3 é emitido um certificado pela autoridade competente, ANAC, como prova de conclusão teórica da formação ao operador remoto num formato descrito na Figura 38.

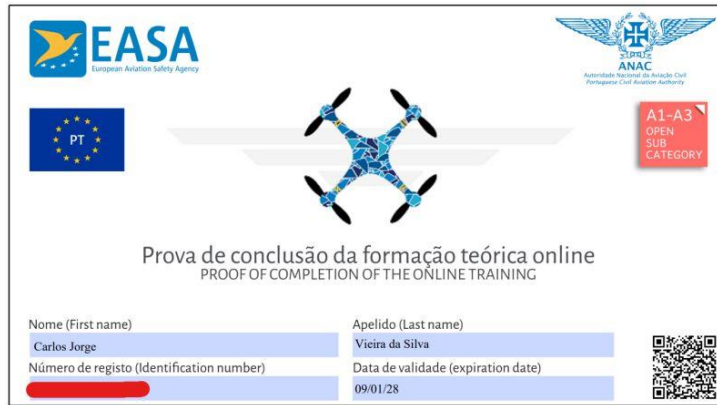
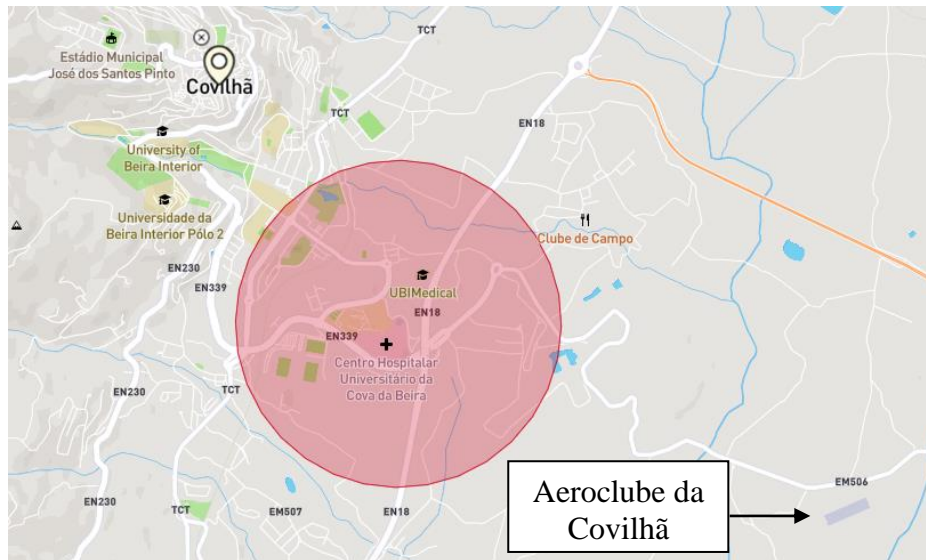


Figura 38 - Certificado de conclusão formação A1/A3 [38]

## 4.6 Planeamento e rota de voo

Após realizado o registo do operador bem como a formação na categoria aberta A1/A3 e a aquisição de um seguro de responsabilidade civil compete realizar o planeamento com a identificação da rota e as condições de voo. A operação consiste na realização de dois voos com diferentes condições, verificar através de um processo de gestão da energia da bateria qual a autonomia máxima que o LEEUAV consegue realizar e uma operação com a utilização da capacidade máxima da energia, ou seja, utilização da velocidade máxima de operação e verificar qual a distância máxima percorrida pelo LEEUAV nessa condição.

Para iniciar deve definir-se uma rota considerando as limitações inerentes da subcategoria aberta A3, ou seja, uma rota com uma distância horizontalmente superior a 150m de zonas habitacionais, obedecendo as restrições das áreas geográficas que foram estabelecidas por motivos de segurança operacional, segurança contra atos ilícitos, proteção da privacidade ou do ambiente definido pela ANAC no regulamento 2016/1093. Estas áreas podem ser consultadas em <https://uas.anac.pt/explore> [39]. Deve ainda considerar-se as restrições estabelecidas por outros regimes jurídicos que limitam ou até proíbem a operação de aeronaves abaixo de uma determinada altura. Esses locais são especificamente os planos de ordenamento das áreas protegidas de Portugal Continental da responsabilidade do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, as reservas naturais e de áreas protegidas da Região Autónoma da Madeira da responsabilidade do Instituto das Florestas e Conservação da Natureza, Planos de ordenamento da Orla Costeira (POOC) e regulamentos ou Programas da Orla Costeira (POC), que segundo a Direção-Geral da Autoridade Marítima, são locais que estão sob a jurisdição das autoridades marítimas locais e nas zonas da cidade de Lisboa onde o voo é proibido, por razões de segurança interna/nacional, proteção do património histórico e de instalações dos órgãos de soberania [40].



*Figura 39 – Representação de zonas proibidas para realização de operação sem necessidade de pedido de autorização [39]*

Na Figura 39 verifica-se a existência de um heliporto hospitalar na zona da Covilhã que não permite a realização de uma operação em categoria aberta no raio definido a vermelho. Por isso, o local escolhido para os processos de aterragem, voo em cruzeiro e descolagem foi a pista do Aeroclube da Covilhã e num raio que permita manter o contacto visual com o LEEUAV.

Nesta rota o LEEUAV faz uma descolagem na pista do Aeroclube da Covilhã, com a vantagem de poder aproveitar-se o tamanho da pista que tem aproximadamente 300m de comprimento, realiza uma fase de subida até a uma altura acima do solo máxima de 120m, faz uma fase em cruzeiro com velocidade constante, que é a fase mais importante e mais longa do voo, realiza a fase de descida e a fase final de aterragem na pista do Aeroclube da Covilhã.

O percurso fica definido na Figura 40 com um total de 2,5km considerando todas as fases de voo com as coordenadas dos pontos referentes às curvas a serem realizadas na Tabela 5. A fase de descolagem e a fase de subida realizam-se nos primeiros 450m entre a coordenada 1 e a coordenada 3. Após esta fase, de modo a estudar as duas condições do voo, recomenda-se realizar 36 voltas em cruzeiro desde a coordenada 3 até à coordenada 10 para finalmente realizar a fase de descida e a fase de aterragem entre as coordenadas 10 e 1, perfazendo um voo total de aproximadamente 90km. É importante referir que este local específico permite ter uma boa visibilidade sobre o LEEUAV até porque a elevação do terreno é reduzida comparando as coordenadas escolhidas.

Tabela 5 - Coordenadas de voo do percurso definido

Coordenada	Latitude	Longitude
1	40°15'27.08"N	7°27'29.18"W
2	40°15'24.24"N	7°27'37.94"W
3	40°15'17.23"N	7°27'39.15"W
4	40°15'10.39"N	7°27'41.60"W
5	40°15'4.49"N	7°27'45.23"W
6	40°14'59.49"N	7°27'51.62"W
7	40°14'55.81"N	7°27'48.22"W
8	40°15'6.26"N	7°27'30.87"W
9	40°15'12.67"N	7°27'26.16"W
10	40°15'21.15"N	7°27'22.16"W



Figura 40 - Percurso Categoria Aberta

## 4.7 Procedimentos pré-voo

Antes de iniciar o voo existem procedimentos a serem executados com vista a garantir a segurança da operação. Para começar, é importante fazer a verificação da meteorologia, não só pela consulta do boletim meteorológico, mas também através de uma verificação no local para confirmar a segurança do voo.

Ventos fortes podem fazer com que o UAV voe para longe ou atinja algum obstáculo não planeado dando origem a um evento de *fly-away*, este evento ocorre quando o LEEUAV faz algo diferente do pretendido ou que não permita controlar a trajetória de voo. Devido às características do LEEUAV que apresenta uma maior capacidade de resistência aos ventos

fortes, a intensidade do vento terá de ser maior quando comparado com UAVs menores para provocar situações inesperadas. Ainda assim como medida de prevenção é importante realizar as manobras de subida e descida de forma controlada de modo a observar se ocorrem oscilações.

Outro fator meteorológico importante é a temperatura. Temperaturas muito altas e muito baixas podem alterar o desempenho do LEEUAV. Com temperaturas muito altas o controlador de voo Pixhawk e o motor podem sobreaquecer e danificar ou interferir nos restantes equipamentos eletrónicos. O ar é mais rarefeito quando há altas temperaturas, então o motor do LEEUAV precisa trabalhar mais para produzir sustentação força propulsiva. Caso o voo ocorra numa fase quente do ano é importante adotar boas práticas como manter o LEEUAV na sombra antes de iniciar a operação bem como voar na parte da manhã que normalmente é dos períodos mais frios. Em temperaturas mais frias, o ar é mais denso e, portanto, o LEEUAV provavelmente terá um bom desempenho aerodinâmico. No entanto, é preciso ter atenção que uma bateria que fica muito fria durante o voo pode descarregar repentinamente perdendo capacidade.

Antes do início da operação é importante analisar o meio ambiente de modo a confirmar a possibilidade de surgirem obstáculos que comprometam a linha de vista. Para além disso a análise do terreno é importante pois numa operação de um UAV variações no terreno podem criar zonas de turbulência. Na escolha do percurso teve-se o cuidado de não atravessar zonas com este tipo de problema até porque aquele apresenta poucas alterações ao nível de altitude do terreno como representado na Figura 41, ou seja, as variações são curtas. Se o voo for realizado constantemente a 120m o LEEUAV evitará passar por estes bolsões uma vez que o ponto mais baixo do terreno é 402m e o ponto mais alto 426m que se encontra entre a coordenada 3 e 4 relativamente ao nível do mar.



Figura 41 – Perfil de elevação do percurso escolhido em categoria aberta

Relativamente aos componentes essenciais para a missão é importante realizar uma inspeção pré-voo ao LEEUAV e aos componentes exteriores. Esta inspeção pode incluir:

- Limpeza da hélice;
- Correção de fissuras aparentes;
- Inspeção do nível de carga das baterias;

- Inspeção do correto funcionamento do controlo remoto (*Joysticks*, antenas de comunicação);
- Inspeção do correto funcionamento da *Ground Control Station*.

# Capítulo 5

## Operação na categoria específica

### 5.1 Enquadramento

A realização de uma operação na categoria específica ocorre quando uma das condições anunciadas na categoria aberta não é satisfeita. O objetivo principal discutido inicialmente para a realização dos testes de autonomia e gestão de energia do LEEUAV foi através de um percurso que liga a Covilhã ao aeródromo de Castelo Branco. A realização de uma operação desta natureza implica sempre enquadrar esta operação em categoria específica devido essencialmente a pelo menos dois fatores: impossibilidade de manter a linha de vista sobre o LEEUAV durante todo o percurso até porque o regulamento 2019/947 apresenta como condicionante a impossibilidade de acompanhar o LEEUAV através de um veículo; outro fator é a existência de picos montanhosos que para a realização da operação devido à reduzida flexibilidade do LEEUAV em realizar manobras rápidas requer que a operação se mantenha maioritariamente com a mesma altura de voo superior aos 120m limitados pela categoria aberta.

Para a realização de qualquer operação em categoria específica, os operadores necessitam de obter uma autorização para poder operar através de:

- Uma declaração à ANAC de um cenário de operação padrão publicado no Regulamento de Execução (eu) 2019/947 na sua versão consolidada;
- Uma autorização operacional da ANAC;
- Através de um certificado de operador de UAS ligeiro (LUC) aos quais são concedidos os privilégios do regulamento apenas para aqueles operadores de aeronave não tripulada que sejam pessoas coletivas.

Os cenários de operação padrão referidos no Regulamento de Execução (EU) 2019/947 são os cenários STS-01 e STS-02. Estes cenários operacionais são análises de riscos efetuadas pela EASA e publicadas como um meio aceitável de conformidade (AMC) [41].

O STS-01 refere-se a um cenário operacional VLOS que ocorre numa área urbana onde devem ser garantidos os seguintes aspetos:

- Operação realizada com uma altitude máxima de 120m;
- Assegurar que não existam pessoas envolvidas na área controlada;
- Que o UAS cumpra os requisitos definidos pelo PDRA (*Pre-defined Risk Assessment*), nomeadamente um comprimento característico máximo de 3m.

O STS-02 refere-se a um cenário operacional BVLOS que ocorre numa área escassamente povoada onde devem ser garantidos os seguintes aspetos:

- BVLOS até 1km ou 2km caso sejam utilizados observadores visuais;
- Operação realizada com uma altitude máxima de 120m;
- Assegurar que não existam pessoas envolvidas na área controlada;
- Que o UAS cumpra os requisitos definidos pelo PDRA (*Pre-defined Risk Assessment*), nomeadamente um comprimento característico máximo de 3m.

Devido aos requisitos da operação e características do LEEUAV que apresenta uma dimensão característica máxima superior a 3m não existe a possibilidade de enquadrar a operação num destes cenários operacionais e, portanto, não é possível enquadrar a operação nos PDRA definidos pela EASA.

Por esse motivo, para se poder realizar uma operação BVLOS com altitude superior a 120m, que se enquadra numa categoria específica, é necessário obter uma autorização operacional por parte da ANAC. O pedido de autorização operacional deve conter toda a documentação necessária [42] a fim de ser verificado pela ANAC, e no formato requerido, nomeadamente:

- Modelo de requerimento AMC1 UAS.SPEC.030(2) “*Application for an operational authorization*”;
- Modelo das características técnicas da aeronave não tripulada GM1 UAS.SPEC.030(2) “*Application for na operational authorization*”;
- Modelo dos procedimentos para assegurar a conformidade com o Regulamento (EU) 2016/679 GM1 UAS.SPEC.050(1)(a)(iv) “*Responsibilities of the UAS Operator*”;
- Declaração digitalmente assinada onde confirma que a operação pretendida cumpre todas as regras nacionais e da União Europeia que lhe são aplicáveis, em especial em matéria de privacidade, proteção de dados, responsabilidade civil, seguros, segurança contra atos de interferência ilícita e proteção do ambiente;
- Avaliação de riscos operacional através da metodologia de análise de risco SORA (*Specific Operations Risk Assessment*);
- Manual de operações;
- Confirmação que desde o início as operações que o LEEUAV realizar estão abrangidas por uma cobertura de seguro adequada, se tal for requerido pelo direito nacional ou da União Europeia;

### **5.1.1 Modelo de requerimento AMC1 UAS.SPEC.030(2)**

O modelo de requerimento (Anexo A) para a aplicação de uma autorização operacional para a categoria específica contém as informações do operador de UAS, os detalhes da operação pretendida, as informações sobre o UAS e características principais. Este modelo de

requerimento contém também um campo para as observações, declaração de conformidade e ainda o campo para a assinatura digital a ser preenchido pelo operador [43].

### **5.1.2 Modelo das características técnicas da aeronave**

O modelo das características técnicas da aeronave [43] (Anexo B) requer o preenchimento das informações relativamente à configuração do UAS bem como os equipamentos utilizados durante a sua operação incluído as características do trem de aterragem, características de conspicuidade que corresponde aos dispositivos de iluminação ou a representação de processos de pintura para aumentar a visibilidade do UAS, propulsão, sistemas utilizados no UAS, controlador de voo, sistema de termino de voo (FTS), modos de voo, estação de controlo no solo, carga, limites operacionais, sistemas de segurança/barreiras de segurança e de consciência situacional bem como o campo para preenchimento da assinatura digital do operador.

### **5.1.3 Responsabilidades do operador do UAS**

O operador do UAS deve:

- ser capaz de estabelecer procedimentos e limitações adaptadas ao tipo de operação pretendida e ao risco envolvido através do estabelecimento de procedimentos operacionais, procedimentos para assegurar os requisitos de segurança, procedimentos para fazer face a atos de interferência ilícita e ainda procedimentos para assegurar que a operação cumpre com o regulamento (EU) 2016/679 referente à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados;
- designar um piloto remoto para cada voo ou, no caso de operações autónomas, assegurar que durante todas as fases do voo, as responsabilidades e tarefas são devidamente atribuídas;
- assegurar que todas as operações utilizam um espectro de comunicação via rádio eficiente a fim de evitar interferências prejudiciais;
- realizar cada operação dentro das limitações, condições e medidas de mitigação definidas na declaração ou especificadas na autorização operacional;
- manter um registo de todas as manutenções, formações e operações de teste realizadas com o UAS;
- assegurar que o pessoal e piloto remoto tenham completado uma formação de modo a conhecerem os sistemas, o UAS e a operação de acordo com o definido no manual de operações.

Para além disso, o operador de UAS é responsável pelo cumprimento de todas as regras aplicáveis da União Europeia e nacionais, em particular, no que diz respeito à privacidade, proteção de dados, responsabilidade, seguro, segurança e proteção ambiental. Com isso tem a responsabilidade de preenchimento do modelo dos procedimentos para assegurar a conformidade com o Regulamento (EU) 2016/679 GM1 UAS.SPEC.050 (Anexo C) [43].

## 5.2 Avaliação de riscos

A avaliação de riscos é elaborada segundo a metodologia *Specific Operations Risk Assessment* (SORA) que é um modelo holístico que fornece um quadro genérico para identificar perigos, ameaças e mitigações relevantes para qualquer operação na categoria específica. Esta metodologia fornece um processo lógico de modo a analisar o conceito de operações (CONOPS) proposto e estabelecer um nível adequado de confiança de modo que a operação possa ser conduzida com um nível aceitável de risco até porque é bastante diferente uma operação ser realizada numa área com elevada densidade populacional comparativamente com um ambiente afastado de populações.

Antes de se introduzir a metodologia SORA em si é importante conhecer os conceitos chave e as definições principais. Assim, o objetivo de realizar uma avaliação de segurança é avaliar os riscos de segurança e, se necessário, mitigar os riscos sendo que apenas podemos considerar que a segurança é alcançada quando garantimos que o risco por muito residual que seja consegue ser mitigado a um nível aceitável de modo a controlarmos e a estarmos preparados para qualquer situação. O risco em si surge da combinação da probabilidade de uma ocorrência e o nível de gravidade que lhe está associado [44].

$$RISCO = PROBABILIDADE \times SEVERIDADE \quad (1)$$

No geral existem dois riscos principais que são sempre identificados numa operação de um UAS:

- Risco associado a pessoas e infraestruturas críticas no solo (*Ground Risk*);
- Risco de colisão no ar (*Air Risk*).

O *Ground Risk* refere-se ao potencial de danos ou lesões causadas pelo UAS em caso de colisão ou queda, situações que podem ocorrer, por exemplo, durante a decolagem, pouso ou operação em áreas onde há pessoas presentes. O risco no solo está relacionado com a possibilidade de impacto direto do UAS com pessoas, veículos, estruturas ou outras obstruções no solo, resultando em ferimentos ou danos materiais. É, portanto, bastante dependente da elaboração do CONOPS uma vez que pode ser controlado através do ambiente operacional escolhido e das características do UAS.

O *Air Risk*, por outro lado, refere-se ao potencial de colisões ou interferências com outras aeronaves, incluindo aeronaves tripuladas, durante a operação do UAS em altitudes mais elevadas. Isso pode ocorrer, por exemplo, em rotas de tráfego aéreo, áreas de controle de tráfego aéreo ou outras áreas onde há atividade aérea. O risco no ar está relacionado com a possibilidade de colisões em pleno ar, que podem causar danos às aeronaves envolvidas e representar um perigo para as pessoas a bordo e no solo, portanto, é dependente da análise da classe do espaço aéreo, dos diferentes utilizadores do espaço aéreo e a densidade do tráfego aéreo.

Para facilitar a comunicação de todos os aspetos da metodologia SORA, a metodologia requer a utilização de uma terminologia padronizada para se referir às fases de operação, procedimentos

e volumes operacionais. Na Figura 42 podemos ver todos os termos utilizados para a representação da metodologia SORA.

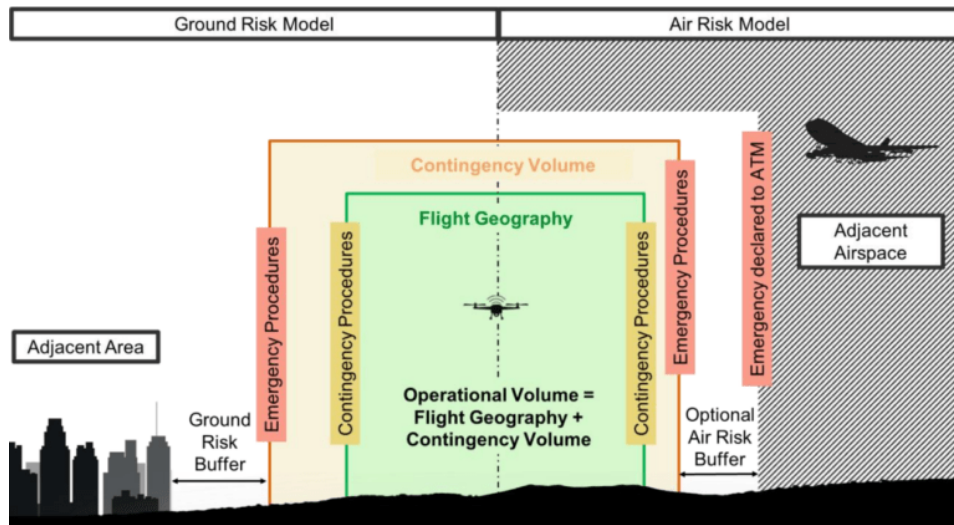


Figura 42 – Representação da geografia de voo, volume de contingência, Ground Risk Buffer e Air Risk Buffer [41]

A (figura 42) mostra uma relação entre o volume operacional = geografia de voo + volume de contingência com o *Ground Risk Buffer* e ainda uma relação do volume operacional com o *Air Risk Buffer*.

### 5.2.1 Geografia de voo

A geografia de voo é o volume em que o operador pode operar o UAS dentro do espaço definido na sua autorização operacional e que respeita os procedimentos normais de operação. O tamanho da geografia de voo é determinado por uma serie de fatores tais como: o desejável volume de voo, rota de voo, quaisquer restrições do espaço aéreo até porque pode estar dentro de uma área terrestre controlada e também pelas regras emitidas por regulamentos em determinadas áreas específicas de operação [45]. Os valores mínimos para a geografia de voo são:

$$S_{GV} \geq 3CD \quad H_{GV} \geq 3CD \quad (2)$$

onde  $S_{GV}$  representa a largura da geografia de voo,  $H_{GV}$  a altura da geografia de voo e  $CD$  o comprimento característico máximo do UAV.

### 5.2.2 Volume de contingência

O volume de contingência é o volume que se encontra imediatamente fora da geografia de voo. Portanto, o volume de contingência envolve completamente a geografia do voo sendo uma área importante para a necessidade de realização de manobras evasivas, desvios de rota e até mesmo aterragens de emergência. Utiliza-se este volume quando o UAS se encontra sob controle, mas existe a necessidade executar procedimentos de contingência para evitar chegar ao ponto onde

exista a necessidade de utilizar procedimentos de emergência. Para obter o volume de contingência mínimo é aplicada a seguinte fórmula:

$$V_{VC\ lateral} = S_{GPS} + S_{pos} + S_k + S_{DR} + S_{MC} \quad (3)$$

onde  $V_{VC}$  representa o volume de contingência vertical,  $S_{GPS}$  erros de GPS,  $S_{pos}$  erros de posição,  $S_k$  erro de mapa,  $S_{DR}$  distância de reação e  $S_{MC}$  manobras de contingência verticais.

Considerando um tempo de resposta  $t=1s$   $S_{DR} = V_0 t$

Para uma aeronave de asa fixa o roll Angle é  $\theta \leq 30^\circ$  e  $S_{MC} = \frac{V^2}{g \tan(\theta)}$

De modo a obter o volume de contingência horizontal mínimo é aplicado a seguinte formula:

$$H_{VC} = H_{GV} + H_{baro} + H_{AR} + H_{mc} \quad (4)$$

onde  $H_{VC}$  representa a altura do volume de contingência,  $H_{baro}$  o erro de medição de altitude,  $H_{AR}$  a altura de resposta e  $H_{mc}$  as manobras de contingência horizontais.

Considerando:

$$H_{AR} = V \times 0.7 \times t \quad (5)$$

sendo  $t$  o tempo de resposta igual a 1s, e:

$$H_{mc} = \frac{V_0^2}{g} \times 0.3 \quad (6)$$

### 5.2.3 Margem de risco em terra e no ar (*Ground Risk Buffer e Air Risk Buffer*)

O *Ground Risk buffer* é uma área designada no solo imediatamente adjacente ao volume de contingência em operações de UAS. Serve como uma medida de segurança para garantir que, se o UAS sair do volume de contingência, seja considerado fora de controle e fornece uma área controlada onde o UAS possa ser encerrado com segurança caso fique fora de controle, sem representar um risco para pessoas, propriedades ou outras aeronaves [46]. O tamanho do buffer de risco de solo deve ser ponderado e analisado de modo que exista espaço para a utilização de um método de termino de voo. O *Ground Risk Buffer* aplica a regra 1:1, portanto, o valor mínimo é obtido através de:

$$GRB = H_{VC} + \frac{1}{2} CD \quad (7)$$

onde CD é o comprimento característico máximo.

O *Air Risk Buffer* é a área designada para separar diferentes tipos de espaço aéreo com uma margem de segurança e que possam ser aplicados os métodos de mitigação de risco de modo a

impedir a colisão com outros dispositivos, quer tripulados quer não tripulados, a operarem naquele local.

#### 5.2.4 Robustez

Para entender completamente o processo da metodologia SORA é importante introduzir o conceito de robustez que é alcançado mediante a análise do nível de integridade fornecido pela medida de mitigação, ou seja, o ganho de segurança que se obtém com a implementação desta medida de segurança. O nível de garantia refere-se ao método de prova de que o ganho de segurança da medida de mitigação foi alcançado. A robustez, o nível de integridade e o nível de garantia podem assumir três níveis: nível baixo, nível médio e nível alto.

O nível de garantia corresponde a:

- Nível baixo: Quando o operador simplesmente declara que o nível de integridade foi alcançado;
- Nível médio: Quando o operador fornece evidências de apoio que o nível de integridade foi alcançado. Normalmente estas evidências são obtidas por meio de testes;
- Nível alto: Ocorre quando a integridade alcançada é aceitável por uma entidade terceira competente.

Na Tabela 6 podemos observar como fica definida a robustez segundo o nível de integridade e o nível de garantia, tendo em conta que o nível de robustez será sempre o nível mais baixo entre o nível de integridade e o nível de garantia.

*Tabela 6 – Níveis de robustez*

	Garantia baixa	Garantia média	Garantia alta
Integridade baixa	Robustez baixa	Robustez baixa	Robustez baixa
Integridade média	Robustez baixa	Robustez média	Robustez média
Integridade alta	Robustez baixa	Robustez média	Robustez alta

### 5.3 Metodologia SORA

A metodologia SORA segue um conjunto de dez passos. Os aspetos considerados nesta análise de risco estão baseados nas linhas gerais que recorre à ICAO no documento N°9859 de gestão de segurança operacional [47], personalizados para a metodologia SORA e enunciados a seguir:

1. Identificação de ameaças;
2. Determinar os perigos e estabelecer consequências/danos;
3. Designar probabilidade de ocorrência e a severidade no caso de ocorrerem;
4. Estabelecer o risco;
5. Determinar quando se considera o nível de risco aceitável;
6. Estabelecer as mitigações necessárias para este risco.

A metodologia SORA concentra-se na avaliação do risco terrestre e do risco aéreo e ainda da infraestrutura crítica. Na Figura 43 temos então a descrição dos dez passos utilizados nesta metodologia [46].

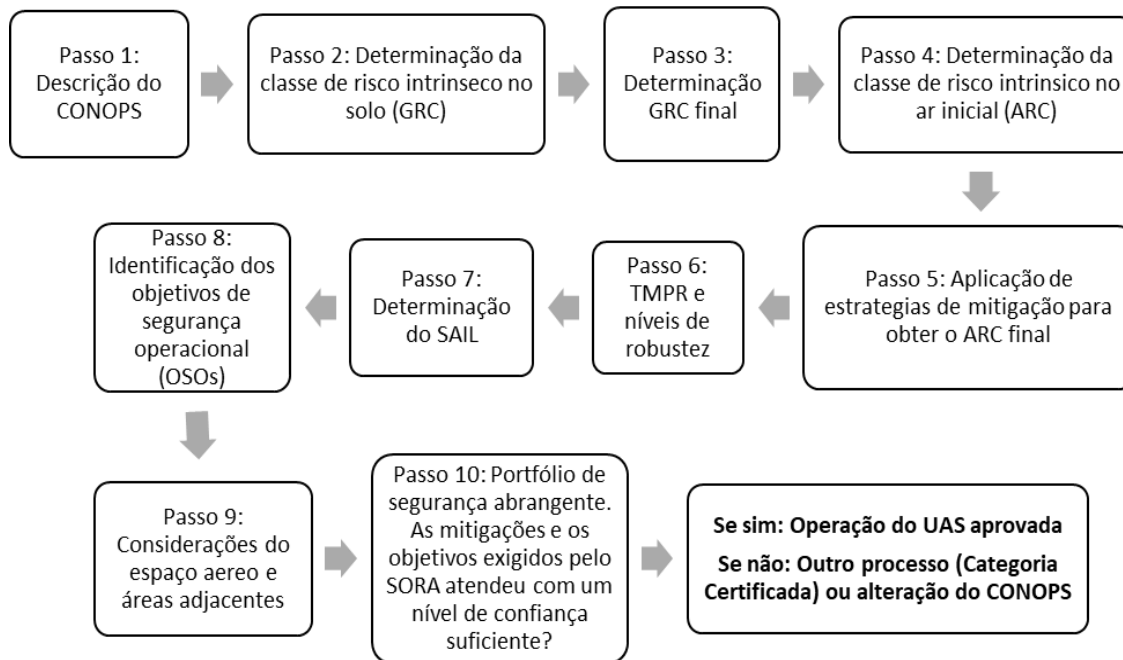


Figura 43 – 10 passos da metodologia SORA

### 5.3.1 Descrição do CONOPS

O CONOPS é um componente crítico do processo SORA para avaliar o risco associado à operação de um UAS. Ele serve como base para todas as outras atividades no processo de avaliação de riscos e deve ser abrangente, preciso e detalhado. O CONOPS não deve apenas descrever a operação pretendida do UAS, mas também fornecer informações sobre a cultura de segurança operacional do operador. Isto inclui informações sobre como o operador planeja gerir e mitigar os riscos associados à operação, bem como quais serão os procedimentos operacionais padrão, os programas de treino e procedimentos de avaliação de risco. O CONOPS também deve destacar o compromisso do operador com a segurança e conformidade com os regulamentos e diretrizes relevantes. Além disso, o CONOPS deve incluir detalhes sobre como e quando o operador planeja interagir com o provedor de serviços de navegação aérea. Isto inclui informações sobre procedimentos de comunicação, processos de coordenação e quaisquer outras interações que possam ser necessárias durante a operação do UAS, como obtenção de autorizações necessárias, partilha de informações de voo e coordenação de procedimentos de resposta a emergências. O CONOPS deve ser o mais preciso e detalhado possível, fornecendo uma compreensão clara da operação UAS pretendida e a abordagem do operador para gerir os riscos associados à operação. Deve ser baseado em informações técnicas, operacionais e de sistema sólidas, recolhidas e apresentadas de acordo com a estrutura fornecida no Anexo A do documento SORA. Um CONOPS completo e bem documentado ajudará a garantir uma

avaliação de risco abrangente e precisa, levando à tomada de decisões informadas e operações seguras de UAS.

Deve também ser definida a altura máxima das operações, o tipo de operação (VLOS, BVLOS), o período do dia da realização da operação (dia ou de noite), o horário aproximado dos voos, a tipologia do espaço aéreo bem como a tipologia da área do terreno, características da aeronave e equipamentos a serem utilizados bem como a definição do volume operacional, *Ground Risk buffer* e *Air Risk buffer*. É um processo iterativo pois, à medida que a metodologia é aplicada, podem ser identificados novos riscos ou novas medidas de mitigação que exijam novos recursos técnicos, operacionais ou qualquer outro relevante. O objetivo final é ter-se um CONOPS que defina e descreva perfeitamente a operação a ser executada.

### 5.3.2 Determinação da classe de risco intrínseco no solo (GRC)

A descrição detalhada da missão é um fator importante para determinar a classe de risco intrínseco de colisão no solo inicial. Derivado da operação prevista e da área letal do UAV, o risco intrínseco no solo é determinado por meios qualitativos e não quantitativos através da avaliação subjetiva da missão pretendida e das características físicas do UAV, nomeadamente a dimensão característica máxima e a velocidade máxima de voo. A classe de risco intrínseco no solo é obtida através do cruzamento da dimensão característica máxima do UAV com a sua energia cinética que pode ser representado através da Tabela 7 numa escala de um a oito em que oito é o nível máximo de risco intrínseco no solo. A determinação da energia cinética é efetuada através da seguinte fórmula:

$$E_{cinetica} = \frac{mV^2}{2} \quad (8)$$

sendo V a velocidade máxima de voo no caso de aeronaves de asas fixas, mas pode ser representado por  $V_{terminal} = \sqrt{\frac{2mg}{C_d\rho A}}$  para aeronaves de asas rotativas

onde m é a massa máxima à descolagem (MTOM) do UAS e  $V_{terminal}$  é a velocidade terminal de voo.

Tabela 7 – Identificação da classe de risco intrínseco

Dimensões características Máxima	1m	3m	8m	≥8m
Energia cinética estimada	<700J	<34kJ	<1084kJ	>1084kJ
<b>Cenários operacionais</b>				
VLOS/BVLOS sobre área controlada do solo	1	2	3	4
VLOS em ambiente pouco povoado	2	3	4	5
BVLOS em ambiente pouco povoado	3	4	5	6
VLOS em ambiente povoado	4	5	6	8
BVLOS em ambiente povoado	5	6	8	10
VLOS sobre um conjunto elevado de pessoas	7	NA	NA	NA
BVLOS sobre um conjunto elevado de pessoas	8	NA	NA	NA

### 5.3.3 Determinação do GRC final

O GRC final é determinado pela redução do GRC intrínseco através de medidas de mitigação. Existem três tipos de mitigação M1, M2 e M3 como identificado na Tabela 8 [48]. A redução de GRC para cada mitigação é avaliada com base no nível de integridade e nível de segurança conceitos integrados na robustez. As mitigações M1 referem-se às estratégias utilizadas para diminuir a densidade populacional na área incluindo medidas de contenção, redução do tempo de operação e o controlo da área do terreno. As mitigações M2 referem-se às medidas para diminuir o impacto do UAS com o solo após perda total de controlo que pode levar a um acidente. As mitigações M2 estão relacionadas com os equipamentos externos que reduzem o risco no solo que podem ser sistemas para o término seguro de voo tais como *Flight Termination System* (FTS) ou sistemas de limitação da energia de impacto. As mitigações M3 referem-se às medidas de aplicação de um plano de resposta a emergências para atender as situações de perda de controlo que não podem ser tratadas pelos procedimentos de contingência e levam a perigos graves e iminentes de fatalidades. O plano de resposta a emergências é documentado num capítulo próprio do manual de operações. O GRC final é determinado pela disponibilidade dos três tipos de mitigação na operação: um número positivo refere-se a um aumento do GRC, enquanto um número negativo resulta numa diminuição do GRC. Todas as mitigações devem ser aplicadas numa sequência de números para realizar a avaliação. Se o GRC final for superior a 7 deve utilizar-se outra metodologia, alterar-se o CONOPS ou operar-se em categoria certificada.

Tabela 8 – Mitigações de risco no solo

Sequencia de mitigação	Mitigações para o risco no solo	Robustez		
		Baixo/nenhum	Medio	Alto
1	M1: Mitigações estratégicas para o risco no solo	0: Nenhum -1: baixo	-2	-4
2	M2: Efeitos de impacto no solo são reduzidos	0	-1	-2
3	M3: Um Plano de Resposta a Emergências em vigor, eficaz e validado pelo operador	1	0	1

Tabela 9 - Determinação da classe de risco no ar inicial

	AEC	Espaço aéreo Operacional	ARC
	1	Operações acima de 150m do solo em volta de	d

		um aeroporto	
Operações em espaço aéreo acima de 150m do solo	2	Operações acima de 150m do solo em um TMZ	d
	3	Operações acima de 150m do solo em espaço aéreo controlado	d
	5	Operações em espaço aéreo não controlado fora de zonas urbanas	c
Outros	11	Operações acima de FL600	b
Operações em espaço aéreo abaixo de 150m do solo	6 <sup>a</sup>	Operações abaixo de 150m do solo em volta de um aeroporto e de um espaço aéreo de classe B, C e D	d
	6b	Operações abaixo de 150m do solo em volta de um aeroporto e de um espaço aéreo de classe E, F e G sobre zonas urbanas	c
	6c	Operações abaixo de 150m do solo em volta de um aeroporto e de um espaço aéreo de classe F ou G fora de zonas urbanas	b
	7	Operações em uma TMZ ou classe F e G	c
	8	Operações em espaço aéreo controlado abaixo de 150m do solo	c
	9	Operações em espaço aéreo controlado abaixo de 150m do solo em zonas urbanas	c
	10	Operações em espaço aéreo não controlado abaixo de 150m do solo e fora de zonas urbanas	b
	12	Operações em espaço aéreo atípico	a

#### 5.3.4 Determinação do risco intrínseco inicial de colisão no ar (ARC inicial)

Tal como no passo 2 determina-se o risco intrínseco no solo, deve também determinar-se o risco intrínseco no ar através da Tabela 9 de modo a determinar a classe de risco no ar (ARC) que mede o nível de risco de colisão do UAS com outras aeronaves pertencentes ao espaço aéreo. O ARC é uma classificação qualitativa da probabilidade de um UAS encontrar aeronaves tripuladas em espaço aéreo civil [49] que pode ser modificado/reduzido com a implementação

de medidas de mitigação estratégicas e táticas. Um exemplo de estratégias de mitigação é operar em períodos e horários em que sabemos que o espaço aéreo não tenha utilizadores. No caso das mitigações táticas podemos falar nos sistemas possíveis de serem instalados no UAS de modo a reduzir a classe do risco. Para a determinação do risco intrínseco inicial de colisão no ar devemos estabelecer a categoria de encontro num espaço aéreo (AEC) que define que o espaço aéreo se encontra categorizado em treze categorias de encontro no espaço aéreo (AEC). Para a definição destas categorias tem-se em conta os seguintes aspetos:

- Altitude;
- Espaço aéreo controlado versus espaço aéreo não controlado;
- Presença de aeroporto/heliporto versus ambientes não aeroportuários/não heliporto;
- Espaço aéreo sobre ambientes urbanos versus rurais;
- Espaço aéreo atípico versus espaço aéreo típico.

Deve ter-se em conta que durante a operação o UAS pode passar por diferentes AEC e, portanto, deve ser analisado o risco por cada zona de operação.

O ARC-a é definido como o espaço aéreo onde o risco de colisão entre um UAS e uma aeronave tripulada é aceitável sem qualquer aplicação de medida de mitigação. O ARC-b, ARC-c e ARC-d já são espaços aéreos em que o risco de colisão de um UAS com uma aeronave tripulada aumenta gradativamente.

### **5.3.5 Aplicação de mitigações estratégicas para a determinação do ARC final (Opcional)**

Como foi dito anteriormente o ARC inicial é uma classificação qualitativa da probabilidade de um UAS encontrar uma aeronave tripulada pertencente ao espaço aéreo. O objetivo desta fase passa por reduzir o risco de colisão do UAS com outras aeronaves por aplicação de mitigações estratégicas que podem ser através de restrições operacionais ou estruturas e regras. As restrições operacionais podem ser implementadas pelo operador de modo a reduzir o ARC inicial através da limitação do tempo de operação, limitação dos limites operacionais e/ou tornando a operação previsível para outros utilizadores do espaço aéreo. Dependendo da estrutura do espaço aéreo da operação prevista, diferentes regras de voo são aplicadas à operação e são aplicáveis a outras aeronaves que utilizam aquele espaço aéreo local. O operador/requerente não tem influência neste tipo de mitigação estratégica. Portanto, a aplicação é válida apenas para operações em espaço aéreo abaixo de 150m do solo, em AEC 6<sup>a</sup>, 6b, 6c, 7, 8, 9 e 10. Se a operação for realizada dentro do AEC mencionado acima, a fim de reduzir o ARC final a um nível abaixo, devem ser implementadas as seguintes medidas:

- Estar equipado com sistemas eletrónicos cooperativos e luzes anticolisão;
- Ter um procedimento para verificar o tráfego aéreo durante a operação;
- Ter um procedimento para notificar os outros utilizadores do espaço aéreo da operação planeada;

- Ter um procedimento para verificar a notificação de eventos não programados de uso imprevisto do espaço aéreo de aeronaves pesadas tripuladas.

### 5.3.6 Requisito de desempenho de mitigações táticas (TMPR) e níveis de robustez

As mitigações táticas são implementadas para reduzir ainda mais o risco de colisões no ar no espaço aéreo, a fim de atender aos objetivos de segurança. Uma medida é considerada como uma mitigação tática quando se trata de um procedimento ou decisão estabelecida num curto período durante a operação, com o objetivo de reduzir o risco por meio do conceito “ver, decidir, evitar e relatar” (ciclo SDAF, da sigla em inglês, que significa *See, Decide, Avoid and Feedback Loop*) [46]. Essas medidas são implementadas em tempo real durante a operação para tomar decisões e evitar possíveis colisões e são baseadas na capacidade dos pilotos ou operadores de observar o ambiente, tomar decisões informadas, evitar situações de risco e fornecer feedback para melhorar a segurança.

Essas mitigações podem ser categorizadas em dois tipos: operações “*See and Avoid*” conduzidas sob linha de vista (VLOS) ou através do uso de sistemas alternativos, como *Detect and Avoid* (DAA) ou vários sistemas DAA, para atingir o objetivo de segurança.

#### 5.3.6.1 Operações “See and Avoid” conduzidas sob a linha de vista

Uma operação em linha de vista é sempre considerada uma mitigação tática aceitável para o risco de colisão para todos os níveis de ARC. Apesar disso, o operador é aconselhado a considerar meios adicionais para aumentar a consciência situacional relativamente ao tráfego aéreo. Os voos operacionais sob a linha de vista não precisam atender ao TMPR nem o TMPR aos requisitos de robustez. O mesmo se aplica a voos com vários segmentos sob a linha de vista.

#### 5.3.6.2 Sistemas alternativos DAA

Para operações fora da linha de vista deve utilizar-se o ARC final e a Tabela 10 de modo a determinar o TMPR.

Tabela 10 – Determinação TMPR

ARC Final	TMPR	TMPR Nível de robustez
ARC- d	Alto	Alto
ARC-c	Médio	Médio
ARC-b	Baixo	Baixo
ARC-a	Não requerido	Não requerido

- Alto TMPR (ARC-d): Este TMPR corresponde ao espaço aéreo em que a taxa de encontro com aeronaves tripuladas é elevada e/ou as mitigações estratégicas disponíveis são baixas, logo os

sistemas de UAS devem operar em conformidade com as regras e procedimentos aplicáveis ao espaço aéreo integrado, sem reduzir a capacidade existente, diminuir a segurança, afetar negativamente as operações atuais com aeronaves tripuladas ou aumentar o risco para usuários do espaço aéreo ou pessoas e propriedades no solo. A integração de novas tecnologias, como os UAS, na aviação tripulada requer o cumprimento dos mesmos padrões de segurança e desempenho que as tecnologias já existentes. Neste TMPR a autoridade competente acaba por exigir a integração de sistemas de Detection and Avoid.

- Médio TMPR (ARC-c): Este TMPR corresponde ao espaço aéreo em que a taxa de encontro com aeronaves tripuladas é razoável e as estratégias de mitigação existentes são médias. Operações com um médio TMPR devem ser suportadas por sistemas que atualmente são utilizados na aviação de modo a auxiliar o piloto na detecção de outras aeronaves tripuladas ou até as manobras do piloto para evitar o tráfego aéreo podem ser mais elevadas que em baixo TMPR de modo a evitar qualquer colisão, como por exemplo, o desvio da rota de voo.

- Baixo TMPR (ARC-b): Este TMPR corresponde ao espaço aéreo em que a taxa de encontro com aeronaves tripuladas é baixa, mas não negligenciável e/ou as mitigações estratégicas cobrem a maioria dos riscos e, portanto, o ARC final será baixo. Nas operações com o TMPR baixo, o piloto deve ser auxiliado com sistemas de detecção de outras aeronaves, mas com padrões menores.

- Sem TMPR (ARC- a): Este TMPR corresponde ao espaço aéreo em que a taxa de encontro com aeronaves tripuladas é muito baixa e, portanto, o TMPR é considerado como não requerido. É o espaço aéreo em que o risco de colisão entre o UAS e uma aeronave tripulada é aceitável sem a necessidade de implementação de mitigações táticas.

### 5.3.7 Determinação do SAIL

O SAIL representa o nível de confiança de que a operação se encontra sob controlo. Este combina o *Ground Risk Class* com o *Air Risk Class*. O SAIL não é quantitativo, mas ao invés disso corresponde a:

- Objetivos de segurança operacional (OSO) a serem cumpridos;
- Descrição das atividades que podem apoiar o cumprimento desses objetivos;
- Evidência que indica que esses objetivos foram cumpridos.

O SAIL correspondente ao CONOPS apresentado e às medidas de mitigação aplicadas no passo 3, 5 e 6 é representado na Tabela 11.

Determinação SAIL				
ARC Final				
GRC Final	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI

Tabela 11 –  
SAIL

5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Categoria Certificada			

Determinação do

### 5.3.8 Identificação dos objetivos de segurança operacional

O último processo baseia-se na utilização do SAIL para avaliar as defesas dentro da operação na forma de objetivos de segurança operacional (OSOs) e determinar o nível de robustez associado. Na Tabela 12 é representada a lista de todos os OSOs mais comuns que historicamente são usados para assegurar a segurança da operação. Estes são divididos em quatro categorias principais, como problemas técnicos relacionados com o UAS, deterioração de sistemas externos que suportam a operação do UAS, erro humano e condições de operação adversas. Nesta tabela O é opcional, L é recomendado com baixa robustez, M é recomendado com robustez média e H é recomendado com robustez alta.

Tabela 12 – Objetivos de Segurança operacional através do SAIL

OSO		SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
#01	Certificar de que o operador do UAS é competente	O	L	M	H	H	H
#02	UAS fabricado por entidade competente e/ou comprovada	O	O	L	M	H	H
#03	UAS mantido por entidade competente e/ou comprovada	L	L	M	M	H	H
#04	UAS desenvolvido para padrões de design reconhecidos pela autoridade	O	O	O	L	M	H
#05	O UAS é projetado considerando a segurança e a confiabilidade do sistema	O	O	L	M	H	H
#06	Link C3 é apropriado para a operação	O	L	L	M	H	H
#07	Inspeção do UAS para assegurar consistência com o CONOPS	L	L	M	M	H	H
#08	Procedimentos operacionais são definidos, validados e respeitadas	L	M	H	H	H	H
#09	Tripulação remota treinada e atualizada e capaz de controlar uma situação anormal	L	L	M	M	H	H
#10	Recuperação segura em caso de um	L	L	M	M	H	H

	problema técnico						
#11	Existem procedimentos para lidar com a deterioração dos sistemas externos que suportam as operações UAS	L	M	H	H	H	H
#12	O UAS é projetado para gerenciar a deterioração dos sistemas externos que suportam as operações do UAS	L	L	M	M	H	H
#13	Os serviços externos de suporte às operações do UAS são adequados para a operação	L	L	M	H	H	H
#14	Procedimentos operacionais definidos, validados e respeitados	L	M	H	H	H	H
#15	Tripulação remota treinada e capaz de controlar a situação anormal	L	L	M	M	H	H
#16	Coordenação <i>Multi-Crew</i>	L	L	M	M	H	H
#17	Tripulação remota está apta para operar	L	L	M	M	H	H
#18	Proteção automática do envelope de voo contra erro humano	O	O	L	M	H	H
#19	Recuperação segura em caso de erro humano	O	O	L	M	M	H
#20	Uma avaliação de fatores humanos foi realizada e a interface homem-máquina (HMI) é considerada apropriada para a missão	O	L	L	M	M	H
#21	Os procedimentos operacionais são definidos, validados e respeitados	L	M	H	H	H	H
#22	A tripulação remota é treinada para identificar condições ambientais críticas e evitá-las	L	L	M	M	M	H
#23	As condições ambientais para operações seguras são definidas, mensuráveis e respeitadas	L	L	M	M	H	H
#024	UAS projetado e qualificado para condições ambientais adversas	O	O	M	H	H	H

### 5.3.9 Considerações do espaço aéreo/área adjacente

O objetivo desta fase é mitigar o risco associado à perda de controle da operação de um UAS que poderia resultar numa violação das áreas adjacentes no solo e/ou espaço aéreo adjacente. É

importante observar que essas áreas podem variar dependendo das diferentes fases de voo do UAS. Para garantir a segurança durante as operações do RPAS, é importante considerar o potencial impacto em áreas adjacentes no solo e no ar. Isso inclui o risco de colisões com outras aeronaves, interferência nos sistemas de comunicação e possíveis danos a pessoas, propriedades ou ao meio ambiente.

Neste caso devemos garantir que:

- A probabilidade de saída do volume operacional seja inferior  $10^{-4}/HV$ ;
- Nenhuma falha do UAS ou de qualquer sistema externo de suporte à operação deve levar à operação fora do buffer de risco de solo;
- *Software* (SW) e *Hardware* Eletrónico transportados no UAS (AEH) cujo(s) erro(s) de desenvolvimento possam levar diretamente a operações fora do buffer de risco terrestre devem ser desenvolvidos de acordo com um padrão ou metodologia do setor reconhecido como adequado pela autoridade competente.

### **5.3.10 Portfolio de Segurança abrangente**

A metodologia SORA fornece ao requisitante, à autoridade nacional e ao provedor do serviço de navegação aérea uma metodologia que apresenta um conjunto de mitigações e objetivos de segurança de modo a assegurar um nível de confiança na realização da operação. Todos os passos do SORA devem ser detalhados no Manual de Operações que é o documento onde ficam descritas todas as informações da operação bem como as mitigações e objetivos de segurança considerados.

## **5. 4 Manual de operações**

O Manual de Operações [43] segue o índice representado na Figura 44 que se encontra disponível no site da ANAC e é constituído por dez capítulos. Deve conter as informações da avaliação de risco segundo os passos da metodologia SORA e de todos os processos inerentes (CONOPS, Procedimentos normais, procedimentos de contingência, procedimentos de emergência e etc..).

## Contents

0. Capa e contatos <i>Cover and contact</i> .....	3
0.1 Capa identificando o operador de UAS com o título ‘Manual de operações’, informação de contato e número de revisão do OM <i>Cover identifying the UAS operator with the title ‘Operations Manual’, contact information and OM revision number</i> .....	3
0.2 Índice <i>Table of contents</i> .....	3
1. Introduction .....	3
2. Description of the UAS operator’s organisation (include the organigram and a brief description thereof) .....	5
3. Concept of operations (ConOps) .....	6
4. Normal procedures; .....	7
4.1 General procedures valid for all operations .....	7
4.2 Procedures peculiar to a single operation .....	7
5. Contingency procedures .....	8
5.1 General procedures valid for all operations .....	8
5.2 Procedures peculiar to a single operation .....	8
6. Emergency procedures .....	9
7. Emergency response plan (ERP) (optional) .....	10
9. Guidelines to minimise nuisance and environmental impact referred to in UAS.SPEC.050 (a)(v);	12
10. Occurrence reporting procedures according to Regulation (EU) No 376/2014 .....	13

Figura 44 – Índice Manual de Operações [43]

### 1 – Introdução

Definições, acrónimos e abreviaturas

### 2- Descrição da organização do operador de UAS

Neste capítulo deve ser descrita a estrutura da organização do operador com a apresentação dos diferentes departamentos existentes e, caso exista, a indicação dos responsáveis de cada departamento. Devem também ser descritos os deveres e responsabilidades das pessoas presentes na operação declarando explicitamente as funções sobrepostas e ainda os meios de contacto com os participantes da operação através da Tabela 13. A operação deve conter pelo menos um Coordenador do UAS e um piloto remoto, podendo também conter copiloto e observadores.

Tabela 13 – Dados de contacto das pessoas presentes na operação

Posição	Nome	Telemóvel	Email
Coordenador UAS			
Piloto remoto			
Observador			

### 3- Conceito de operações

Deve ser feita a descrição do CONOPS como descrito no passo 1 da metodologia SORA.

#### 4- Procedimentos normais

Neste capítulo devem ser elaborados os procedimentos pré-voo, ou seja, todos os procedimentos que antecedem o voo que inclui o planeamento prévio da operação com a definição do volume operacional e a avaliação das zonas de risco no solo e no ar. Também fixamos o estudo do ambiente, as condições ambientais, o pessoal para cada tarefa, os trabalhos de comunicação e as tarefas de lançamento e recuperação. Em suma, deve considerar-se qualquer fator importante durante a operação regular do voo. Nesta fase devem também ser definidos os procedimentos durante o voo e procedimentos após o voo com as responsabilidades de todos os elementos durante cada uma destas fases na operação [50].

#### 5- Procedimentos de contingência

Neste capítulo devem ser incluídas e identificadas as medidas preventivas a seguir. Como os procedimentos para lidar caso o UAS saia da área de voo, situações com pessoas em áreas terrestres, condições adversas ou deterioração dos sistemas de suporte. Desta forma, incluímos qualquer fator determinante na prevenção de acidentes em cenários que não podemos prever antes de voar o UAS.

#### 6- Procedimentos de emergência

É importante que os procedimentos de emergência sejam específicos para cada tipo de UAS. É responsabilidade do pessoal envolvido na operação de ser proficiente com o manual operacional da aeronave antes da realização da operação em si. Além disso, é recomendado que o pessoal envolvido prepare uma lista de verificação de emergência para os casos de emergência. O piloto remoto deve estar sempre preparado para executar um procedimento de emergência nos casos em que há perda de comunicação, perda de GPS ou existam outras aeronaves ou obstruções na trajetória de voo [51]. Ele/ela deve informar o restante pessoal antes do início das operações sobre procedimentos de emergência e ter um local de aborto de missão para aterragem no caso de uma emergência. Depois de a aeronave aterrar com segurança, deve ser feito o registo do procedimento de emergência realizado e as consequências que este procedimento causou no LEEUAV.

#### 7- Plano de resposta a emergências

O operador deve, se aplicável, desenvolver, coordenar, e manter um plano de resposta a emergências que assegure a transição ordenada e segura da operação normal para uma emergência e ainda, se possível, o retorno à situação de operação normal. O plano de resposta a emergências deve incluir as ações a serem tomadas pelo operador do UAS ou indivíduos especificados numa emergência e indicar o tamanho, natureza e complexidade das atividades a serem realizadas pelo operador do UAS ou pelos indivíduos especificados de acordo com [52].

Para que o plano de resposta a emergências seja efetivo deve:

- ser apropriado ao tamanho, natureza e complexidade da operação UAS;

- ser facilmente acessível por todas as pessoas relevantes e por outras entidades, quando aplicável;
- incluir procedimentos e listas de verificação relevantes para emergências diferentes ou específicas;
- definir claramente as responsabilidades e funções de todas as pessoas relevantes em emergências;

#### 8 – Security

Neste capítulo devem ser definidos os procedimentos e responsabilidades sobre como implementar meios de segurança, incluindo procedimentos para garantir que os requisitos de segurança aplicáveis à área de operações são implementados na operação e uma descrição das medidas a considerar em caso de atos de interferência ilícita.

#### 9- Orientações para minimizar os incómodos e impactos ambientais

Neste capítulo devem ser identificados os diferentes impactos ambientais possíveis de ocorrer na operação do LEEUAV e ainda ser apresentado um plano para mitigação destes impactos [52].

#### 10 – Procedimentos de reporte de ocorrências de acordo com o Regulamento (EU) No 376/2014 [53].

# Capítulo 6

## Aplicação categoria específica

Neste capítulo é realizado a aplicação da categoria específica através da preparação dos documentos para obter a autorização operacional por parte da ANAC. O capítulo apresenta o desenvolvimento do manual de operações que contém a análise de riscos segundo a metodologia SORA com a identificação e preenchimento de todos os capítulos sugeridos pelo *template* da ANAC, e foi elaborado com o objetivo de identificar os processos e os sistemas necessários de implementar no LEEUAV de modo a obter a validação da autorização operacional de forma a deixar qualquer futuro utilizador preparado para operar. Para além do desenvolvimento dos documentos, é necessário seguir os passos enunciados no capítulo 4 que inclui o registo de operador, realização do pedido de autorização na AAN e realização da formação A1/A3.

### 6.1 Desenvolvimento do Manual de operações

#### 6.1.1 Descrição da organização do operador de UAS

A Universidade da Beira Interior (UBI) é uma Universidade Publica localizada na Covilhã em Portugal que apresenta vários departamentos de ensino nomeadamente o departamento de ciências aeroespaciais (DCA) que apresenta a necessidade de realizar as operações com o LEEUAV. A UBI encontra-se regista como operador remoto coletivo responsável por todas as atividades de operação, pelo estabelecimento de protocolos de coordenação e pelo conhecimento do quadro legal em Portugal. Dentro desta organização apresenta a estrutura representada na Figura 45 relativamente às pessoas envolvidas na operação do LEEUAV:

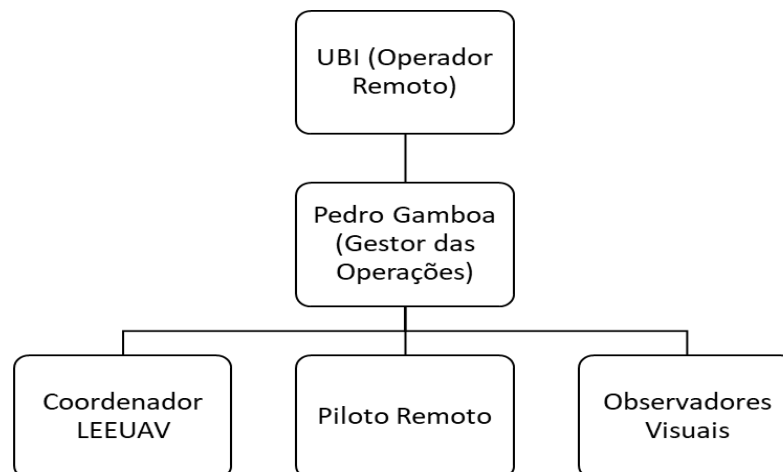


Figura 45 - Estrutura da Organização

### 6.1.1.1 Competência, deveres e responsabilidades do pessoal envolvido na operação

Nesta fase será explicado as competências, deveres e responsabilidades do pessoal envolvido na operação sendo que o nº de elementos envolvidos e o método de realização da operação e ainda a confirmação dos quadros legais será definido pelo Gestor de operações, a seguir será explicado as diferentes funções disponíveis segundo a Tabela 14.

Tabela 14 – Contactos do Pessoal de operação

Posição	Nome	Telemóvel	Email
<b>Coordenador LEEUAV</b>			
<b>Piloto remoto</b>			
<b>Observadores</b>			

#### Coordenador LEEUAV

- Reporta ao Gestor de operações;
- Está familiarizado com a legislação aplicável, tanto europeia como nacional, no domínio da operação de um UAS;
- Possui a capacidade de comunicar todas as informações inerentes da legislação aos membros da equipa;
- Desenha, implementa e realiza alterações no Manual de Operações. Estabelece, em conjunto com a equipa, procedimentos e limitações adequadas ao tipo de operação e aos riscos envolvidos, incluindo (mas não se limitando a):
  - procedimentos operacionais para garantir a segurança das operações;
  - ou medidas de proteção contra interferência ilícita e acesso não autorizado;
  - o procedimento para garantir que todas as operações cumpram o Regulamento (EU) 2016/679 sobre a proteção de indivíduos no que diz respeito ao processamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados;
  - Orienta os pilotos remotos na execução de operações de UAS, de forma a minimizar transtornos para humanos e animais;
- Realiza uma avaliação de impacto na proteção de dados a pedido da autoridade nacional de proteção de dados nos termos do artigo 35.º do Regulamento (EU) 2016/679;
- Obtém licenças de voo ou outros documentos similares necessários para autorizar a operação do UAS;
- Planeia a atividade dos pilotos remotos e qualquer outro pessoal em campo;

- Designa funções para o pessoal de campo, incluindo piloto remoto e copiloto, para cada voo e garante que, em todas as fases da operação, as responsabilidades e tarefas sejam devidamente atribuídas de acordo com a legislação aplicável;
- Elabora o calendário de voo e o atualiza quantas vezes for necessário;
- Avalia a conformidade da operação com a legislação em vigor e os procedimentos de trabalho;
- Assegura que, antes de realizar as operações, o piloto remoto, copiloto e demais pessoal de campo atendem a todos os requisitos operacionais, de acordo com a legislação vigente e procedimentos internos;
- Assegura que, antes de realizar as operações, o piloto remoto, copiloto e demais pessoal de campo tenham sido informados sobre o Manual de Operações e demais procedimentos internos;
- Gere o registo do LEEUAV de acordo com a legislação vigente;
- Garante que todos os equipamentos têm a manutenção em dia;
- Prepara o equipamento, verifica o seu funcionamento e assegura que o UAS se encontra num estado que permite a realização do voo em segurança e, se necessário, verifica se a identificação do nº de serie está anexada ao LEEUAV;
- Realiza o desenvolvimento da missão no *software* próprio (Mission Planner) e o carregamento no controlador de voo Pixhawk, incluindo a implementação do *failsafe*, *Geofencing* e procedimentos de contingência;
- Prepara os voos de teste;
- Estabelece contacto com as entidades que necessitam de conhecimento do voo;
- Contrata um seguro de responsabilidade civil;
- Preenche uma lista de verificação Pós-voo.

### Piloto remoto

- Fornece respostas e relatórios ao Coordenador do LEEUAV e ao Gestor de operações;
- Está familiarizado com a legislação aplicável, tanto europeia como nacional, no domínio da operação de um UAS;
- Conhece o Manual de Operações e todos os demais procedimentos internos;
- Possui as habilidades de pilotagem remota adequadas à operação de acordo com a legislação em vigor, incluindo:
  - Certificado de piloto A1 & A3 e A2;
  - Conhece as instruções relativamente aos equipamentos utilizados;
  - Esteja familiarizado com a dinâmica de voo dos UAS;
- Assegura que, antes da realização das operações, dispõe de todos os documentos necessários à realização das operações, de acordo com a legislação em vigor;
- Preenche e assina uma declaração sob a sua responsabilidade, segundo a qual não exerce funções sob o efeito de substâncias psicoativas ou álcool (Anexo D);
- Notifica o Coordenador do UAS quando ele ou ela é incapaz de desempenhar suas funções devido a lesões corporais, fadiga, medicação, doença ou outras causas;

- Executa a operação do LEEUAV de acordo com o Manual de Operações e procedimentos internos, incluindo:
  - Verificar as condições meteorológicas de forma a realizar os voos em condições ótimas e seguras;
  - Obter informação atualizada sobre as áreas geográficas definidas nos termos do artigo 15.º do Regulamento (EU) 2019/947;
  - Anunciar cada voo de acordo com a legislação aplicável. Garante que as informações sobre a operação sejam disponibilizadas aos serviços de tráfego aéreo (ATS) relevantes, outros usuários do espaço aéreo e partes interessadas relevantes, de acordo com os requisitos das condições de operação ou condições publicadas pelo Estado Membro para as áreas geográficas definidas de acordo com o artigo 15.º do Regulamento (EU) 2019/947;
  - Preencher uma lista de verificação pré-voo;
  - Realizar uma inspeção pré-voo do UAS;
  - Realizar voos de teste em categoria aberta;
  - Executar o voo;
  - Ajudar no preenchimento de uma lista de verificação pós-voo;
  - Concluir uma inspeção pós-voo do UAS;
  - Cumprir os procedimentos de contingência e emergência descritos;
  - Cancelar a operação se as condições externas (clima, interferência no campo, etc.) justificarem.

#### Observador

- Responde e questiona o operador LEEUAV;
- Responde e questiona em campo o Piloto Remoto e o Coordenador LEEUAV;
- Está familiarizado com a legislação aplicável, tanto europeia como nacional, no domínio da operação de um UAS;
- Conhece o Manual de Operações e todos os demais procedimentos internos;
- Está familiarizado com as instruções do relativamente ao equipamento utilizado;
- Esteja familiarizado com a dinâmica de voo do LEEUAV;
- Compreende os riscos envolvidos nas operações de campo de UAS (clima, problemas mecânicos, interferência em campo etc.);
- Sabe a todo o momento a posição do LEEUAV;
- Verifica constantemente o espaço aéreo ao redor do LEEUAV para identificar qualquer risco de invasão do espaço aéreo;
- Alerta o piloto remoto da existência de qualquer risco ou perigo potencial e ajuda a evitar ou minimizar potenciais efeitos adversos;
- Mantém uma comunicação clara e eficiente com o piloto remoto em todos os momentos.

## 6.1.2 Conceito de Operações (CONOPS)

### 6.1.2.1 Natureza da Operação e Riscos Associados

O objetivo do estudo e da realização das operações associadas é testar a autonomia do Long Endurance Electric Unmanned Aerial Vehicle (LEEUAV) em duas condições diferentes que são o teste da autonomia com o LEEUAV utilizando a sua velocidade máxima e o teste de autonomia com o LEEUAV a operar em um modo de gestão de energia (Velocidade mais reduzida). As operações serão realizadas maioritariamente em BVLOS, devido á complexidade da missão a descolagem será feita manualmente pelo piloto remoto no Aeroclube da Covilhã e as operações de cruzeiro e aterragem serão efetuadas de forma automática. As operações serão realizadas em horário diurno com um percurso definido para a realização de uma viagem de ida e volta.

Devido às características do LEEUAV as operações devem ser realizadas em condições ambientais ótimas, ou seja, a céu limpo e com vento reduzido de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15 – Condições ambientais

Condições ambientais	Limitação
<b>Hora do dia</b>	Diurno
<b>Temperatura máxima</b>	40°
<b>Temperatura mínima</b>	-5°
<b>Precipitação</b>	Sem precipitação e sem neve
<b>Humidade</b>	<97%
<b>Vento</b>	15m/s

### 6.1.2.2 Ambiente Operacional e área geográfica para a operação pretendida

A operação pretendida será realizada entre a Covilhã e o aeródromo de Castelo Branco em que inicialmente é importante definir os valores mínimos para a geografia de voo, o volume de contingência e o *Ground Risk buffer*.

#### Geografia de voo

A geografia de voo é um volume definido por consideração do operador devendo apenas cumprir os seguintes requisitos mínimos:

$$S_{GV} \geq 3CD \quad H_{GV} \geq 3CD$$

Relativamente á altura da geografia de voo devido à existência de alguns picos montanhosos no percurso pretendido consideramos uma altura mínima de voo de 350m relativamente ao ponto de descolagem.

### Volume de contingência

Para obter o volume de contingência vertical mínimo é aplicado a seguinte formula:

$$V_{CV} = S_{GPS} + S_{pos} + S_k + S_{DR} + S_{MC} \quad (9)$$

Considerando um tempo de resposta  $t=1s$   $S_{DR} = V_o \times t$

Para uma aeronave de asa fixa o *roll angle* é  $\theta \leq 30^\circ$

$$S_{MC} = \frac{V_o^2}{g \tan(\theta)} \quad (10)$$

Considerando uma imprecisão de 3m para o GPS, um erro de posição de 3m e um erro de mapa de 1m podemos obter o valor mínimo do volume de contingência vertical

$$V_{VC} = 3m + 3m + 1m + 26 + \frac{26^2}{9.81 \times \tan(30^\circ)} = 152,7m \quad (11)$$

De modo a obter o volume de contingência horizontal mínimo é aplicado a seguinte formula:

$$H_{VC} = H_{GV} + H_{baro} + H_{AR} + H_{mc} \quad (12)$$

Sendo:

$$H_{AR} = V_o \times 0.7 \times t \quad (13)$$

sendo  $t$  tempo de resposta igual a 1s

$$H_{mc} = \frac{V_o^2}{g} \times 0.3 \quad (14)$$

Considerando um erro de medição de altitude de 4 m, o valor mínimo do volume de contingência horizontal é:

$$H_{VC} = 350m + 4m + 26 \times 0.7 \times 0.1 + \frac{26^2}{9.81} \times 0.3 = 392m \quad (15)$$

### Ground Risk buffer

O *Ground Risk Buffer* aplica a regra 1:1, portanto, o valor mínimo do *Ground Risk buffer* é obtido através de:

$$GRB = H_{VC} + \frac{1}{2} CD = 392 + \frac{1}{2} \times 4.545 = 394.275m \quad (16)$$

O objetivo da operação prende-se apenas com o teste da autonomia e o sistema solar do LEEUAV, portanto, conseguimos escolher um percurso BVLOS que evita todas as zonas

populacionais que permite obter dimensões elevadas para a uma geografia de voo, um volume de contingência e um *Ground Risk Buffer*.

Na Figura 46 temos a representação do percurso escolhido com aproximadamente 55km perfazendo uma operação com 110km, neste percurso o valor mínimo da **geografia de voo** é de 45m, o **volume de contingência horizontal** é de 600m e o **Ground Risk Buffer** de 800m.

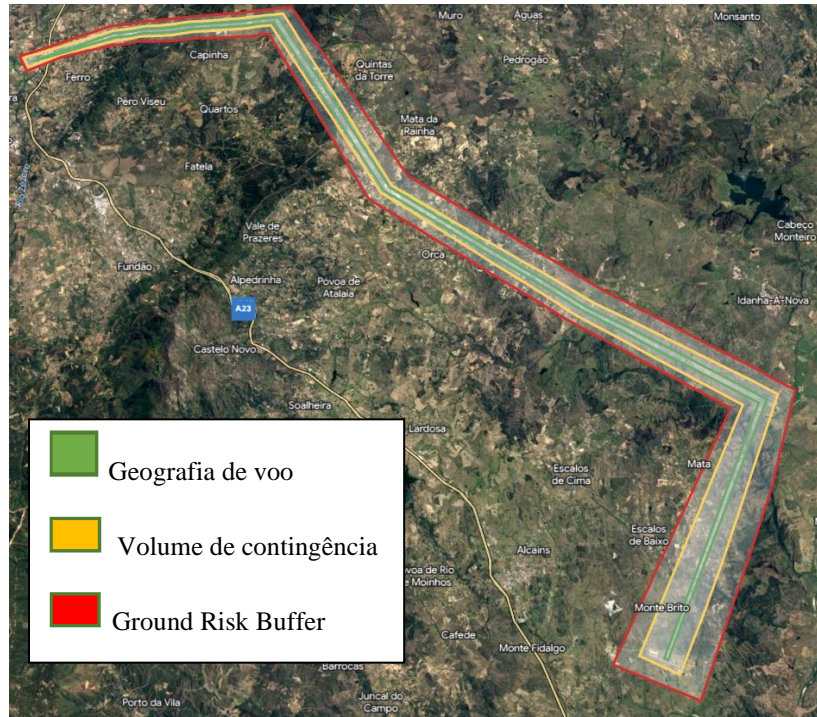


Figura 46 - Percurso de voo

### 6.1.2.3 Fatores de risco

O volume operacional, incluindo a geografia de voo e o volume de contingência, foram desenhados numa área caracterizada por fatores de risco terrestre e aéreo mínimos disponíveis. Existem áreas de proteção da natureza próximos do percurso como a paisagem protegida regional da serra da gardunha, serra da Malcata e parque natural da serra da estrela, mas que não cruzam o percurso definido.

Na fase inicial correspondente às fases de descolagem e subida existe um ambiente um pouco povoado na área e ainda se verifica a existência de uma autoestrada. Neste percurso é ainda verificado a existência de um aeródromo nos últimos 7km do percurso, o aeródromo de castelo branco nesta fase a altitude do LEEUAV irá reduzir de modo a ser inferior a 150m segundo o ponto de descolagem.

A altura elevada de voo foi definida devido à existência de picos montanhosos Figura 47 durante o percurso que devem ser evitados, mas que ainda assim permite realizar a fase de descolagem e aterragem sem condicionamentos, na Figura 48 é possível visualizar o perfil de elevação do percurso.

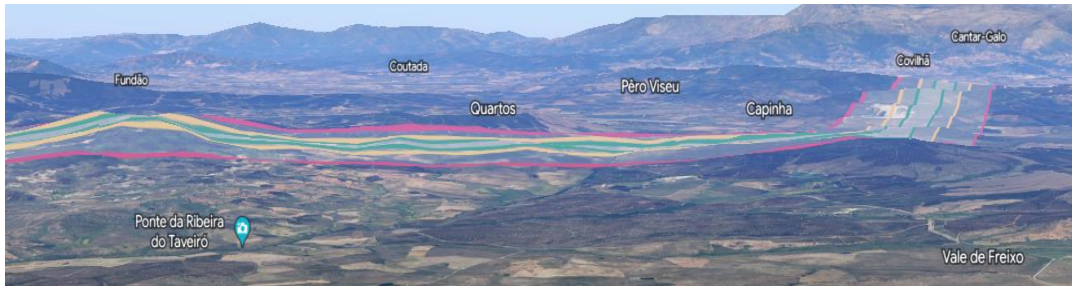


Figura 47 – Picos Montanhosos



Figura 48 – Perfil de elevação

#### 6.1.2.4 Meios técnicos usados

Os meios técnicos utilizados referem-se à descrição das características do LEEUAV, descrição dos sistemas e descrição do método de comunicação terra-ar. Esta descrição já foi realizada no capítulo 3.

#### 6.1.2.5 Análise de risco e métodos para reduzir os riscos identificados

A análise de risco para as operações pretendidas foi realizado segundo a metodologia SORA.

##### Determinação do risco intrínseco no solo

O risco intrínseco no solo foi determinado com os valores e a fórmula indicada na Tabela 160 valor obtido para a Energia cinética foi de 1,994kJ, a operação será realizada durante o dia em condições ambientais ótimas, o LEEUAV irá voar numa distância elevada pelo que apenas será possível visualizar o LEEUAV no processo de descolagem e posteriormente a operação se realiza em BVLOS.

O planeamento da missão foi realizado com o objetivo de evitar ao máximo ambientes povoados, existe também a possibilidade de colocar observadores visuais durante o percurso para garantir que o LEEUAV segue o seu caminho pré-programado, mas também como forma de responder prontamente em caso de incidências. Antes da realização da missão devem ser realizados voos de teste em categoria aberta

A Tabela 17 apresenta o **GRC de 5** segundo o tipo de operação pretendida, a energia cinética do LEEUAV dentro do volume operacional, as dimensões característica máxima do LEEUAV e do *Ground Risk Buffer* apresentado na Figura 46.

Tabela 16 – Cálculo Energia cinética

Característica	Especificação	Detalhe
UAV		UAV de fabrico próprio
Dimensão característica máxima VANT	Envergadura	4.545m
	Área da superfície da asa	1.49 m <sup>2</sup>
Massa Máxima á descolagem	MTOM	5.9kg
Massa operacional		4.8kg
Payload Máximo		1.0kg
Velocidade máxima	$V_{max}$	26m/s
Energia cinética esperada	$E_{cin} = \frac{MTOM \times V_{max}^2}{2}$	$E_{cin} = \frac{5,9 \times 26^2}{2} = 1,994kJ$

Tabela 17 – Classe de risco intrínseco no solo

Classe de risco intrínseco no solo				
Dimensões características Máxima	1m	3m	8m	≥8m
Energia cinética estimada	<700J	<34kJ	<1084kJ	>1084kJ
<b>Cenários operacionais</b>				
VLOS/BVLOS sobre área controlada do solo	1	2	3	4
VLOS em ambiente pouco povoado	2	3	4	5
BVLOS em ambiente pouco povoado	3	4	5	6
VLOS em ambiente povoado	4	5	6	8
BVLOS em ambiente povoado	5	6	8	10
VLOS sobre um conjunto elevado de pessoas	7	NA	NA	NA
BVLOS sobre um conjunto elevado de pessoas	8	NA	NA	NA

### Mitigação do risco no solo

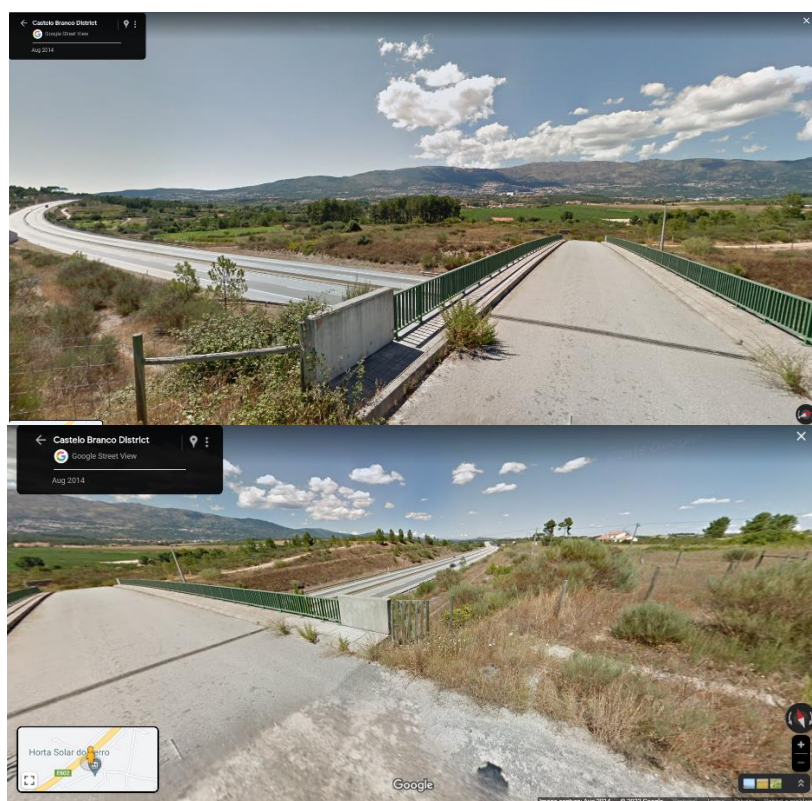
A mitigação do risco no solo é obtida através da aplicação de mitigações presentes no anexo B SORA compreendido em 3 tipos: M1, M2 e M3

Critério M1: Mitigações estratégicas para a redução do impacto no solo

- Foi definido um *Ground Risk Buffer* com a regra mínima de 1:1, como temos um volume operacional de 300m, conseguimos obter um valor mínimo de 800m para o GRB.
- O percurso escolhido foi estudado através do Google Maps e Google Earth com o objetivo de evitar ao máximo a operação sob zonas povoadas com o percurso a ser realizado praticamente em zonas agrícolas. Como não foi possível obter dados de densidade populacional para o volume operacional escolhido e nem foi possível

submeter a rota pretendida para a operação a forças policiais de modo a reduzir o nº de pessoas no local o nível de robustez é baixo.

- Como durante o percurso existe a presença de uma autoestrada portanto, deve ser realizado um estudo dos períodos do dia para verificar o período com existe uma maior quantidade de trafego rodoviário de modo a selecionar a melhor hora de voo algo que pode ser alcançado através do contacto com a Globalvia A23 Beira Interior, para além disso no percurso serão colocados observadores visuais com principal incidência na ponte localizada na Rua Horta Solar como mostra a Figura 49 que cruza a autoestrada A23 a 700m da geografia de voo, os observadores irão estar sempre em contacto com o piloto remoto e coordenador da operação de modo a confirmar o trafego existente e indicar o melhor momento de passagem.
- O percurso como já identificado consiste num trajeto de ida e volta perfazendo 110km que no fim do trajeto temos disponível a pista do Aeródromo de Castelo Branco que permite aterrar em caso de emergências, fator coordenado com o Diretor do Aeródromo de Castelo Branco.



*Figura 49 – Ponte que cruza a autoestrada A23*

**Critério M2: Efeitos de impacto no solo são reduzidos**

Atualmente o LEEUAV não possui nenhum equipamento extra para a redução de efeitos de impacto no solo, no entanto, o objetivo passa por adquirir sistemas que permitam reduzir o impacto no solo ou sistemas independentes que assumam o controlo do LEEUAV. A seguir são apresentados os diferentes exemplos de sistemas que podem ser implementados no LEEUAV de modo a reduzir o risco no solo e diminuir a classe de risco intrínseco no solo.

## FTS

O *Flight Termination System* é o sistema essencial para reduzir os efeitos de impacto no solo, atua como uma favorável medida de mitigação e que é um requisito mínimo da EASA e consequentemente da ANAC para a realização de uma operação com a distância pretendida, o objetivo passa então por integrar um *Flight Termination System* que cumpre os requisitos exigidos, testado e validado. O *Flight Termination System* é um sistema integrado que permite a segurança de pessoas e bens durante a operação de um UAV por ser um sistema redundante e independente que corta a energia das baterias do LEEUAV, o sistema é envolvido na geração de comandos específicos, apresentando uma amplificação suficiente antes de enviar o sinal através da antena [54]. O LEEUAV deve ser integrado com um sistema a bordo de recepção de comandos que recebe e codifica os sinais transmitidos pela estação de controlo FTS no solo de modo a assumir o controlo do LEEUAV. O FTS geralmente é constituído por um conjunto de antenas, uma caixa de recepção, uma unidade de decisão e ainda uma estação de controlo no solo do FTS.

O FTS implica que a bordo do UAS seja instalado um conjunto de antenas que colem o sinal e enviem para a caixa de recepção, esta caixa de recepção deverá conter um determinado número de recetores de modo a receber e demodular os sinais enviados da estação de controlo no solo do FTS e interagir com a unidade de decisão. A unidade de decisão alimentada por um conjunto de baterias é responsável por gerir o sistema de termino de voo atuando como o cérebro dele, os comandos demodulados pela caixa de recepção são interpretados na unidade de decisão que completa as ações dos comandos em mensagens. Estas ações podem ser alternadas entre alimentação externa e alimentação da bateria, forçar o início do tempo de voo e termino de voo.

Na Figura 50 apresenta-se a arquitetura dos sistemas de um FTS desenvolvido pela Roketsan e utilizado no projeto GAUSS [55].

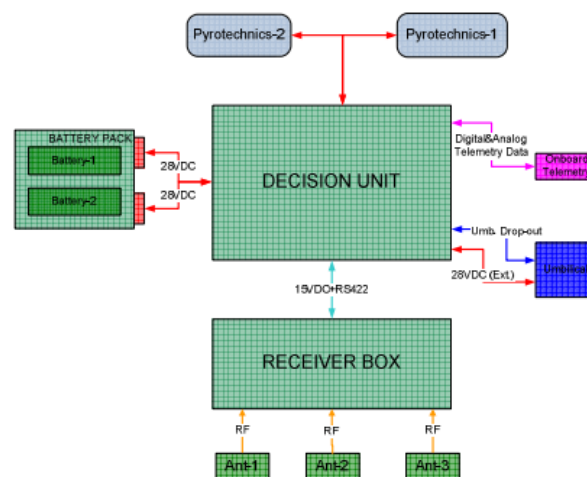


Figura 50 – Arquitetura de GAUSS [55]

Na Figura 51 é representado a arquitetura da unidade de decisão do projeto GAUSS e na Figura 52 a unidade de decisão utilizada no projeto GAUSS.

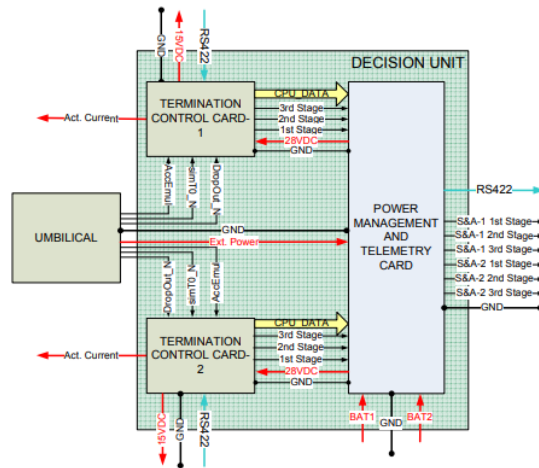


Figura 51 – Arquitetura unidade de decisão [55]

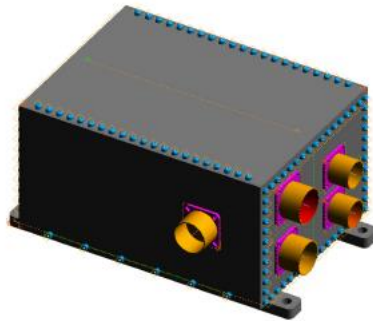


Figura 52 – Unidade de decisão [55]

Na Figura 53 é representada a arquitetura de recepção do projeto GAUSS e na Figura 54 é apresentado a unidade de recepção do projeto GAUSS.

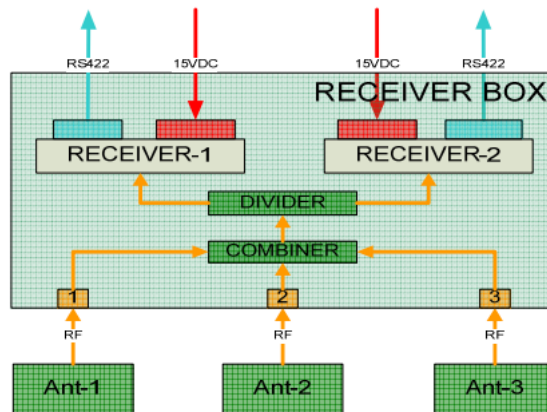


Figura 53 – Arquitetura caixa de recepção [55]

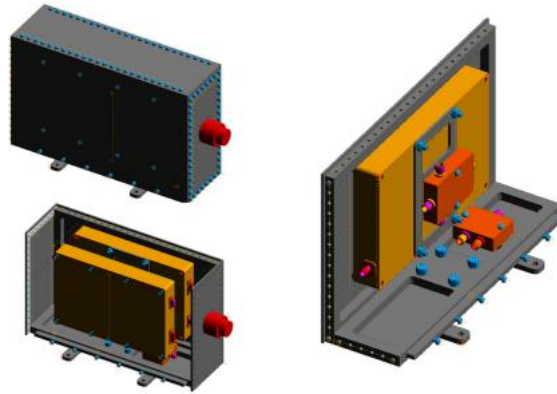


Figura 54 – Caixa de recepção [55]

Para um sistema de contenção melhorada será pedido a declaração *Means of Compliance* (MoC) 2511-01 [56] que se destina á entidade competente ou ainda para o caso de a autoridade competente pedir um *Design Verification Report* (DVR), este MoC não aborda o projeto do UAS específico no que diz respeito à sua probabilidade de sair do volume operacional, mas fornece uma lógica segundo a qual uma probabilidade máxima pode ser determinada com base no SAIL. Devido ao desenho específico do FTS em que se baseia este MoC, este permite determinar de forma simples a probabilidade máxima de saída do buffer de terra uma vez que define um conjunto simples de prescrições que permitem, após uma demonstração de conformidade bem sucedida que a probabilidade de falha do FTS instalado é menor que  $10^{-2}/HV$ , juntamente com o desempenho da operação do UAS (conforme representado pelo SAIL) e com uma lista de verificação de design garantindo a segregação do FTS do UAS, a probabilidade por hora de voo de que o UAS possa deixar o *Ground Risk Buffer* e sair em áreas / volumes adjacentes pode ser deduzido 4.

O DVR é um relatório emitido pela EASA que documenta que o projeto do UAS está em conformidade com os OSOs aplicáveis [57], que inclui quaisquer possíveis limitações ou suposições que o modelo real de drone precisa para operar, serve para confirmar o cumprimento de mitigações técnicas (M2) e contenção melhorada. Os fabricantes do LEEUAV devem realizar o pedido de um DVR através do formulário (Anexo E). A EASA realizará primeiro uma reunião de pré-aplicação, onde espera do fabricante uma descrição das operações planeadas, bem como cronogramas para verificação/certificação do projeto. Nesta fase, os especialistas da EASA poderão fornecer algumas indicações úteis ao fabricante que poderá então decidir se acredita estar pronto para a aplicação ou se prefere mantê-la. Após a conclusão bem-sucedida da reunião de pré-aplicação, os especialistas da EASA irão acordar com o fabricante os requisitos aplicáveis derivados do *SC light* UAS. O fabricante deve reunir a documentação para comprovar a conformidade com os requisitos aplicáveis e a enviará à EASA. Após avaliação positiva da documentação, a EASA emitirá o DVR.

Para além das vantagens, o FTS também apresenta limitações uma vez que pode não ser mais adequado para aeronaves de asas fixas uma vez que no caso do multirrotor com o corte das

baterias o UAV acaba por cair na vertical, mas no caso de uma aeronave de asa fixa se tiver uma razão de planeio elevada pode acabar por sair do *Ground Risk Buffer*.

### Sistema de lançamento Paraquedas

O sistema de lançamento de um paraquedas consiste em abrir automaticamente um paraquedas instalado no UAV de modo a aterr -lo de forma segura em resposta a erros como por exemplo, a perda de controlo do UAV ou abrir de modo manual a partir de uma unidade de base operada pelo piloto remoto e operador remoto, este sistema permite também ao piloto remoto cortar a energia das baterias e abrir o paraquedas [58]. O modo automático pode ser ativado uma vez que o sistema de lançamento de um paraquedas consegue determinar a falha do UAV através de dados obtidos pelos sensores, através da viola o do *Geofence* ou falha de controlo por parte do sistema de piloto automático.

Como atualmente não   possível realizar testes com este sistema nem garantir que efetua os processos automaticamente com a instala o de um deles o nível de robustez   médio.

### Critério M3: Plano de resposta a emergência

Na sec o 7   apresentado o plano de resposta a emergências que define os critérios para identificar uma emergência, adequado para as opera es e que demonstra claramente as obriga es de cada participante da missão cumprindo as regras segundo os meios de conformidade aceitável. Como não recebemos uma valida o de uma entidade terceira competente o nível de robustez   considerado medio.

Após a análise das três mitiga es com a implementa o do sistema FTS testado e validado por uma entidade competente e com a implementa o de um plano de resposta a emergências conseguimos obter um **GRC final de 2** como mostra a Tabela 18.

*Tabela 18 – Mitiga o risco no solo*

Sequência de mitiga�o	Mitiga�es para o risco no solo	Robustez		
		Baixo/nenhum	Medio	Alto
1	M1: Mitiga�es estratégicas para o risco no solo	0: Nenhum -1: baixo	-2	-4
2	M2: Efeitos de impacto no solo são reduzidos	0	-1	-2
3	M3: Um Plano de Resposta a Emergências em vigor, eficaz e validado pelo operador	1	0	1

### Determina o do ARC intríseco

O primeiro fator a considerar para esta etapa   o tipo de o espaço aéreo a ser operado, se   um espaço aéreo controlado ou não. Conforme já descrito durante a descri o do CONOPS, parte da

operação ocorre junto a um aeródromo, o ARC inicial no volume operacional e no *Ground Risk Buffer* apresentado considerando que as operações são realizadas acima de 150m fora de entorno aeroportuário na área de espaço aéreo não controlado e que junto ao aeródromo de Castelo Branco que é uma zona de ATZ representado na Figura 55 em espaço aéreo controlado a altitude de voo pode ser reduzida para 150m (Mode C-Veil), em ambos os casos o ARC inicial é ARC-C [59].

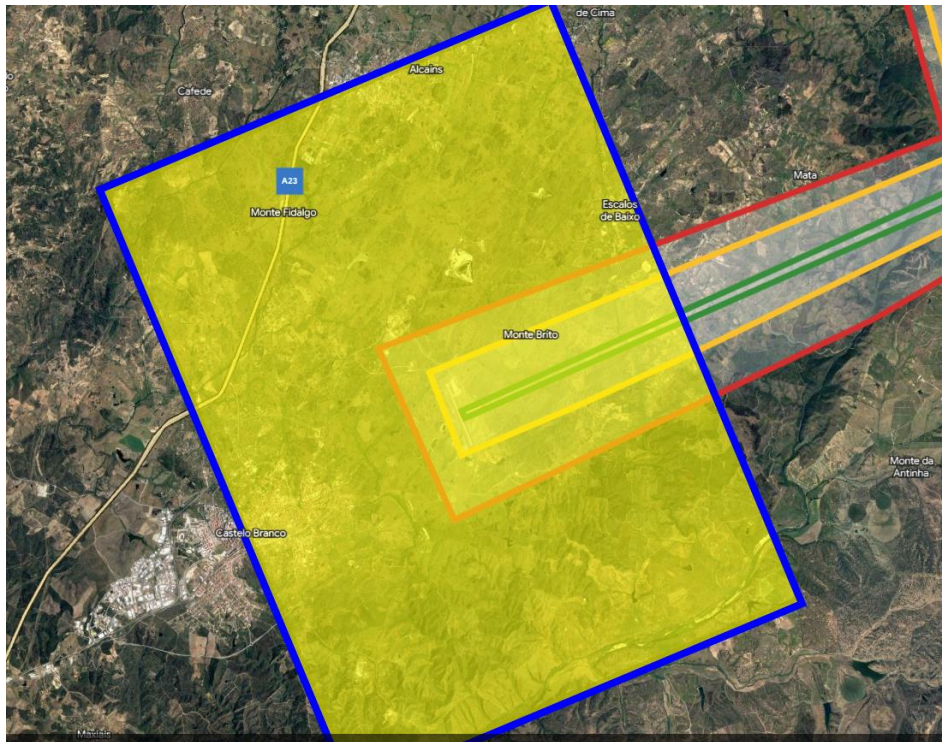


Figura 55 – Zona ATZ Castelo Branco [59]

### Mitigações estratégicas para determinação do ARC final

#### 1 - Mitigações estratégicas por restrições operacionais

Como ponto de partida, deve-se realizar o contacto e coordenação a nível estratégico com o diretor do Aeródromo de Castelo Branco através do protocolo de cooperação existente atualmente entre a UBI e o Aeródromo de Castelo Branco para a realização do estudo da missão pretendida e verificar a implementação de medidas estratégicas. Este contacto deve ser realizado com antecedência e confirmado com pelo menos 10 dias uteis de antecedência do dia previsto para a realização da missão. A coordenação com o aeródromo de Castelo Branco já corresponde a uma medida de mitigação uma vez que permite obter informações relativamente á circulação de aeronaves no espaço aéreo designado através da estação de tráfego aéreo antes do voo e até durante o voo num cenário onde se perde a comunicação com o LEEUAV ou até mesmo num possível cenário de *fly-Away*, esta coordenação permite também obter uma autorização para a realização de aterragens de emergência, caso seja necessário. Um dia antes da operação realizar o contacto final.

Procedimentos de comunicação GCS e Aeródromo de Castelo Branco:

- No dia da operação deve ser estabelecido contacto com o Diretor do Aeródromo de modo a confirmar o horário pretendido para a missão e a disponibilidade do aeródromo.
- Indicar ao Diretor de aeródromo o início da fase pré-voos de modo a estar preparado para o início da operação.
- O piloto remoto deve confirmar ao Coordenador do LEEUAV que irá iniciar a fase de voos para este comunicar ao diretor do aeródromo.
- Durante a operação o Diretor do aeródromo deve comunicar ao Coordenador do LEEUAV todas as situações em que se verifica a aproximação de aeronaves tripuladas ou se verificar alguma situação anormal que impeça a continuação da operação.
- Sempre que o piloto remoto e o Coordenador do LEEUAV verificarem a perda de comunicação com o LEEUAV via rádio, vídeo ou informações de telemetria deve ser contactado o diretor do aeródromo de modo a ajudar no acompanhamento e localização do LEEUAV.

Outras mitigações podem basear-se na redução do volume aéreo operacional em que se vai realizar a operação. O valor mínimo definido foi de 350m, mas não foi definido o valor máximo, em cooperação com o aeródromo de castelo branco pode-se estabelecer limites de modo a não interferir com a atividade de outros elementos no espaço aéreo.

Por outro lado, durante o planeamento da operação fica definido a possibilidade de escolha do momento mais adequado para a realização da operação por parte do diretor do aeródromo, admitindo uma margem antes ou depois da data proposta, até porque podem existir eventos que impedem a circulação naquele espaço aéreo como por exemplo, o festival aéreo realizado normalmente em maio.

## 2- Mitigações estratégicas por estruturas ou regras

Entre essas mitigações devem ser incluídos os sistemas de comunicação com a estação de tráfego aéreo, que são os sistemas de comunicação por recetor VHF bem como um sistema de meios alternativos de comunicação utilizando um telemóvel. Em todos os momentos o piloto remoto deve manter uma atitude de escuta ativa bem como ter conhecimentos de comunicação rádiotelefónica com inglês do nível 4 da ICAO [60].

Através da implementação destas medidas estratégicas é possível reduzir o ARC-c para ARC-b.

### Requisito de desempenho de mitigações táticas (TMPR) e níveis de robustez

As mitigações táticas têm o objetivo de reduzir ainda mais a probabilidade de colisões no espaço aéreo a operar, dentro do espaço aéreo pertencente ao aeródromo de Castelo Branco a operação deve ser coordenada no próprio dia em que é realizada. Esta coordenação será realizada através da estação de tráfego aéreo através do recetor de rádio VHF. O piloto solicitará autorização para iniciar a atividade e permanecerá em atitude de escuta ativa durante toda a operação. Além disso, o plano de resposta a emergências contempla, como principal medida em caso de perda de contacto com o LEEUAV, a notificação imediata desse evento será dirigida estação de tráfego aéreo.

O planeamento contempla também a instalação de sistemas alternativos de *Detect and Avoid* que por exigência da ANAC e para garantir uma robustez suficiente existe a necessidade de demonstrar que conseguimos ver 50% do tráfego tripulado.

Existem vários sistemas disponíveis com capacidade de vigilância e deteção de outras aeronaves.

### ADS-B

O ADS-B é uma tecnologia de vigilância da aviação que transmite de forma automática e periódica as suas informações de voo, estes dados incluem a altitude, direção e posição dependendo do sistema de GPS segundo informações baseadas no GNSS. A estrutura do sistema ADS-B transmite informações entre o transmissor e o recetor permitindo ser recebido por outras aeronaves ou sistemas aéreos terrestres. O principal objetivo é permitir ser detetado pela estação de controlo de tráfego e assim permitir que o LEEUAV seja detetado e tenha os seus voos monitorados na estação de tráfego aéreo. O ADS-B utiliza comunicações de elevada frequência de modo a transmitir a sua mensagem, existem dois tipos de frequências de transmissão ADS-B, que são um transceptor de acesso universal (UAT) de 978MHz e um *squitter* estendido de 1090MHz [61].

### FLARM

O FLARM serve como um equipamento de deteção de encontro de tráfego, utilizando dados de GPS e do sensor barométrico para transmitir a posição atual e a altitude da aeronave. Além disso, utiliza um recetor de vigilância de modo a detetar possíveis colisões [62]. O próprio dispositivo possui um algoritmo inteligente de previsão de movimento que calcula o risco de colisão para cada aeronave com base em um modelo de risco integrado. A desvantagem é que ele deteta apenas aeronaves que também estão equipadas com FLARM, portanto, tem eficácia limitada na deteção de tráfego aéreo.

Em qualquer caso, para garantir o nível de integridade das mitigações táticas, é necessário certificar-se de que a probabilidade de perda da mitigação é inferior a 1 por cada 100 horas de voo, sem necessidade de uma análise quantitativa adicional.

### Determinação do SAIL

Tendo em conta que o GRC final e o ARC final de b podemos verificar que o valor obtido para o SAIL é de II como identificado na Tabela 19.

*Tabela 19 – Determinação do SAIL*

GRC Final	ARC Final			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Categoria Certificada			

## Identificação dos objetivos de segurança operacional

A tabela 20 lista os objetivos de segurança operacional de acordo com os níveis de robustez para o SAIL de II. As abreviações utilizadas são: L = Low, M = Medium

Tabela 20 – Objetivos de segurança operacional

OSO	Descrição	R	Integridade	Garantia
#01	Certificar de que o operador do UAS é competente	L	O operador é o fabricante do LEEUAV, portanto, naturalmente os pilotos e o restante pessoal irão possuir um conhecimento elevado sobre o funcionamento do LEEUAV bem como os problemas técnicos possíveis e como os resolver. Todo o pessoal será treinado para seguir os procedimentos e anexos definidos	Procedimentos pré e pós voo.  Reunião entre todos os elementos da equipa.  Manutenção, segurança e produção do LEEUAV descrito neste manual.
#03	UAS mantido por entidade competente e/ou comprovada	L	Todas as tarefas de manutenção são realizadas pelo próprio fabricante. Como a manutenção é feita pelo próprio fabricante do LEEUAV, a equipa de manutenção é competente. Todas as tarefas de manutenção são documentadas em um registo de manutenção.	Secção de manutenção  3.5
#06	Link C3 é apropriado para a operação	L	O desempenho e as condições ambientais para o link C3 são adequados para conduzir com segurança a operação pretendida. O link C2 é continuamente monitorado no GCS; flutuações e valores críticos são comunicados ao piloto de forma visual.	O Link C2 é descrito no CONOPS na secção meios técnicos utilizados.
#07	Inspeção do UAS para assegurar consistência com o CONOPS	L	Para garantir a aeronavegabilidade contínua, são realizadas verificações pré-voo e pós-voo para cada operação. Estas verificações são documentadas.	Procedimentos descritos no Manual.
#08	Procedimentos operacionais são definidos, validados e	M	As operações planeadas estão resumidas no CONOPS	Possível consulta do plano de resposta a

	respeitadas		<p>OM define procedimentos normais, de contingência e de emergência e apresenta um modelo de registo de ocorrências.</p> <p>Durante o voo, o piloto pode mudar para o controle manual a qualquer momento e, se necessário, especialmente em emergências (ver Plano de resposta a emergências).</p> <p>Os erros humanos durante os procedimentos operacionais são levados em consideração envolvendo pessoal adicional de forma que a qualquer momento mais de uma pessoa esteja a observar a operação e possa intervir se houver risco de erro.</p>	emergências e Procedimentos neste documento.
<b>#09</b>	Tripulação remota treinada e atualizada e capaz de controlar uma situação anormal	L	<p>Todo o pessoal envolvido terá acesso aos procedimentos de contingência, emergência e ao plano de resposta a emergências. Serão realizados voos de teste para identificar estas situações com a presença de todos eles</p>	O <i>briefing</i> pré-voo bem como o treinamento teórico e prático cobre todos os aspetos críticos da missão.
<b>#010</b>	Recuperação segura de um problema técnico	L		
<b>#011</b>	Existem procedimentos para lidar com a deterioração dos sistemas externos que suportam as operações UAS	M	<p>A operação é resumida no CONOPS.</p> <p>O manual define os procedimentos de contingência, de emergência e o método de reporte de ocorrências especialmente no plano de resposta a emergências.</p>	Os procedimentos são bem conhecidos por todos os membros participantes da missão.
<b>#012</b>	O UAS é projetado para gerenciar a deterioração dos sistemas externos que suportam as operações do UAS	L	O LEEUAV é construído com redundância nos sensores e o controlador apresenta várias opções de controlo.	Secção 3.3

#013	Os serviços externos de suporte às operações do UAS são adequados para a operação	L	Coordenação com o aeródromo de Castelo Branco para a realização da operação.	No manual de operações está definido quando e como é feito o contacto com o aeródromo.
#014	Procedimentos operacionais definidos, validados e respeitados	M	Os erros humanos durante os procedimentos operacionais são levados em conta apenas envolvendo as pessoas competentes de modo que quem esteja a observar poder em intervir em caso de existência de erros.	Os procedimentos são conhecidos e comunicados aos participantes antes do início da operação. Para os procedimentos consultar a secção do Plano de resposta a emergências.
#015	Tripulação remota treinada e capaz de controlar a situação anormal	L	Todos os participantes da operação recebem um treino teórico ou pratico relativamente ao LEEUAV e procedimentos.	O treinamento teórico e prático e o <i>briefing</i> pré-voos cobrem todos os aspetos críticos da missão.
#016	Coordenação Multi-Crew	L	Procedimentos de coordenação e comunicação entre os membros da tripulação estão em vigor. Um <i>briefing</i> sempre precede um voo.	Manual de operações.
#017	Tripulação remota está apta para operar	L	Antes do voo e durante o processo de pré-voos, o operador certifica-se de que o piloto remoto está apto para operar.	O piloto remoto verifica se está apto para operar e preenche a lista de verificação do anexo F antes do início da operação. As listas de verificação preenchidas e assinadas são armazenadas juntamente com outras documentações da operação realizada.
#020	Uma avaliação de fatores humanos foi realizada e a interface homem-máquina (HMI) é considerada	L	Serão realizados voos de teste de modo a confirmar a fiabilidade do controlador remoto, o sistema de controlo terrestre e o LEEUAV em	O operador é o fabricante e conhece todos os sistemas do LEEUAV, formação será dada ao piloto remoto e

	apropriada para a missão		si.	restantes participantes.
#021	Os procedimentos operacionais são definidos, validados e respeitados	M	OM define procedimentos normais, de contingência e de emergência e apresenta o <i>template</i> de comunicação de ocorrências.  Durante o voo, o piloto pode mudar para o controle manual a qualquer momento especialmente em emergências (ver plano de resposta a emergências).	Os procedimentos são validados antes da missão. São comunicados ao piloto remoto e restantes participantes e comunicados durante o planeamento da missão.
#022	A tripulação remota é treinada para identificar condições ambientais críticas e evitá-las	L	Todas as pessoas envolvidas recebem um treino teórico ou prático.	O treinamento teórico e prático e o <i>briefing</i> pré-voo cobrem todos os aspetos críticos da missão.
#023	As condições ambientais para operações seguras são definidas, mensuráveis e respeitadas	L	A operação apenas é realizada em condições ambientais ótimas	As limitações meteorológicas são verificadas antes de cada voo e documentadas.

#### Considerações do espaço aéreo adjacente

No percurso definido o ARC pode ser reduzido a ARC-b através da implementação de medidas estratégicas quer por cooperação com o aeródromo de Castelo Branco quer pela implementação de dispositivos. Relativamente ao espaço aéreo adjacente, como o percurso foi definido para a realização de operações fora de entornos urbanos e ajuntamentos de pessoas verifica-se que até ao aeródromo o espaço aéreo adjacente é considerado não controlado e na zona do ATZ o espaço aéreo adjacente mantem-se como Modo C-veil a não ser que mude bastante a sua trajetória saindo do raio de ação do ATZ entrando novamente em um espaço aéreo não controlado.

Em detalhe, mostra-se a seguir uma série de características implementadas no LEEUAV que impede a entrada em espaço aéreo adjacente:

- O LEEUAV conta com a tecnologia de posicionamento e navegação de alta precisão. Este sistema é composto por sete sensores que fornecem com uma precisão elevada a sua posição;
- O LEEUAV conta com um sistema de *Geofencing* que o impede de sair do seu plano de voo;
- Graças à câmara FPV consegue-se obter uma transmissão nítida e em tempo real da imagem que a aeronave encontra em frente. Desta forma, consegue-se obter de forma constante informações de referência para conhecer a sua posição.

### **6.1.2.6 Manutenção**

#### Instruções de manutenção

As atividades de manutenção são realizadas no DCA da Universidade da Beira Interior uma vez que o gestor de operações é o próprio fabricante do LEEUAV, a manutenção é programada para ser realizada antes do voo, após o voo e também uma manutenção periódica que inclui inspeções ao LEEUAV, substituição de peças, atividades de reparação e calibração dos sensores. As inspeções estruturais do LEEUAV são realizadas com as baterias desconectadas e o LEEUAV totalmente desligado. As atividades de manutenção devem ser reportadas no log de manutenção (Anexo F)

Os seguintes problemas são resolvidos na manutenção periódica:

1. Sujidade na estrutura do LEEUAV  
A estrutura do LEEUAV deve ser limpa regularmente com um pano de microfibras antibacteriano, um espanador de ar e/ou álcool.
2. Fissuras na estrutura  
Deve ser verificado e resolvido antes e após cada voo.
3. Parafusos soltos  
Alguns componentes do LEEUAV podem ter as ligações soltas. As verificações regulares de parafusos soltos ajudam a identificar contactos soltos e a proteger firmemente todas as peças do LEEUAV.
4. Estado dos fios de ligação  
A cablagem exposta corre o maior risco de danos, por isso deve ser mantida oculta sempre que possível. A inspeção da cablagem interna é realizada com a tampa da fuselagem aberta bem como as asas e os tubos de ligação fuselagem/cauda desmontado.
5. Estado da hélice  
Esta verificação deve garantir que a hélice não tem danos e que esteja a rodar livremente.
6. Estado do motor  
Poeira ou detritos podem entrar no espaço entre a hélice e o motor. Todo o material estranho deve ser cuidadosamente removido durante a manutenção de rotina para garantir que o motor esteja livre e em boas condições.
7. Estado das antenas  
Deve ser verificado se as antenas estão em boas condições e montadas de maneira adequada e firme.
8. Verificação da estação de controlo terrestre (GCS)  
A antena do controlo remoto, o transmissor/recetor de longo alcance, a caixa GCS e o *laptop* GCS são inspecionados visualmente para identificar possíveis danos.
9. Estado da bateria  
As baterias são inspecionadas para identificar possíveis protuberâncias ou perdas constantes de carga. Isso diz respeito às baterias do UAV, baterias da unidade de controle, baterias dos componentes adicionais e baterias suplentes. O estado de carga da

bateria é verificado para garantir que haja energia suficiente para o voo planeado. A carga das baterias é mantida entre 30-90% em todos os momentos.

#### Reparação e reposição de componentes

Os componentes devem ser reparados ou substituídos quando apresentarem sinais de inutilização, anormalidade ou dano, a menos que o dano seja insignificante para a operação do LEEUAV (por exemplo, arranhões).

#### Atualização do Firmware/Software

O *software* do sistema de controlo de voo só é atualizado após a confirmação da versão estável. Um voo de teste após a manutenção, em local controlado e seguro, deve ser realizado como parte da atividade de manutenção sempre que uma atualização de *software* ou *firmware* seja aplicada. Caso surja um problema com a nova versão de *software/firmware*, o componente é revertido para a versão estável anterior antes da realização da operação. Os registos de atualizações de *firmware* ou *software* devem ser documentados no registo de manutenção e incluir detalhes de quaisquer voos de teste e números de versão relevantes para a atualização.

#### Defeitos

Todos os defeitos identificados em qualquer parte do LEEUAV devem ser registados assim que forem identificados quer antes quer após a operação do LEEUAV.

Durante as operações, o piloto remoto só pode corrigir os defeitos para os quais foi autorizado a reparar. Todos os outros defeitos devem ser tratados como “abertos” até que o coordenador do LEEUAV tenha avaliado e corrigido o defeito.

O Coordenador do LEEUAV deve ser imediatamente notificado quando for identificada uma deficiência no campo que não possa ser corrigida pelo piloto remoto. Nestas situações, o coordenador do LEEUAV consulta o piloto remoto sobre a ação que será tomada para sanar o defeito.

Nas situações em que o defeito não possa ser sanado, o piloto remoto deve suspender a operação do LEEUAV. Sob nenhuma circunstância uma aeronave deve ser operada se houver um defeito aberto do LEEUAV.

### **6.1.3 Procedimentos de operação normal**

De modo a atingir os objetivos propostos para a missão os procedimentos da operação são divididos em três procedimentos principais: Procedimentos pré-voo, procedimentos durante o voo e procedimentos pós-voo.

#### **6.1.3.1 Procedimentos pré-voo**

- Nos procedimentos pré-voo antes do início da operação é importante confirmar as coordenadas de voo (Latitude e longitude) dentro do volume operacional definido e apresentado no CONOPS.
- O operador deve desenhar a rota pretendida designando os comandos pretendidos no Mission Planner e fazer o carregamento da missão no controlador de voo Pixhawk.

- Antes da missão, o operador deve informar aos participantes da missão todos os aspetos da missão incluindo a operação planeada, responsabilidades e tarefas individuais, apresentação do plano de voo e as alternativas disponíveis em caso de acidentes ou emergências, incluindo os procedimentos de contingência, procedimentos de emergência e o plano de resposta a emergências elaborado.
- Confirmar que o número de operador se encontra anexado ao LEEUAV.
- Realizar voos de teste, que podem ser efetuados em categoria aberta para confirmação da funcionalidade de todos os sistemas presentes e o nível de gestão das baterias
- Com pelo menos 10 dias de antecedência comunicar a intenção da realização da missão ao Diretor do Aeródromo de Castelo Branco de modo a obter permissão para aterrar e cooperar durante a missão.
- No dia da operação solicitar autorização à estação de controlo de tráfego aéreo para iniciar a operação.
- Informar as entidades como o corpo de bombeiros e hospital relativamente á operação pretendida e confirmação do plano de resposta a emergências.
- Verificação das condições meteorológicas na semana da realização das operações.
- Um dia antes da operação realizar o carregamento das baterias para no dia ser realizado apenas a montagem do LEEUAV incluindo integração dos sistemas internos sem acionamento do motor e instalação dos sistemas presentes na estação de controlo terrestre bem como do sistema de termino de voo.
- Modos e operações *failsafe* devem ter sido acordados antes do voo e devem ser testados sem energia para o motor de modo a garantir que os controladores de voo entrem nos modos corretos.
- De acordo com o decreto-lei nº58/2018 existe a obrigatoriedade de contratualização de um Seguro de Responsabilidade civil por parte do operador Remoto. Existem atualmente três opções disponíveis: Lusitânia, Fidelidade ou CoverDrone.

#### **6.1.3.2 Procedimentos durante o voo**

- O piloto remoto após ter sido realizada uma inspeção completa á estrutura do LEEUAV e aos seus sistemas, e uma vez satisfeito, deve dar ordens para ligar o motor.
- O piloto remoto irá realizar a operação de descolagem no aeroclube da Covilhã informando o restante pessoal da conclusão desta fase, os restantes membros da operação devem-se manter atentos para garantir que não exista nenhuma incursão nesta fase.
- O piloto remoto após a descolagem irá alterar o modo manual para o modo automático para que o LEEUAV realize o percurso definido no Mission Planner realizando a fase de subida e mantendo-se em voo de cruzeiro na altitude definida.
- O piloto remoto deverá informar o pessoal presente que irá iniciar-se a fase de aterragem; esta informação deve ser enunciada com alguma antecedência.
- No momento da fase de aterragem, o piloto remoto deve ativar o modo manual e realizar a aterragem na pista do Aeroclube da Covilhã.

### **6.1.3.3 Procedimentos Pós voo**

- pousar depois de aterrar, o Piloto Remoto garantirá que todos os motores estejam desarmados.
- Depois disso, em acordo com o GCS, o Piloto Remoto aproximar-se-á da aeronave e desligará a energia dos motores.
- Deve ser realizada uma inspeção visual do LEEUAV.
- O LEEUAV vai então ser removido com segurança do local de aterragem sendo desmontado para o seu transporte.
- Se necessário, serão realizadas atividades de manutenção e análise dos dados obtidos em voo.

## **6.1.4 Procedimentos de contingência**

### **6.1.4.1 Minimização do erro humano**

De forma a minimizar o erro humano das pessoas envolvidas na operação foi definido claramente os deveres e responsabilidades no CONOPS.

Em campo o piloto remoto é responsável pela operação e pela sua segurança e proteção. Antes do início da operação o piloto remoto deve estar claramente familiarizado com a operação e todos os sistemas de suporte para a realização. Para além disso é importante estar ciente de todas as responsabilidades e deveres de todo o pessoal presente em campo.

#### Considerações de deterioração para sistemas externos que suportam a operação UAS

Os sistemas externos que suportam a operação podem estar sujeitos a deterioração, estes sistemas externos são:

- Dispositivos de comunicação GNSS que fornecem informações relativamente á localização e posição do LEEUAV como o GPS, *Compass* e o giroscópio.
- Os sistemas de energia que fornecem energia ao LEEUAV e aos componentes eletrónicos como as baterias.
- Sistemas de comunicação terra-ar: Estes sistemas estabelecem a comunicação entre a estação de controlo terrestre e o LEEUAV que inclui as antenas de telemetria, antenas de transmissão, controlador remoto e até mesmo falhas no sinal da estação de controlo terrestre.
- Sistemas de câmaras e sensores: Como já referido, o LEEUAV é equipado com um sistema de transmissão de vídeo para a estação de controlo remoto, com a câmara em si, as antenas de transmissão de vídeo e ainda os sensores disponíveis como o tubo de pitot.
- Sistema ADS-B.

O mau funcionamento destes sistemas podem comprometer a segurança da operação. Com isso o Mission Planner possui a função de *failsafe* que é um conjunto de procedimentos pré-programados que são acionados automaticamente em caso de emergência ou falha no sistema.

O *failsafe* do Mission Planner [63] é projetado com quatro funções principais:

- Detetar uma condição de falha de receção do sinal de rádio e iniciar a resposta específica como retornar a casa (*Return to Home*) [63]. A deteção de uma falha no controlador de rádio ocorre através de uma perda completa de sinal ou através de uma corrupção de sinais RC. O RC *failsafe* pode ser definido através de THR\_FAILSAFE=1.
- Detetar a perda de telemetria (GCS FAILSAFE) e executar uma ação programável.
- Detetar a perda do sinal do GPS por mais de 20 segundos e ativar o modo *Dead Reackoning* [64] até que o sinal seja recuperado.
- Detetar as condições da bateria e em condições de bateria fraca permite executar uma ação programável.

Quando ativado a função *failsafe* devido às falhas apresentadas acima, o LEEUAV executará as ações programadas até voltar a receber os sinais e continuar a realização da sua operação normal. Dentro destas ações programáveis a Tabela 21 apresenta também os modos *Return to Home*, o modo *Dead Reackoning* e o modo manual.

Tabela 21 – Modos disponíveis

Modo	Ação
<b>RTH (<i>Return To Home</i>)</b>	LEEUAV retornará ao seu local de origem, ou seja, irá retornar ao local onde iniciou o voo ou o local definido como RTL e permanecerá até receber instruções alternativas
<b><i>Dead Reackoning</i></b>	Permite que o LEEUAV retorne ao ponto de partida (ou retorne parcialmente) se perder o sinal de GPS ou mais precisamente se perder a sua estimativa de posição
<b>Manual</b>	Acionado pelo piloto remoto para intervir em situações de emergências

Em caso de falha no sistema de ADS-B que permite a deteção de outras aeronaves é importante comunicar com o diretor de aeródromo para realizar a monitorização do tráfego.

Para além dos modos referidos o LEEUAV deve equipar-se com o Sistema de paraquedas de modo a responder a emergências e reduzir a energia de impacto do LEEUAV.

#### 6.1.4.2 Nível de proteção da bateria

As baterias de lítio oferecem bom desempenho de carregamento em temperaturas mais baixas e podem até permitir um carregamento rápido dentro de uma faixa de temperatura de 41°F a 113°F (5°C a 45°C). As células de geração atual normalmente podem ser totalmente carregadas em 45 minutos ou menos. Se superaquecidas ou sobrecarregadas, as baterias de íon-lítio podem sofrer o que é conhecido como “desgaste térmico”, *Runaway* e rutura celular e, em casos

extremos, combustão. Portanto, as baterias não devem ser deixadas sem supervisão durante o carregamento. Após o voo quando as operações estiverem concluídas, as baterias devem arrefecer por cerca de 20 minutos antes de serem conectadas a uma estação de carregamento. É importante sempre inspecionar a bateria, o carregador e a fonte de alimentação antes de carregar, se a qualquer momento a bateria LiPo começar a inchar deve-se interromper o carregamento imediatamente. Desconectar a bateria com rapidez e segurança e coloque-a em uma área aberta e segura, longe de materiais inflamáveis, para observá-la por pelo menos 15 minutos. Continuar a carregar ou descarregar uma bateria que começou a inchar ou inchar pode resultar em um incêndio ou explosão. Uma bateria que tenha inchado, mesmo que seja um pouco, deve ser completamente removida do serviço.

No entanto, para fins de uso em campo, as baterias LiPo podem ser transportadas em caixas de bateria de aço inoxidável ou plástico capazes de conter qualquer líquido livre. O suporte da bateria deve estar bem selado e a bateria protegida de forma a evitar danos e curtos-circuitos. Se possível, prender com fita adesiva os terminais e cabos da bateria antes do transporte.

#### **6.1.4.3 Comunicação e coordenação entre as pessoas envolvidas**

A comunicação e coordenação entre as pessoas envolvidas na operação serão possíveis por pelo menos um dos seguintes métodos:

##### Comunicação verbal e coordenação:

- Todas as pessoas envolvidas na operação devem estar familiarizadas com os termos técnicos e específicos relativos à operação;
- Se necessário, termos adicionais serão definidos antes do início da missão.

##### Comunicação e coordenação através de sinais e gestos:

- Será utilizado em locais onde o ambiente não permite outro tipo de comunicação;
- Sinais e gestos específicos precisam de ser definidos antes do início da missão;
- Pode ser usado simultaneamente com a coordenação verbal.

##### Comunicação e coordenação via telemóveis e comunicações de rádio:

- Serão utilizados telemóveis para a comunicação com observador e com o diretor de aeródromo para monitorização do tráfego aéreo e resposta a emergências.

#### **6.1.4.4 Condições ambientais e meteorológicas**

De modo a garantir condições ambientais e meteorológicas ótimas que obedece o quadro referido o CONOPS é importante conferir regularmente antes da missão e até no próprio dia para garantir que a operação não será afetada por condições ambientais. O melhor período de realização será na altura do verão de modo a garantir a extração máxima de energia por parte dos painéis solares até por termos uma disponibilidade maior da luz solar. De modo a garantir condições ambientais ótimas apresenta-se os principais sites para consulta:

<https://www.accuweather.com/>

#### **6.1.4.5 Procedimentos para lidar com a entrada do LEEUAV no volume de contingência**

O controlador de voo encontra-se equipado com o *Geofencing* no *Firmware* de voo que quando habilitado ele cria uma barreira virtual em torno da área que se deseja voar, especificado como um polígono fechado de posições GPS mais uma altitude mínima e máxima [65]. Quando o *Geofencing* está ativo se o LEEUAV sair do polígono indicado o Mission Planner irá mudar para o *Guided Mode* e irá voar para o ponto de retorno definido e permanecerá lá até conseguirmos assumir o controlo novamente. É possível usar os comandos da estação de controlo terrestre para retomar o controlo.

Outra possibilidade existente consiste em ativar o modo manual de modo o piloto remoto retomar o controlo do LEEUAV.

#### **6.1.5 Procedimentos de emergência**

O piloto remoto e as pessoas envolvidas na operação devem estar cientes dos procedimentos a realizar quando surgem os cenários de emergência bem como conhecer os números de contacto na Tabela 22. Antes da operação é necessário emitir uma informação da realização da operação no percurso pretendido para o corpo de bombeiros da Covilhã e Castelo Branco, Hospital da Covilhã, Hospital de Castelo Branco e corpo policial de modo a estarem preparados para o caso de existência de ocorrências.

*Tabela 22 – Contactos de emergência*

<b>Contacto</b>	<b>Número</b>
<b>Corpo de Bombeiros Covilhã</b>	275 310 310
<b>Corpo de Bombeiros Castelo Branco</b>	272 342 122
<b>Hospital da Covilhã</b>	275 330 000
<b>Hospital de Castelo Branco</b>	272 000 272
<b>GNR Covilhã</b>	275 320 660
<b>Aeródromo de Castelo Branco</b>	272 240 930
<b>Diretor do Aeródromo</b>	964 443 871

Devem ser contactados os números de emergência em caso de:

- Lesão corporal ou dano a pessoas envolvidas ou não na operação;
- Em caso de incêndio;
- Em caso de danos a propriedades de terceiros;
- Caso o LEEUAV caia em locais perigosos onde não seja possível a sua recuperação ou que possa causar problemas;
- Em caso de ameaças representadas por pessoa ou animais selvagens;
- Outras situações quando as pessoas envolvidas na operação considerarem necessário.

De seguida, na Tabela 23, são apresentadas as emergências e medidas que podem ser realizadas para minimizar ou evitar acidentes.

Tabela 23 – Cenários de Emergência

Cenários	Procedimentos
<b>Perda total de energia do LEEUAV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aterrarem de emergência através do controlo manual de modo controlado numa área segura evitando os obstáculos.</li> <li>• Função <i>Return to Home</i> – Caso não seja possível ativar o controlo manual ativar a função para regressar ao ponto de partida.</li> <li>• Utilização do sistema de paraquedas de modo a retardar a descida do LEEUAV e evitar causar impactos no solo.</li> <li>• Utilização do FTS.</li> </ul>
<b>Invasão do espaço aéreo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminar o voo o mais rapidamente possível através de aterragem num local seguro através do controlo manual.</li> </ul>
<b>Perda do controle do LEEUAV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar restabelecer o contacto com o LEEUAV.</li> <li>• Ativar modo <i>Return to Home</i>.</li> <li>• Aterragem com o FTS ou Sistema de Paraquedas.</li> </ul>
<b>Comportamento anormal do LEEUAV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso o LEEUAV não esteja a responder aos comandos ou a realizar movimentos erradamente é importante mudar automaticamente para o modo manual de modo a garantir a estabilidade do voo.</li> <li>• Ativar o modo <i>Return to Home</i>.</li> <li>• Aterragem do LEEUAV de modo manual num local seguro, se necessário ativar o paraquedas ou FTS.</li> </ul>
<b>Evento <i>fly-away</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ativar o modo <i>Return To Home</i> de modo a retornar ao ponto de origem.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso não consiga o seu retorno tentar uma aterragem de emergência através do FTS ou através da utilização do paraquedas.</li> <li>• Informar a estação de controlo de tráfego aéreo para a localização do LEEUAV.</li> </ul>
<b>Colisão com pássaro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar imediatamente a fase de aterragem numa área segura, se possível.</li> <li>• Se o LEEUAV ainda estiver operacional ativar o método de <i>Return To Home</i>.</li> <li>• Se o LEEUAV não estiver operacional utilizar os procedimentos para uma aterragem de emergência como o paraquedas ou o FTS.</li> </ul>
<b>Colisão com objeto fixo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se o LEEUAV ainda estiver operacional ativar o método <i>Return to Home</i>.</li> <li>• Caso não seja possível tentar ativar o modo manual e executar uma fase de aterragem em uma área segura, se possível.</li> <li>• Se o LEEUAV não estiver operacional nem aceitar o controlo manual utilizar os procedimentos para uma aterragem de emergência como o paraquedas ou o FTS.</li> </ul>
<b>Incapacitação do piloto remoto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ativar a função <i>Return to Home</i>.</li> <li>• Tentar obter o controlo do LEEUAV através da utilização do modo manual.</li> <li>• Identifique e tentar eliminar quaisquer perigos ou obstáculos potenciais na trajetória de voo do LEEUAV para garantir um pouso seguro.</li> <li>• Caso não se consiga fazer a aterragem de modo manual ativar os modos de aterragem de emergência.</li> </ul>
<b>Falha na GCS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ativar a função <i>Return To Home</i>.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudar para uma GCS de reserva.</li> <li>• Utilizar o controlo manual para ter o controlo do LEEUAV e realizar uma aterragem de forma segura.</li> </ul>
<b>Falha no piloto automático</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar reconectar através do laptop do GCS.</li> <li>• Ativar o modo manual para obter o controlo do LEEUAV.</li> <li>• Caso não seja possível realizar a aterragem de emergência através do paraquedas e FTS.</li> </ul>
<b>Perda do <i>Link</i> de Vídeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar reconectar o <i>Link</i> de vídeo através da GCS.</li> <li>• Ativar sistema de paraquedas ou FTS.</li> </ul>

### 6.1.6 Plano de resposta a emergências

Este plano de resposta a emergências contém os procedimentos adequados para evitar e/ou limitar os efeitos do agravamento do acidente e as responsabilidades do pessoal em campo para cada cenário descrito nos procedimentos de emergências, um plano de resposta a emergências efetivo e eficaz apresenta-se como uma ótima medida de mitigação do risco no solo.

#### **Perda total de energia do LEEUAV**

Uma das situações que pode ocorrer é o defeito dos painéis solares ou incapacidade para suportar a energia do LEEUAV, este cenário deixa o piloto remoto com poucas opções, o melhor curso de ação é observar o evento, planear adequadamente, tentar evitar uma reação em cadeia e tomar as medidas apropriadas após a colisão.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Se possível tentar restaurar a energia e o controlo do LEEUAV.
- Ativar o modo manual de modo a recuperar o controlo.
- Se o controle for recuperado:
  - Identificar local adequado para a aterragem de emergência;
  - Pousar imediatamente e inspecionar o LEEUAV.
- Se o controlo não puder ser recuperado:
  - Ativar o sistema de Paraquedas ou FTS;
  - Avaliar a trajetória da queda e estimar o local do acidente, identificar riscos potenciais no solo e planear em conformidade.

- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário, ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Caso seja necessário, contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Se o acidente ocorrer dentro da área pertencente ao aeródromo, entrar em contacto com a estação de tráfego aéreo do aeródromo.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Invasão do espaço aéreo**

A invasão do espaço aéreo é uma invasão do espaço aéreo operacional e ocorre quando qualquer aeronave, com ou sem piloto, entra no espaço aéreo operacional.

#### Responsabilidades piloto remoto

Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.

Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV:

- Se a colisão for iminente, realizar os procedimentos evasivos imediatamente
- Se a colisão for provável realizar a aterragem do LEEUAV imediatamente
- Se a colisão não for provável
  - O LEEUAV deve ser mantido no ar numa posição próxima de estacionária onde a aterragem possa ser feita imediatamente, se necessário;
  - Se o piloto remoto avaliar que é possível continuar a operação, deve fazê-lo como planeado;
- Em caso de acidente preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário, ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Caso seja necessário, contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Se o acidente ocorrer dentro da área pertencente ao aeródromo, entrar em contacto com a estação de tráfego aéreo do aeródromo.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Comportamento anormal do LEEUAV**

Qualquer comportamento fora dos parâmetros normais da operação é considerado um comportamento anormal e pode trazer sérias consequências se não for verificado. Neste caso, a operação não será retomada até que o UAV seja inspecionado e a origem do comportamento anormal seja identificada e corrigido.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Utilização do comando RTH.
- Se necessário realizar uma aterragem de emergência.
- Inspeccionar o LEEUAV e tentar determinar a causa de um comportamento anormal.
- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Ajudar o piloto remoto a determinar a causa do comportamento anormal.
- Caso seja necessário contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Perda de controlo do LEEUAV**

A perda de controlo do LEEUAV pode ser solucionada através da ativação do modo *Return To Home* que retornará ao local pré-estabelecido em caso de emergência. Se a comunicação terrestre for perdido é possível ativar o mecanismo failsafe de modo ao LEEUAV retornar e pousar automaticamente. Qualquer comportamento fora dos parâmetros normais da operação é considerado um comportamento anormal e pode trazer sérias consequências se não for verificado. Neste caso, a operação não será retomada até que o UAV seja inspecionado e a origem do comportamento anormal seja identificada e corrigido.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Tentar retomar o controlo do LEEUAV:

- Utilização do comando RTH
- Se o controlo for retomado realizar uma aterragem de emergência de modo a inspecionar o LEEUAV
- Se o controlo não puder ser retomado o LEEUAV estará num cenário de *fly-away*.
- Em caso de acidente preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Caso seja necessário contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Se o acidente ocorrer dentro da área pertencente ao aeródromo, entrar em contacto com a estação de tráfego aéreo do aeródromo.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Se estiver num cenário de *fly-away*, consultar as instruções para este cenário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Evento *fly-away***

Este é o cenário em que o UAV não responde aos comandos e voa, ou corre o risco de voar, fora do espaço aéreo operacional.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Tentar retomar o controlo do LEEUAV.
- Emitir um comando RTH.
- Se o controlo for retomado realizar uma aterragem de emergência de modo a inspecionar o LEEUAV.
- Se o controlo não puder ser retomado o LEEUAV:  
Realizar uma aterragem de emergência através do FTS ou através do paraquedas;
- Em caso de acidente preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Contactar com a estação de tráfego aéreo do aeródromo de Castelo Branco de modo a identificar o LEEUAV.
- Caso seja necessário contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.

- Se o LEEUAV estiver num cenário de perda total de controlo consultar as instruções para este cenário.
- Registar o tempo de perda e duração do LEEUAV.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G)

#### **Colisão com pássaro**

Algumas espécies de aves podem ser agressivas com UAVs, principalmente grandes aves de rapina. Também é possível que um pequeno pássaro colida acidentalmente. Este é o cenário em que o UAV não responde aos comandos e voa, ou corre o risco de voar, fora do espaço aéreo operacional.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Tentar retomar o controlo do LEEUAV.
- Emitir um comando RTH até ser recebido pelo LEEUAV.
- Se o controlo for retomado realizar uma aterragem de emergência de modo a inspecionar o LEEUAV.
- Se o controlo não puder ser retomado o LEEUAV:  
Realizar uma aterragem de emergência através do FTS ou através do paraquedas;
- Em caso de acidente preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário, ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Caso seja necessário, contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Se o LEEUAV estiver num cenário de perda total de controlo, consultar as instruções para este cenário.
- Registar o tempo de perda de controlo do LEEUAV.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Colisão com objeto fixo**

Os procedimentos gerais e orientações de segurança recomendam manter uma distância de segurança de quaisquer obstáculos (árvores, torres, prédios etc.). Todos os obstáculos precisam ser identificados antes do início da operação.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Manter contacto visual direto com o LEEUAV em todos os momentos caso esteja sob linha de vista, senão monitorizar o LEEUAV através da estação de controlo terrestre e FPV.
- Se necessário, realizar uma aterragem de emergência de modo a inspecionar o LEEUAV.
- Caso não se consiga realizar a aterragem de modo manual, utilizar paraquedas ou FTS.
- Se estiver em perda de controlo, acionar o modo manual ou modo RTH.
- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se necessário ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Caso seja necessário contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Se o LEEUAV estiver num cenário de perda total de controlo consultar as instruções para este cenário.
- Registrar o tempo de perda e duração do LEEUAV.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### **Incapacitação do piloto remoto**

Se o piloto se sentir incapacitado para continuar a operação, independentemente da causa, o operador do LEEUAV deve assumir o controlo bem como as responsabilidades do piloto remoto.

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Se o piloto remoto necessitar de atenção medica:
  - Ligar para o nº de emergência;
  - Prestar primeiros socorros;
- Se o piloto não remoto necessitar de atenção medica:
  - Aterrar o LEEUAV o mais rapidamente possível;
  - Monitorizar a saúde do piloto remoto;

### **Falha na GCS**

A falha na GCS pode causar interferência na comunicação terra-ar e impedir visualizar o estado do LEEUAV através da sua câmara FPV.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Tentar reconectar a GCS.
- Ativar o modo manual para o LEEUAV manter a sua posição enquanto aguarda sinal da GCS.
- Caso não se consiga estabelecer a ligação, utilizar paraquedas ou FTS.
- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Contactar a estação de tráfego aéreo de modo a monitorizar o LEEUAV.
- Se necessário, ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Reconectar a GCS.
- Caso seja necessário, contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G)

#### **Falha no piloto automático**

A falha no piloto automático pode impedir a determinação da localização do LEEUAV bem como pode impedir a continuação do percurso pretendido e a ativação de certos comandos.

#### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Tentar reconectar o piloto automático através da GCS.
- Ativar o modo manual para o LEEUAV.
- Caso não se consiga estabelecer a ligação, utilizar paraquedas ou FTS.
- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do Coordenador do LEEUAV

- Contactar a estação de tráfego aéreo de modo a monitorizar o LEEUAV.
- Se necessário, ajudar o piloto remoto a identificar o local para uma aterragem de emergência.
- Ajudar a tentar reconectar com a estação de controlo terrestre.
- Caso seja necessário, contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

#### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

## **Perda do *link* de vídeo**

Atualmente o LEEUAV depende do *link* de vídeo para realizar a missão uma vez que os dados de telemetria são projetados na imagem e transmitidos através dos dados de vídeo, pelo que acaba por ser essencial manter o link de vídeo operacional.

### Responsabilidades piloto remoto

- Comunicar com o pessoal em campo sobre a emergência.
- Tentar reconectar o Link de vídeo através da GCS.
- Caso não se consiga estabelecer a ligação, utilizar paraquedas ou FTS.
- Em caso de acidente, preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### Responsabilidade do coordenador do LEEUAV

- Contactar a estação de tráfego aéreo de modo a monitorizar o LEEUAV.
- Ajudar a tentar reconectar com a estação de controlo terrestre.
- Caso seja necessário contactar os números de emergência, descrever o ocorrido e o local do acidente.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

### Responsabilidade do observador

- Ajudar a manter contacto visual com o LEEUAV se necessário.
- Preencher o modelo de comunicação de ocorrências (Anexo G).

## **6.1.7 Interferência contra atos ilícitos**

Para além de todos os riscos apresentados, existem potenciais riscos de segurança, traduzidos em atos de interferência ilícita (*Security*), ou seja, ações deliberadas que atentam contra a salvaguarda e proteção de pessoas e bens, ou situações de risco ou ameaça à segurança. Dentro dos atos de interferência ilícita pode-se estar na presença de duas situações: Ataques externos por parte de outras pessoas ou interceções no sinal de comunicação terra-ar.

### **6.1.7.1 Ataques externos por pessoas**

Ataques ao LEEUAV por meios físicos, pessoas externas podem tentar derrubar o LEEUAV através da utilização de objetos de modo a interromper o voo, se essa intenção for apercebida, deve-se desviar a trajetória do LEEUAV até se conseguir encontrar uma área segura e notificaremos o corpo policial. Para além do ataque ao LEEUAV pode ocorrer a situação da tentativa de ataque ao piloto remoto e às pessoas presentes na operação de modo a obter o controlo do LEEUAV, nesse caso, se for verificado a existência de uma tentativa de ataque a operação deve ser interrompida e notificar o corpo policial.

### **6.1.7.2 Interceção no sinal**

Interceções do sinal do controlo de comando e controlo entre o LEEUAV e a estação de controle de solo por meio de interferência de rádio ou sequestro de sinal. A aeronave deverá estar equipada com um sistema que não permite a intercetação do sinal por terceiros se este não

souber a frequência com que o LEEUAV está conectado à estação terrestre e o protocolo de criptografia. Como medida de mitigação é importante a aquisição de sistemas de paraquedas e FTS com uma frequência superior á frequência irradiada pelo controlo remoto considerando que estes sistemas são independentes do sistema da Ground Control Station e, portanto, é possível acioná-los em caso de verificação de tentativa de interceção no sinal.

### 6.1.8 Orientações para minimizar os incómodos e impactos ambientais referidos

Pela sua natureza as operações do LEEUAV tem um impacto reduzido no ambiente, sendo que o aspeto mais importante a considerar será o impacto que o ruído produzido pelo LEEUAV terá nos animais, na Tabela 24 apresenta-se os diferentes impactos ambientais.

*Tabela 24 – Impactos ambientais*

Impactos sobre recursos hídricos	<p>As operações de UAS não têm impacto direto nas águas superficiais, subterrâneas, áreas costeiras, etc...</p> <p>Os principais riscos de poluição estão associados à queda do LEEUAV:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• componentes feitos de metal, plástico etc., podem ser espalhados e perdidos na água;</li> <li>• As baterias podem esgotar-se ou perderem-se na água.</li> </ul> <p>No entanto, este cenário é improvável.</p>
Impactos na qualidade do ar	<p>As fontes de poluição do ar geradas pelas operações do LEEUAV são mínimas, o equipamento utilizado é elétrico baseado em baterias e células fotovoltaicas.</p> <p>A operação do LEEUAV não irá gerar emissões que possam afetar a qualidade do ar ou o clima.</p> <p>As potenciais fontes de poluição podem ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispersão de partículas de poeira resultantes das fases de descolagem e aterragem</li> <li>• Emissão de fumo num cenário improvável de incêndio do LEEUAV</li> </ul>
Impacto na qualidade do solo	<p>As operações do LEEUAV não têm impacto direto na qualidade do solo.</p> <p>Os principais riscos de poluição estão associados à queda do LEEUAV:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes feitos de metal, plástico, etc. podem ser espalhados e perdidos;</li> <li>• As baterias podem esgotar-se ou perder-se.</li> </ul> <p>No entanto, esse cenário é improvável.</p>
Vibração e ruído	<p>As operações do LEEUAV irão gerar ruídos e vibrações que podem afetar a população numa fase inicial e a vida selvagem dentro de um determinado raio da área operacional.</p> <p>No entanto com a natureza da operação o impacto é baixo, mas o tempo de exposição será elevado para a vida selvagem presente.</p>
Impacto na fauna	<p>Tanto a presença do LEEUAV no ar quanto os ruídos e vibrações por ele produzidos podem perturbar a fauna nas áreas potencialmente afetadas.</p> <p>Os riscos identificados incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interrupção do ciclo de recuperação biológica da espécie;</li> <li>• ou interrupção da nidificação;</li> <li>• ou interrupção do período de acasalamento;</li> <li>• ou interrupção do período de migração;</li> <li>• ou perturbação da alimentação;</li> <li>• colisão com pássaros (podem atacar a aeronave);</li> <li>• Animais ou manadas de animais (tanto domesticados quanto selvagens) podem perceber a presença do LEEUAV como predador e fugir de forma incontrolável.</li> </ul> <p>Risco associado à queda do LEEUAV:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• destruição de ninhos;</li> <li>• poluição do habitat com componentes plásticos e/ou metálicos;</li> <li>• poluição do habitat por conta das baterias e sistemas;</li> <li>• ferimentos em animais terrestres;</li> <li>• fogo.</li> </ul>
Impacto na flora	<p>As operações do LEEUAV não têm impacto direto na flora.</p>

	<p>Os principais riscos de poluição estão associados à queda do LEEUAV:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• componentes feitos de metal, plástico etc. pode ser espalhado e perdido;</li> <li>• as baterias podem esgotar e serem perdidas;</li> <li>• fogo;</li> </ul> <p>No entanto, esse cenário é improvável.</p> <p>A necessidade de limpar a vegetação para ter acesso à área operacional ou os danos acidentais à vegetação causados pelo acesso a uma determinada área, são outros riscos associados.</p>
Impacto na paisagem	As operações do LEEUAV não têm impacto direto na paisagem.

Antes do início do voo a área operacional deve ser estudada de modo a determinar o impacto no solo. Na Tabela 25 são apresentadas as medidas de mitigação que podem ser implementadas para os riscos associados.

*Tabela 25 – Mitigação dos impactos ambientais*

Mitigações sobre os recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as mitigações serão implementadas de modo a prevenir a queda e o impacto e/ou perda do controlo do LEEUAV e seus componentes.</li> <li>• No caso improvável de uma queda do LEEUAV, o operador tentará recuperar o LEEUAV e todos os seus componentes e restaurar o local da queda ao seu estado inicial.</li> <li>• Utilização da tecnologia atual e dos melhores métodos para reduzir o impacto.</li> <li>• A missão foi planeada evitando a passagem sob recursos hídricos.</li> <li>• Voo executado por piloto experiente de modo a reduzir os riscos.</li> </ul>
Mitigações sobre a qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização de uma plataforma de descolagem para reduzir a dispersão de partículas como o carrinho de</li> </ul>

	<p>transporte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serão tomadas todas as medidas necessárias para evitar a queda e/ou perda do LEEUAV e de qualquer um dos seus componentes.</li> <li>• Voo executado por piloto experiente de modo a reduzir os riscos.</li> </ul>
Mitigações sob a qualidade do solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as mitigações serão implementadas de modo a prevenir a queda e o impacto e/ou perda do controle do LEEUAV e seus componentes.</li> <li>• No caso improvável de uma queda do LEEUAV, o operador tentará recuperar o LEEUAV e todos os seus componentes e restaurar o local da queda ao seu estado inicial.</li> <li>• Utilização da tecnologia atual e dos melhores métodos para reduzir o impacto.</li> <li>• Voo executado por piloto experiente de modo a reduzir os riscos.</li> </ul>
Mitigações sob vibrações e ruído	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância e altitude adequadas serão mantidas para reduzir o impacto, quando possível, sem afetar a missão.</li> <li>• Se necessário informar os responsáveis sob as manadas de animais relativamente à operação a ser efetuada</li> <li>• Voo executado por piloto experiente de modo a reduzir os riscos.</li> </ul>
Mitigações sob impacto na fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância e altitude adequadas serão mantidas para reduzir o impacto, quando possível, sem afetar a missão.</li> <li>• Evitar períodos críticos no ciclo natural da espécie.</li> <li>• Monitorização do espaço aéreo quanto à presença de bandos de aves ou aves de rapina.</li> <li>• Aplicação de adesivos coloridos ou refletivos no UAV para reduzir a</li> </ul>

	<p>semelhança entre um drone e um pássaro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voar o mais cedo possível (estudos mostram que a incidência de ataque de aeronaves por aves de rapina é menor neste período).</li> <li>• Serão tomadas todas as medidas necessárias para evitar a queda e/ou perda do UAV e de qualquer um dos seus componentes.</li> <li>• O uso da tecnologia atual e melhores métodos para reduzir o impacto.</li> <li>• Voo executado por piloto experiente para redução de riscos.</li> </ul>
Mitigações sob impacto na flora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O pessoal estará atento à vegetação e minimizará a causa do dano.</li> <li>• Serão tomadas todas as medidas necessárias para evitar a queda e/ou perda do UAV e de qualquer um dos seus componentes.</li> <li>• No caso improvável de uma queda do UAV, o operador tentará recuperar o UAV e todos os seus componentes e restaurar o local da queda ao seu estado inicial.</li> <li>• O uso da tecnologia atual e melhores métodos para reduzir o impacto.</li> <li>• Voo executado por pilotos experientes para redução de riscos.</li> </ul>
Mitigações sob impacto na paisagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As operações ocorrem durante o dia, quando o impacto das luzes é insignificante e desprezível.</li> </ul>

### **6.1.9 Procedimentos de reporte de ocorrências de acordo com o Regulamento (EU) No 376/2014**

Segundo a ANAC, o reporte de ocorrências de segurança não se aplica às ocorrências e outras informações relacionadas com a segurança que envolvam aeronaves não tripuladas para as quais não seja exigido qualquer certificado nem declaração nos termos dos regulamentos delegados e de execução aplicáveis, adotados de acordo com o Regulamento (EU) 2018/1139.

Portanto, os operadores remotos da Categoria Aberta e Específica, não têm de comunicar as ocorrências de segurança, exceto nas situações previstas no número 2 do artigo 3 do Regulamento (EU) 376/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 3 de abril:

- Se as ocorrências, ou outras informações relacionadas com a segurança, envolvendo essas aeronaves não tripuladas tiverem causado vítimas mortais ou feridos graves.
- Se estiverem envolvidas aeronaves que não sejam aeronaves não tripuladas.

A comunicação de ocorrências pode ser feita em seu nome por pessoas individuais, profissionais da aviação civil, quer pertençam ou não a uma organização. As ocorrências devem ser remetidas à ANAC em formato compatível com o *software* ECCAIRS da União Europeia e com a taxonomia ADREP da ICAO [66]. Esta compatibilidade é assegurada fazendo a comunicação selecionando “*Report eu Occurrence*” acessível no Portal do “ECCAIRS 2” através da seguinte hiperligação: <https://aviationreporting.eu/en> ou em: <https://e2.aviationreporting.eu/reporting> selecionando o Estado Português como destino na lista de Estados que é apresentada:

- por preenchimento do formulário disponível no Portal do ECCAIRS 2; ou,
- por carregamento no mesmo Portal de um ficheiro em formato E5X o qual pode ser produzido por uma organização:
  - que recorra ao uso de uma API (disponibilizada por pedido à EU da ANAC); ou,
  - que utilize uma aplicação de SMS (disponível no mercado) que tenha essa capacidade.

Para além da obrigatoriedade de comunicação mencionada anteriormente (no Portal do “ECCAIRS 2”) deverá ser complementada com o formulário presente no anexo G, que contém informação específica de ocorrências com UAS. Ambos os formulários devem ser preenchidos e carregados (upload) no portal indicado.

#### **6.1.10. Procedimentos de manutenção de registos (registo e arquivo)**

Os registos associados à operação do LEEUAV incluem a descrição do estudo realizado em termos de planeamento elaborados em dissertações de mestrado anteriores, as verificações meteorológicas realizadas antes do voo, as aprovações e documentos legais necessários para a realização da operação e ainda o registo das atividades de pré voo, pós voo e atividades de manutenção. As aprovações legais, incluindo as de uma autoridade aeronáutica, são coletadas antes do voo após a especificação do CONOPS, através da realização da avaliação de risco e do desenvolvimento de medidas de mitigação de risco. As verificações meteorológicas são documentadas para garantir que a data planeada da operação do LEEUAV seja adequada para o voo. As listas de verificação são impressas antes do voo e preenchidas à mão durante os procedimentos pré-voo e atividades pós-voo. Os dados podem ser coletados durante a operação quer antes do voo, durante o voo e depois dele. Toda a documentação preenchida à mão e assinada é armazenada em formulário digitalizado juntamente com os dados de operação do UAS.

## **6.2 Documentação de suporte**

Após a elaboração do manual de operações que contém a análise de riscos é realizado o preenchimento dos modelos de requerimento enunciados no capítulo 5, nomeadamente o modelo de requerimento AMC1 UAS.SPEC.030(2) (Anexo A), modelo das características técnicas da aeronave (Anexo B) e modelo dos procedimentos para assegurar a conformidade com o Regulamento (EU) 2016/679 GM1 UAS.SPEC.050 (Anexo C). Após a elaboração do manual de operação e preenchimento dos formulários referidos, todos estes documentos incluindo a cópia de comprovativo que o LEEUAV possui um seguro de responsabilidade civil devem ser submetidos para o departamento de Drones da ANAC para obter autorização operacional em categoria específica.



# Capítulo 7

## Conclusão

O objetivo principal desta dissertação foi o desenvolvimento do planeamento de duas operações, uma na categoria aberta e outra na categoria específica, através da identificação de todos os processos e documentos necessários para estar em conformidade com a regulamentação europeia e nacional existente atualmente para os UAV. Neste trabalho foi apresentado o planeamento de uma operação em categoria aberta que apresenta uma maior facilidade de realização por apenas existir a obrigatoriedade de realizar registos simples sem a necessidade de submissão de pedidos de autorização, processo este que pode ser demorado. A operação nesta categoria vai sempre ocorrer com um risco reduzido até porque durante todo o percurso é possível observar o comportamento do LEEUAV e ainda o meio ambiente em redor e atuar com o modo de controlo manual sempre que se verificar um comportamento anormal do LEEUAV ou até mesmo por alguma falha na comunicação terra-ar. O planeamento de uma operação em categoria específica torna-se mais exigente. Nesta dissertação analisou-se e preparou-se toda a documentação para obter uma autorização operacional por parte da ANAC. No manual de operações foram identificados os sistemas que necessitam de ser implementados no LEEUAV, que são exigências da EASA e consequentemente da ANAC de modo a reduzir o risco da operação, verificou-se a necessidade de implementação de um sistema para a mitigação do impacto no solo como o FTS ou o sistema de paraquedas e ainda sistemas para permitir a deteção do LEEUAV por parte de outros utilizadores do espaço aéreo. Neste manual de operações foi apresentada uma proposta de coordenação com o aeródromo de Castelo Branco para aumentar a fiabilidade da operação junto da ANAC.

### 7.1 Trabalhos Futuros

Para dar continuidade a este trabalho, sugerem-se os seguintes trabalhos futuros a serem desenvolvidos:

- Implementação no LEEUAV e teste do FTS, sistema de paraquedas e ADS-B;
- Realização da operação na categoria aberta;
- Submissão do pedido de autorização operacional e realização da operação na categoria específica;
- Estudo do SORA 2, que irá entrar em vigor proximamente, e atualização do trabalho realizado com o SORA.



# Bibliografia

- [1] Xingbang Yang, Xuan Pei, “*Hybrid system for powering unmanned aerial vehicles: Demonstration and study cases*”, Hybrid Energy Systems, 2022.
- [2] Michel, Arthur Holland. “*High Altitude Drones*”, 2015. [Online]. Disponível: <https://dronecenter.bard.edu/high-altitude-drones/>. [Acedido: 8-Dezembro-2022]
- [3] Xiongfeng Zhu, Zheng Guo, Zhongxi Hou, “Solar-powered airplanes: A historical perspective and future challenges”, Aerospace Sciences, Julho de 2014.
- [4] Technologies, Aerospace. Solara 50 Atmospheric Satellite. [Online]. Disponível: <https://www.aerospace-technology.com/projects/solara-50-atmospheric-satellite/>. [Acedido a 10-Dezembro-2022]
- [5] Szondy, David . “*New. Unexpected end to Zephyr 8’s record-smashing 64-day endurance flight*”, 2022. [Online]. Disponível: <https://newatlas.com/aircraft/zephyr-8-mission-ends-abruptly-record-breaking-endurance-flight/>. [Acedido a 10-Dezembro-2022]
- [6] ICAO, “*Unmanned Aircraft Systems (UAS)*”, 2011.
- [7] EASA, “*A-NPA 2015-10*”, 2015. [Online]. Disponível: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2015-10>. [Acedido a 12-02-2023]
- [8] Europeia, Comissão. “*Regulamento (EU) 2018/1139 da Comissão – de 4 de julho de 2018 – relativo às regras comuns no domínio da aviação civil que cria a Agência da União Europeia para a segurança da aviação*”, 2018.
- [9] Europeia, Comissão. “*Regulamento de Execução (EU) 2019/ 947 da Comissão – de 24 de maio de 2019 – relativo às regras e aos procedimentos para a operação de aeronaves não tripuladas*”, 2019.
- [10] República, Diário da. “*Regulamento n.º1093/2016 – Condições de operação aplicáveis à utilização do espaço aéreo pelos sistemas de aeronaves civis pilotadas remotamente*”, 2016.
- [11] República, Diário da. “*Decreto-Lei n.º 58/2018*”, 2018.
- [12] ANAC, “*Categoria Aberta*” . [Online]. Disponível: [https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria\\_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx](https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria_aberta/Paginas/CategoriaAberta.aspx). [Acedido a 14-fevereiro-2023]
- [13] Cândido, Luís Filipe Vicente. “*Projeto de um UAV Solar de grande autonomia*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2014.*
- [14] Sousa, Joana Carlota Caires. “*Solar System for a Long Endurance Electric UAV*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2015.*

- [15] Duarte, Alexandre Emanuel Guerreiro. “*Development part of the Structure of a Long Endurance Electric UAV*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã 2016*.
- [16] Rodrigues, Afonso Santos. “*Airframe Assembly, Systems Integration and Flight*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2017*.
- [17] Ardupilot, “Choosing a Ground Station”, 2023. [Online]. Disponível: <https://ardupilot.org/plane/docs/common-choosing-a-ground-station.html>. [Acedido a 14-fevereiro-2023]
- [18] Models, Elite. “*Multiplex Royal Sx Elegance 16 Channel*”. [Online] Disponível: <https://www.elitemodelsonline.co.uk/More/Radio-Equipment/Radio-Sets/Multiplex/101606-/ROYAL-SX-Elegance-16-Channel-Transmitter-with-Souffleur>. [Acedido a 15-fevereiro-2023]
- [19] Coelho, Luís Miguel Marques. “*Mission Planner for Solar Powered Unmanned Aerial Vehicles*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2019*.
- [20] RC, Immersion. “EzPowerBox”. [Online]. Disponível: <https://www.immersionrc.com/fpv-products/ezpowerbox-2/>. [Acedido a 15-fevereiro-2023]
- [21] Ardupilot. “Specifications Pixhawk”. [Online] Disponível: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html#specifications>. [Acedido a 16-fevereiro-2023]
- [22] Autopilot, PX4. “Manual de utilizador PX4 autopilot”. [Online]. Disponível: <https://docs.px4.io/main/en/>. [Acedido a 15-fevereiro-2023]
- [23] Direct, KE. “What is an ESC and an UBEC, know the basics”. [Online]. Disponível: <https://www.kdedirect.com/blogs/news/esc-and-ubec-basics>. [Acedido a 17-fevereiro-2023]
- [24] Guse, Rosana. “Conversor de tensão DC-DC”. [Online]. Disponível: <https://www.makerhero.com/blog/como-funciona-um-conversor-de-tensao-dc-dc/>. [Acedido a 17-fevereiro-2023]
- [25] Mori, Anderson Moraes. “*O Uso de Sistema Inercial para Apoiar a Navegação Autônoma*”. *Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013*.
- [26] Pros, DSLR. “Especificações motor Zypherion”. [Online]. Disponível: <https://www.empirerc.com/z30all.htm>. [Acedido a 18-fevereiro-2023]
- [27] Corporation, SunPower. “*EK-1 Sunpower C60 spec sheet*”. SunPower, 2010.
- [28] Marques, Pedro Miguel Martins. “*Antenas de comunicações para UAV's*”. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016*
- [29] UHF, Scherrer. “*Scherrer UHF Tx700Pro Manual*”. Manuals Lib, 2016.

- [30] Sousa, Joaquim Vasconcelos Reynolds de. “*Avaliação em Voo das Características de uma Asa de Envergadura Variável*”. *Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2014*.
- [31] RangeVideo. “Skew planar wheel transmitter antenna”. [Online]. Disponível: <https://www.rangevideo.com/products/1-2-ghz-circular-wireless-skew-planar-wheel-transmitter-antenna-spw-rhcp>. [Acedido a 20-fevereiro-2023]
- [32] Miller, Pedro de Oliveira Martins Gersão. “*Design of a Remote Person View System for a Long Range UAV*”. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015*.
- [33] Matias, Gonçalo. “*Critérios de regulamentação-base aplicável à operação das aeronaves não tripuladas (Drones) em espaço aéreo nacional*”. *Dissertação de Mestrado, ISEC, Lisboa, 2016*.
- [34] ANAC. “Plataforma de Registo Eletrónico da ANAC”. ANAC, 2021.
- [35] República, Diário da. “*Decreto-Lei n.º 42071/1958*”, 1958
- [36] Nacional, Autoridade Aeronáutica. “*E-Autoridade Aeronáutica Nacional Guia Rápido para Operadores*”. Autoridade Aeronáutica Nacional, 2023
- [37] Lusitânia. “Seguro de Responsabilidade Civil”. [Online] Disponível: <https://www.lusitania.pt/particulares/seguro-familia-e-lazer/drones#vantagens-o>. [Acedido a 8-março-2023]
- [38] ANAC. “Plataforma Eletrónica de Formação e Exames à distância de pilotos remotos”. [Online]. Disponível: [rp.anac.pt](http://rp.anac.pt) [Acedido a 9-março-2023]
- [39] ANAC, “Zonas Geográficas”. [Online]. Disponível: <https://uas.anac.pt/explore>. [Acedido a 9-março-2023]
- [40] ANAC, “Zonas proibidas ou condicionadas”. [Online]. Disponível: [https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/zona\\_proibidas\\_condicionada\\_s/Paginas/Zonasproibidasoucondicionadas.aspx](https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/zona_proibidas_condicionada_s/Paginas/Zonasproibidasoucondicionadas.aspx). [Acedido a 10-março-2023]
- [41] EASA. “*Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems*”. EASA, 2022.
- [42] ANAC. “Autorizações operacionais – SORA/PDRA”. [Online]. Disponível: [https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria\\_especifica/autorizacao\\_operacional\\_sora\\_pdra/Paginas/AutorizacaoOperacionalSORA.aspx](https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/categoria_especifica/autorizacao_operacional_sora_pdra/Paginas/AutorizacaoOperacionalSORA.aspx). [Acedido a 16-março-2023]
- [43] ANAC. “Formulários Categoria Específica”. [Online]. Disponível: <https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/formularios/formularioscategoriaespecifica/Paginas/FormulariosCategoriaEspecific.aspx>. [Acedido a 17-março-2023]
- [44] Ancheta, Winrich Joy. “*Application of a Specific Operation Risk Assesment (SORA) to a Light Unmanned Rotorcraft System*”. *Dissertação de Mestrado, FH Campus Wien, Wien, 2018*.
- [45] Leitfaden. “*Guidance for Dimensioning of Flight Geography, Contingency Volume and Ground Risk Buffer*”. LIBA, 2023.

- [46] JARUS. “JAR doc 06 SORA (package)”. [Online]. Disponível: <http://jarus-rpas.org/content/jar-doc-06-sora-package>. [Acedido a 23-março-2023]
- [47] ICAO, “Safety Management Manual 9859”. ICAO, 2013.
- [48] Hamed Habibi, D. M. K. K. Venkateswara Rao, Jose Luis Sanchez-Lopez, Holger Voos, “On SORA for High-Risk UAV Operations under New EU Regulations: Perspectives for Automated Approach”. EESS, 2023.
- [49] C. Capitán, J. Capitán, Á. R. Castaño and A. Ollero, "Risk Assessment based on SORA Methodology for a UAS Media Production Application," 2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Atlanta, GA, USA, 2019.
- [50] Richardson, Dr T. “Ops manual UOB V 4.31”. University of Bristol, 2022.
- [51] Harrison, Dr Andy. “OPERATIONS MANUAL”. Bournemouth University, 2022.
- [52] Manfreda, Salvatore. “Operations Manual for the Use of UAS in Environmental Studies (based on SORA 2.0)”. [Online]. Disponível: <https://www.salvatoremanfreda.it/index.php/2023/operations-manual-for-the-use-of-uas-in-environmental-studies-based-on-sora-2-0/> [Acedido a 05-abril-2023]
- [53] Comissão Europeia. “Regulamento (EU) N.2014/376 relativo à comunicação, à análise e ao seguimento de ocorrências na aviação civil”, 2014.
- [54] R. R. Sahani, U. Mandal, A. Shrivastava and H. K. Ratha, "High power UHF transmitters using SSPA for flight termination system in test range: A detailed study," 2017 IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS), Thiruvananthapuram, India, 2017.
- [55] Aktas, M., Ertugrul, C. e Karakus, C. 2016. *Onboard Flight Termination System with Electronic Safe&Arm Mechanism: A Rapid Solution for High Velocity Flight Vehicles*. Ankara : ama-science, 2016.
- [56] EASA, “Final Means of Compliance with Light-UAS.2511 MOC Light-UAS.2511-01 – Issue 01”. [Online]. Disponível: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/final-means-compliance-light-uas2511-moc-light>. [Acedido a 26-março-2023]
- [57] EASA, “Design Verification Report”. [Online]. Disponível: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/design-verification-report>. [Acedido a 6-abril-2023]
- [58] Matthew Sweeny, Michel Fathallah, Tom Bass, Kranthi Baddam, John R. Foggia, “Parachute deployment system for an unmanned aerial vehicle”. Flirtey Holdings Inc, 2018
- [59] ANAC, “Operações transfronteiriças de operadores portugueses em outros países da União Europeia”. [Online] Disponível: [https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/operacoes\\_transfronteiricas/Paginas/OperacoesTransfronteiricas.aspx](https://www.anac.pt/vPT/Generico/drones/operacoes_transfronteiricas/Paginas/OperacoesTransfronteiricas.aspx) [6-abril-2023]
- [60] Quirós, Marta Cobo, “Análisis de Riesgos para la Solicitud de Permisos de Vuelo de Aeronaves no Tripuladas”, Dissertação de Mestrado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020.

- [61] Neno Ruseno, Chung-Yan Lin, Shih-Cheng Chang, "UAS Traffic Management Communications: The Legacy of ADS-B, New Establishment of Remote ID, or Leverage of ADS-B-Like Systems?", *Drones* 6(3):57, February 2022.
- [62] Christoph G. Santel, Uwe Klingauf, "Collision Threat Identification Influenced by Pilot's Mental Model of the Cockpit Display". Institute of Flight Systems and Automatic Control Technische Universität Darmstadt, 2014.
- [63] Ardupilot, "failsafe function". [Online]. Disponível: <https://ardupilot.org/plane/docs/apms-failsafe-function.html#fs-actions>. [Acedido a 7-abril-2023]
- [64] Ardupilot, "DeadReackoning Failsafe". [Online] Disponível: <https://ardupilot.org/copter/docs/deadreckoning-failsafe.html>. [Acedido a 7-abril-2023]
- [65] Ardupilot, "Geofencing". [Online]. Disponível: <https://ardupilot.org/plane/docs/geofencing.html>. [Acedido a 7-abril-2023]
- [66] ANAC, "Relato de Ocorrências". [Online]. Disponível: <https://www.anac.pt/vPT/Generico/NotificacoesOcorrencias/Relatodeocorrencias/Paginas/Relatodeocorrencias.aspx>. [Acedido a 10-abril-2023]

# Anexo A – Requerimento para uma autorização operacional para a categoria específica



## Requerimento para uma autorização operacional para a categoria específica Application for an operational authorisation for the 'specific' category

Proteção de dados pessoais: Os dados pessoais incluídos neste requerimento e no processo de aplicação são processados pela autoridade competente para efeitos do [Regulamento \(UE\) 2016/679](#) do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de abril de 2016, relativa à proteção de pessoas naturais no âmbito do processamento de dados pessoais e na livre circulação desses dados, que revogou a [Diretiva 95/46/EC](#) (Regulamento Geral de proteção de dados). Os dados serão processados para efeitos de performance, gestão e acompanhamento do processo despoletado pelo aplicante, pela autoridade competente para efeitos do artigo 12.º do [Regulamento \(UE\) 2019/947](#).

Caso o requerente pretenda obter informações adicionais relativas ao processamento dos seus dados pessoais ou exercer os seus direitos (i.e. aceder ou retificar qualquer imprecisão do dado, incluindo no caso de estar incompleto), contate a ponto de contato na autoridade competente.

O requerente tem o direito de a qualquer momento, submeter uma queixa relativamente ao processamento de dados pessoais à autoridade competente para a supervisão da proteção de dados, a Comissão Nacional de Proteção de dados.

Data protection: Personal data included in this application is processed by the competent authority pursuant to [Regulation \(EU\) 2016/679](#) of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing [Directive 95/46/EC](#) (General Data Protection Regulation). Personal data will be processed for the purposes of the performance, management and follow-up of the application by the competent authority in accordance with Article 12 of [Regulation \(EU\) 2019/947](#) of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft.

If the applicant requires further information concerning the processing of their personal data or exercising their rights (e.g. to access or rectify any inaccurate or incomplete data), they should refer to the contact point of their competent authority.

The applicant has the right to file a complaint regarding the processing of their personal data at any time to the national data protection supervisor authority.

Novo pedido

*New application*

Emenda a uma autorização Operacional NNN-OAT-xxxxx/yyy

*Amendment to operational authorisation NNN-OAT-xxxxx/yyy*

### 1. Informações do operador de UAS *UAS operator data*

1.1 Número de registo do operador de UAS  
*UAS operator registration number*

1.2 Nome do operador  
*UAS operator name*

1.3 Nome do administrator responsável  
*Name of the accountable manager*

1.4 Ponto de contato Operacional <i>Operational point of contact</i> Nome <i>Name</i> Telefone <i>Telephone</i> Email			
<b>2. Detalhes da operação de UAS <i>Details of the UAS operation</i></b>			
2.1 Data esperada de início da operação <i>Expected date of start of the operation</i>	DD/MM/YYYY	2.2 Data esperada para o fim <i>Expected end date</i>	DD/MM/YYYY
2.3 Locais de operação pretendidos <i>Intended location(s) of the operation</i>			
2.4 Referência da análise de risco e revisão <i>Risk assessment reference and revision</i>		<input type="checkbox"/> SORA version __ <input type="checkbox"/> PDRA # __-__ <input type="checkbox"/> Outro <i>other</i> _____	
2.5 Nível de garantia e integridade <i>Level of assurance and integrity</i>			
2.6 Tipo de operação <i>Type of operation</i>		<input type="checkbox"/> VLOS <input type="checkbox"/> BVLOS	
2.7 Transporte de carga perigosa <i>Transport of dangerous goods</i>		<input type="checkbox"/> Sim <i>Yes</i> <input type="checkbox"/> Não <i>No</i>	
2.8 Caracterização do risco no solo <i>Ground risk characterisation</i>	2.8.1 Área Operacional <i>Operational area</i>		
	2.8.2 Área Adjacente <i>Adjacent area</i>		
2.9 Limite vertical superior <i>Upper limit</i>	2.9.1 Área Operacional <i>Operational area</i>	_____ m (_____ ft)	
	2.9.2 Área Adjacente <i>Adjacent area</i>	_____ m (_____ ft)	
2.10 Espaço aéreo pretendido para a operação <i>Airspace of the intended operation</i>		<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> U-space <input type="checkbox"/> Outro, especificar <i>Other, specify</i> _____	
2.11 Nível residual de risco no ar <i>Residual air risk level</i>	2.12.1 Volume Operacional <i>Operational volume</i>	<input type="checkbox"/> ARC-a <input type="checkbox"/> ARC-b <input type="checkbox"/> ARC-c <input type="checkbox"/> ARC-d	
	2.11.2. Volume adjacente <i>Adjacent volume</i>	<input type="checkbox"/> ARC-a <input type="checkbox"/> ARC-b <input type="checkbox"/> ARC-c <input type="checkbox"/> ARC-d	
2.12 Referência do manual de operações <i>Operations manual reference</i>			
2.13 Referência da matriz de conformidade <i>Compliance evidence file reference</i>			
<b>3. Informações do UAS <i>Data of the UAS</i></b>			
3.1 Fabricante		3.2 Modelo	

Manufacturer		Model	
<b>3.3 Tipo de UAS</b> Type of UAS	<input type="checkbox"/> Aeroplano <input type="checkbox"/> Helicóptero Aeroplane Helicopter <input type="checkbox"/> Multirotor <input type="checkbox"/> Híbrido/VTOL Multirotor Hybrid/VTOL <input type="checkbox"/> Mais leve que o ar / outro Lighter than air / other	<b>3.4 Dimensão max característica</b> Max characteristic dimensions	_____ m
<b>3.5 Massa à descolagem</b> Take off mass	_____ kg	<b>3.6 Velocidade máxima</b> Maximum speed	_____ m/s (_____ knots)
<b>3.7 Número de série ou, se aplicável, marcas de registo da UA</b> Serial number or, if applicable, UA registration mark			
<b>3.8 Certificado de Exame Tipo ou Relatório de verificação do desenho, se aplicável</b> Type certificate (TC) or design verification report, if applicable			
<b>3.9 Número do certificado de aeronavegabilidade (CofA), se aplicável</b> Number of certificate of airworthiness (CofA), if applicable			
<b>3.10 Número do certificado de ruído, se aplicável</b> Number of Noise certificate, if applicable			
<b>3.11 Mitigação dos efeitos do impacto no solo</b> Mitigation of effects of ground impact	<input type="checkbox"/> Não No <input type="checkbox"/> Sim, Baixa Yes, low <input type="checkbox"/> Sim, média Yes, medium <input type="checkbox"/> Sim, elevada Yes, high		
<b>3.12 Requisitos técnicos para a contenção</b> Technical requirements for containment	<input type="checkbox"/> Simples Basic <input type="checkbox"/> Melhorado Enhanced		
<b>4. Observações</b> Remarks			
<b>5. Declaração de conformidade</b> Declaration of compliance			

Eu, o signatário, venho por este meio declarar que a operação UAS irá cumprir:

- com as regras aplicáveis na União e a nível nacional relacionadas com a privacidade, a proteção de dados, as responsabilidades, o seguro, a interferência contra atos ilícitos (security) e a proteção ambiental;
- com os requisitos aplicáveis consubstanciados no Regulamento (UE) 2019/947; e
- com as limitações e condições definidas na autorização fornecida pela autoridade competente.

I, the undersigned, hereby declare that the UAS operation will comply with:

- any applicable Union and national regulations related to privacy, data protection, liability, insurance, security, and environmental protection;
- the applicable requirements of Regulation (EU) 2019/947; and
- the limitations and conditions defined in the operational authorisation provided by the competent authority.

Moreover, I declare that the related insurance coverage, if applicable, will be in place at the start date of the UAS operation.

**Data** Date

DD/MM/YYYY

**Assinatura e carimbo** Signature and stamp

## Anexo B - Características Técnicas do UAS

<h3>Características técnicas do UAS</h3> <p><i>Technical characteristics of the UAS</i></p>	
<b>TREM DE ATERRAGEM <i>LANDING GEAR</i></b>	
<input type="checkbox"/> sim <i>yes</i> <input type="checkbox"/> não <i>no</i>	
<b>Tipo <i>Type</i></b>	<input type="checkbox"/> <b>Fixo <i>Fixed</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Retrátil <i>Retractable</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Outros <i>Other</i></b>
<b>Características <i>Characteristics</i></b>	<input type="checkbox"/> <b>Rodas <i>Wheels</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Sistema derrapagem <i>Skids</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Pernas <i>Legs</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Outros <i>Other</i></b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE CONSPICUIDADE <i>CONSPICUITY CHARACTERISTICS (2)</i></b>	
<b>Pintura <i>Paint (1):</i></b>	
<b>Luzes <i>Lights</i></b> (2)	<input type="checkbox"/> sim <i>yes</i>  <input type="checkbox"/> não <i>no</i>
<b>Intensidade <i>Intensity:</i></b>	
<b>Luzes visíveis da aeronave <i>Aircraft visibility lights:</i></b>	
<b>Luzes de controlo (modo de voo ou indicadores de alertas, etc.) <i>Control lights (flight mode or alert indicators, etc.):</i></b>	
<b>PROPULSÃO <i>PROPULSION (3)</i></b>	
<input type="checkbox"/> <b>Elétrico <i>Electrical</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Combustão <i>Combustion</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Híbrido <i>Hybrid</i></b> <input type="checkbox"/> <b>Outro</b>	
<b>Outra <i>Description</i></b>	
<b>Nota: Disponibilizar uma descrição breve (por exemplo, sistemas de empurrar/puxar, sistemas coaxiais no caso de multirotores, sistemas combinados, etc.).</b>	
<b>Note: Provide a brief description (for example, push/pull systems, coaxial systems in the case of multicopters, combined systems, etc.).</b>	
<b>SYSTEMS</b>	

<input type="checkbox"/> <b>Hélices</b> <i>Propellers</i>		<input type="checkbox"/> <b>Turbinas</b> <i>Turbines</i>		<input type="checkbox"/> <b>Outro</b> <i>Other</i>	
<b>Descrição</b> <i>Description:</i>					
<b>Sistema de controlo e/ou de posicionamento</b> <i>Control and/or positioning system (4)</i>					
<b>CONTROLADOR DE VOO</b> <i>FLIGHT CONTROLLER (5)</i>					
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer:</i>			<b>Modelo</b> <i>Model:</i>		
<b>Descrição</b> <i>Description:</i>					
<b>SISTEMA DE TÉRMINO DE VOO</b> <i>FLIGHT TERMINATION SYSTEM (6)</i>					
<b>Descrição</b> <i>Description:</i>					
<b>MODOS DE VOO</b> <i>FLIGHT MODES (7)</i>					
<b>Descrição</b> <i>Description:</i>					
<b>ESTAÇÃO DE CONTROLO NO SOLO</b> <i>GROUND CONTROL STATION (8)</i>					
<b>Emissor Rádio</b> <i>Radio emitter:</i>					
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer:</i>			<b>Modelo</b> <i>Model:</i>		
<b>Aplicação móvel/computador</b> <i>Mobile/computer application:</i>					
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer:</i>			<b>Modelo</b> <i>Model:</i>		
<b>Outro</b> <i>Other:</i>					
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer:</i>			<b>Modelo</b> <i>Model:</i>		
<b>LIGAÇÃO DE CONTROLO DE COMUNICAÇÃO</b> <i>CONTROL COMMUNICATION LINK</i>					
<b>Descrição (frequência)</b> <i>Description (frequency):</i>					
<b>LIGAÇÃO DE COMUNICAÇÃO DE TELEMETRIA</b> <i>TELEMETRY COMMUNICATION LINK</i>				<input type="checkbox"/> <i>sim</i> <i>yes</i>	
				<input type="checkbox"/> <i>não</i> <i>no</i>	
<b>Descrição (frequência)</b> <i>Description (frequency):</i>					

<b>LIGAÇÃO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO VIDEO (FPV) VIDEO</b> <i>SYSTEM COMMUNICATION LINK (FPV)</i>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>Descrição (frequência) Description (frequency):</b>	
<b>LIGAÇÃO DE COMUNICAÇÃO DA CARGA ÚTIL PAYLOAD</b> <i>COMMUNICATION LINK</i>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>Descrição (frequência) Description (frequency):</b>	
<b>CARGA PAYLOAD (9)</b>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>TIPO TYPE</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Fixa Fixed</b>	<input type="checkbox"/> <b>Permutabilidade Interchangeable</b>
<b>Descrição Description:</b>	
<b>LIMITES OPERACIONAIS OPERATION LIMITS (10)</b>	
<b>Altura de operação máxima Maximum operating height:</b>	
<b>Velocidade máxima Max airspeed:</b>	
<b>Condições meteorológicas Weather conditions:</b>	
<b>SISTEMAS DE SEGURANÇA/BARREIRAS DE SEGURANÇA E CONSCIÊNCIA SITUACIONAL</b> <i>SAFETY SYSTEMS/SAFETY NETS AND AWARENESS (11)</i>	
<b>DETETAR E EVITAR DETECT AND AVOID</b> <b>Descrição Description:</b>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>GEO-FENCING OR GEO-CAGING</b> <b>Descrição Description:</b>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>TRANSPONDER</b> <b>Descrição Description:</b>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>SISTEMAS PARA ATENUAR A ENERGIA CINÉTICA DE IMPACTO</b> <i>SYSTEMS FOR LIMITING IMPACT ENERGY</i> <b>Descrição Description:</b>	<input type="checkbox"/> sim yes <input type="checkbox"/> não no
<b>OUTRO OTHER</b> <b>Descrição Description:</b>	
_____, _____ de (of) _____ de (of) _____	
Local e data (local, dia, mês e ano)	

*Place and date (place, day, month and year)*

Nome

---

Nome, assinatura e carimbo  
*Name, signature and stamp*

# Anexo C - Modelo dos procedimentos para assegurar a conformidade com o Regulamento (EU) 2016/679 GM1 UAS.SPEC.050

<b>1. Identificar os riscos de privacidade que a operação pretendida possa criar</b> <i>Identify the privacy risks<sup>1</sup> that the intended operation may create</i>
<b>2. Definir o papel no respeitante à recolha e processamento de dados pessoais</b> <i>Define your role with respect to personal data collection and processing</i>
<input type="checkbox"/> Eu sou o responsável pelo controlo dos dados <i>I am the (joint) data controller</i>
<input type="checkbox"/> Eu sou o responsável pelo processamento dos dados <i>I am the (joint) data processor</i>
<b>3. Análise de risco de dados pessoais (DPIA) de acordo com o Artigo 35 do Regulamento (UE) 2016/679</b> <i>Data protection impact assessment (DPIA) according to Article 35 of Regulation (EU) 2016/679</i>
Avaliou a necessidade de realizar um DPIA: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> <i>Have you assessed the need to perform a DPIA: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></i>
Se sim, você tem de realizar um DPIA? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - Se sim, você realizou um DPIA? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> <i>If yes, do you have to perform a DPIA? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> - If yes, did you perform a DPIA? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></i>
<b>4. Descreva as medidas tomadas para garantir que os indivíduos estão cientes de que os seus dados podem ser recolhidos</b> <i>Describe the measures you are taking to ensure data subjects are aware that their data may be collected<sup>6</sup></i>
<b>5. Descreva as medidas tomadas para minimizar a recolha de dados pessoais ou para evitar a recolha de dados pessoais<sup>7</sup></b>

*Describe the measures you are taking to minimise the personal data you are collecting or to avoid collecting personal data<sup>7</sup>*

**6. Descreva o procedimento estabelecido para armazenar os dados pessoais e limitar o acesso a esses dados**

*Describe the procedure established to store the personal data and limit access to it*

**7. Descreva as medidas tomadas para garantir que os indivíduos que lidam com dados pessoais possam exercer o seu direito de acesso, correção, objeção e eliminação**

*Describe the measures taken to ensure that data subjects can exercise their right to access, correction, objection and erasure*

**8. Informação Adicional**

*Additional information*

# Anexo D – Declaração de Responsabilidade do Piloto Remoto

Completado por:

---

Função:

---

#	Tipo de verificação		Resultado (S/N)
<b>D</b>	Doença:	Estás a sofrer de alguma doença ou sintoma que possa afetá-lo durante o voo?	
<b>M</b>	Medicação:	Está a consumir algum medicamento que possa influenciar a sua capacidade de controlar o voo e reagir adequadamente em caso de emergência?	
<b>S</b>	Stress:	Estás sob stress ou pressão psicológica?	
<b>A</b>	Álcool:	Bebeu álcool nas últimas 24h?	
<b>F</b>	Fadiga:	Bebeu, dormiu e comeu o suficiente?	
<b>E</b>	Emoção:	Possui alguma situação emocional extrema?	

Outros detalhes:

---

---

---

Declaro que preenchi a checklist com veracidade e que estou apto para operar

# Anexo E – Design Verification Report (DVR)

**Data protection:** Personal data included in this application is processed by EASA pursuant to Regulation (EU) No 2018/1725 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data by the Union institutions, bodies, offices and agencies and on the free movement of such data. It will be processed solely for the purposes of the performance, management and follow-up of the Application by the Agency, without prejudice to possible transmission to internal audit services, to the Court of Auditors, to the European Anti-Fraud Office (OLAF) for the purposes of safeguarding the financial interests of the European Union. The Applicant shall have the right of access to his personal data and the right to rectify any such data that is inaccurate or incomplete. Should the Applicant have any queries concerning the processing of his personal data, he shall address them to the Agency at the following address: dpo [at] easa.europa.eu. The Applicant shall have right of recourse at any time to the European Data Protection Supervisor.

<b>1. Your Reference</b>	<b>Please provide a brief, unique identifier that we will use to refer to your application</b>
--------------------------	--

## 2. Applicant Address and Contact Data

### 2.1 Applicant Data

<b>2.1.1 Name and Address</b> (registered (business) name and address/legal seat of the company)	Account Number	3XXXXX	(A)DOA Reference	if applicable
	(Company) Name			
	Street / Nr			
	Post Code			
	City			
	Country			
<b>2.1.2 Contact Person</b> (responsible for this application)	Title	<input type="checkbox"/> Mr <input type="checkbox"/> Ms		
	Name			
	First name			
	Job title			
	Phone / Fax			
	Email			

### 2.2 Billing Data (may be left blank, if same as 2.1 Applicant Data)

<b>2.2.1 Billing Address</b> (EASA Fees & Charges invoices will state the address entered here)	(Company) Name	Same as in section 2.1.1 (other name only in exceptional cases)		
	Street / Nr			
	PO Box			
	Post Code			
	City			
	Country			

<b>2.2.2 Contact Person</b> Responsible for ensuring the EASA terms of payment are honoured. The electronic invoice will be issued to the email address indicated here)	Title	<input type="checkbox"/> Mr <input type="checkbox"/> Ms		
	Name			
	First name			
	Job title			
	Phone / Fax			
	Email	generic email address, if available, e.g. accounting@company.com		

### 2.3 Shipping Data (may be left blank, if same as 2.1 Applicant Data)

<b>2.3.1 Delivery Address</b> (for the shipping of original EASA documents)	(Company) Name	
	Street / Nr	
	PO Box	
	Post Code	
	City	
	Country	


<b>2.3.2 Contact Person</b> (shipping)	Title	<input type="checkbox"/> Mr <input type="checkbox"/> Ms
	Name	
	First name	
	Job title	
	Phone / Fax	
	Email	

<b>3. Identification of Area(s)</b>	
<input type="checkbox"/> UAS full design verification (SAIL III or IV)	<input type="checkbox"/> Mitigation Means linked with design
<input type="checkbox"/> SORA Step 9 Enhanced Containment	<input type="checkbox"/> Change to an existing design verification

<b>4. Product Identification</b>		
<b>4.1 Applicability</b> (as applicable)	UAS design verification Holder	
	Design Verification Reference	
	UAS Name	
	Model(s)	
<b>4.2 Product Category</b>	<input type="checkbox"/> Light UAS Medium Risk Sail III <input type="checkbox"/> Light UAS Medium Risk Sail IV <input type="checkbox"/> other	

<b>5. Design Verification</b>	
<b>5.1 UAS</b> Compliance of UAS Design with design-related OSOs, Integrity of Mitigation Means and/or Step 9 as per EASA AMC to regulation 2019/947 and areas identified in field 3	<b>Identification of the elements subject to design verification (see also completion instructions):</b>

<b>6. Applicant's declaration and acceptance of the General Conditions and Terms of Payment</b>	
<p>I declare that I have the legal capacity to submit this application to EASA and that all information provided in this application form is correct and complete.</p> <p>I have understood that I am submitting an application for which fees or charges will be levied by EASA in accordance with Commission Implementing Regulation (EU) on the fees and charges levied by the European Union Aviation Safety Agency, as last amended and available from <a href="http://easa.europa.eu/">http://easa.europa.eu/</a> &gt; Regulations &gt; Fees and charges.</p> <p><input type="checkbox"/> I hereby request a financial estimate of the fees or charges related to this application (please tick box if applicable). In cases where, due to the expected complexity of the project, this estimate requires a prior technical analysis by the Agency, this analysis shall be charged on an hourly basis, under a contractual agreement to be signed between the applicant and the Agency. This estimate will be amended if it appears that the task is simpler or can be carried out faster than initially foreseen or, on the contrary, if it is more complex and takes longer to carry out than the Agency could reasonably have foreseen. The estimate is for information purposes and has no binding effect on the Agency or applicant. I am aware that EASA is to continue the processing of this application only after the estimate has been accepted and, consequently the provision of an estimate will lead to a delayed project start.</p> <p><b>I acknowledge that I have read and understood the Agency's Terms of Payment (see <a href="http://easa.europa.eu/">http://easa.europa.eu/</a> &gt; the Agency &gt; FAQs &gt; Fees &amp; charges &gt; Downloads &gt; Terms of Payment) and agree to abide by them. I declare to be aware that fees or charges, as well as all relevant travel costs must be paid whether or not the application is successful and that they might not be refundable. Moreover, I declare that I am aware of the consequences of non-payment.</b></p>	

Date/Location	Name	Signature
<b>Important Note:</b> EASA cannot accept applications without signature. Please make sure that you sign the application.		
<p>This Application should be sent by e-mail to:  <a href="mailto:UAS@easa.europa.eu">UAS@easa.europa.eu</a></p>	<p><b>Completion Instructions</b></p>  <p>Completion instructions</p> <p>Please double-click on the icon to access the completion instructions.</p>	

## **Anexo F – Registo de manutenção do LEEUAV**

<b>Data</b>	<b>Problema</b>	<b>Resolução do Problema</b>	<b>Pessoa que realizou a atividade de manutenção</b>	<b>Notas/Comentário</b>	<b>Custo</b>

# Anexo G – Modelo de comunicação de ocorrências



## MODELO DE COMUNICAÇÃO DE OCORRÊNCIAS UAS

Conforme determinado pelo Regulamento da Comissão (UE) n.º 376/2014, Artigo 3º, as informações a serem fornecidas quando a operação de um UAS resultou numa lesão fatal ou grave de uma pessoa na categoria aberta ou específica, ou esteve envolvida numa colisão ou quase colisão com uma aeronave tripulada.

<b>Motivo da notificação</b>	<input type="checkbox"/> Ferimentos fatais ou graves em pessoas <input type="checkbox"/> Interferência com aeronaves tripuladas <input type="checkbox"/> Eventos adicionais de acordo com o Artº 12º do Reg. (UE) 2019/947
<b>Classe de ocorrência</b>	Incidente grave
<b>Tipo de evento</b>	Escolha um item
<b>No seu ponto de vista, indique qual é a causa provável para a ocorrência?</b>	Escolha um item <input type="checkbox"/> <b>Outro:</b> Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Identificação do UAS (número de registo do operador)</b>	Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Modelo do UAS</b>	Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Tipo</b>	Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Nº. de série</b>	Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Marcação de conformidade CE ou marcação Europeia de classe de conformidade</b>	Escolha um item ,ou Escolha um item
<b>Tipo de área de voo</b>	Escolha um item
<b>Classe SERA de espaço aéreo</b>	Escolha um item
<b>Espaço aéreo U</b>	Escolha um item
<b>Condições Meteorológicas</b>	Velocidade do vento: Clique ou toque aqui para introduzir texto Precipitação: Escolha um item Visibilidade: Clique ou toque aqui para introduzir texto Temperatura: Clique ou toque aqui para introduzir texto Altura da base das nuvens: Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Identificação da ocorrência</b>	Clique ou toque aqui para introduzir texto
<b>Reportado por*:</b> Nome da pessoa	Clique ou toque aqui para introduzir texto
Nome do Operador	Clique ou toque aqui para introduzir texto
Contacto, Data	Clique ou toque aqui para introduzir texto
	20210902

\* Consulte o verso para informação sobre dados pessoais