



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

**Análise e Mitigação do Risco em Operações Aéreas
Operação de Helicópteros no Combate a Incêndios
Florestais no Concelho do Fundão**

Carlos Augusto Pereira Pissarra Cavaleiro

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

Orientador: Prof. Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva

Covilhã, Outubro de 2017

Resumo

O trabalho realizado visa contribuir para a redução do risco associado a helicópteros em operações de combate a incêndio a baixa altitude, particularmente durante a recolha de água e, simultaneamente, para melhorar a eficiência da operação no ataque inicial contra incêndios florestais. Embora a segurança operacional do helicóptero tenha vindo a aumentar, principalmente devido a avanços tecnológicos e novas práticas de manutenção, ainda ocorrem incidentes e acidentes todos os anos durante a época de combate a incêndios.

A causa das ocorrências pode ser relacionada principalmente com impactos contra cabos ou terreno durante operações a baixa altitude, tanto durante as fases de aproximação como de descolagem dos pontos de recolha de água. Na maioria desses casos, os riscos são invisíveis para o piloto, sem que este tenha a consciência da localização ou presença de perigo. Não só esses problemas estão presentes, como os pilotos também enfrentam uma falta de conhecimento sobre a localização de pontos de recolha de água seguros e acessíveis, tornando a operação menos eficiente durante o ataque inicial, que é uma etapa fundamental para evitar o desenvolvimento e a progressão do incêndio.

O trabalho começa com uma etapa de recolha de dados. Nesta fase, são recolhidas informações relativas às características do terreno, os locais de obstáculos/recursos, o desempenho da aeronave, os procedimentos e os pontos/áreas de maior interesse. Uma vez recolhidos, é criado um conjunto de condições com os dados adquiridos e implementadas num sistema de informação geográfica, permitindo que o software analise e encontre os pontos de recolha de água mais seguros e acessíveis em cada território sob proteção.

Esta análise permite avaliar o risco, desenvolvendo-se um mapa de risco no qual todos os fatores relevantes para a operação do helicóptero são expostos. Também é possível identificar os pontos de recolha de água acessíveis, bem como a localização dos perigos, informação que pode então ser usada para assim avaliar e gerir o risco. Também será possível exportar os dados no formato GPS para que todos os pontos de recolha de água possam ser evidenciados ou selecionados pelo piloto durante as operações, diminuindo a carga de trabalho e aumentando a noção tática do piloto.

Com esta metodologia, é esperado que se reduza o risco da operação de combate a incêndios e simultaneamente se aumente a eficiência no ataque inicial.

Palavras-chave: Combate a Incêndio; Helicópteros; Gestão; Operações; Risco.

Abstract

The performed research aims to effectively reduce the risk associated with helicopters in low level firefighting operations, particularly during water collection and simultaneously to improve the operation's efficiency in the initial attack against wildfires. Although helicopter's safety is increasing, mainly due to technological breakthroughs and new maintenance practices, there are still incidents and accidents occurring each year during firefighting season.

The cause of the occurrences can be mainly addressed to cable or terrain impacts during low level operations, either during the approach or departure flight phases from the water collection points. In most of those cases, the hazards are invisible to the pilot, by not having the awareness of the hazard location or presence. Not only are these problems present, but pilots also face regularly lack of awareness to the location of safe and accessible water collection points, making the operation less efficient during the initial attack, which is a fundamental step to prevent further development and progression of the wildfire.

The work starts with a data collection stage. In this phase, information related to the terrain features, obstacles/resource locations, aircraft's performance, procedures and points/areas of interest is collected. Once it is gathered, a set of conditions with the retrieved data is created and implemented in a geographic information system, allowing the software to analyze and find the safest and most accessible water collection points in each protected territory.

This analysis allows to assess the risk, by developing a risk map in which all the relevant factors to helicopter operation are displayed. It is also possible to identify the accessible water collection points, as well as the location of hazards which can then be used for risk assessment and management. It will also be possible to export the data in GPS format so all the accessible water collection points could be displayed or selected by the pilot during operations, reducing the pilot's workload and increasing its situational awareness.

With this method, it is expected to reduce the firefighting operation risk and simultaneously increase the efficiency in the initial attack.

Keywords: Firefighting; Helicopters; Management; Operations; Risk.

Dedicatória

Aos que nunca deixaram de acreditar que seria capaz.

Agradecimentos

Estarei eternamente grato às pessoas aqui mencionadas e aqueles que irão permanecer no anonimato que de alguma forma apoiaram e incentivaram a realização desta dissertação de mestrado, sem as quais não teria sido possível a sua conclusão.

Ao meu orientador Professor Doutor Jorge Miguel dos Reis Silva, pela sua orientação, dedicação e paciência, durante todo o processo de crescimento e maturação desta dissertação.

Ao meu mentor de pilotagem, a pessoa que me deu as asas e que me apoiou a perseguir e concluir o curso de mestrado integrado em engenharia aeronáutica, Comandante José Pereira.

Ao meu amigo e colega que sempre me incentivou a concluir esta etapa de vida, Engenheiro António Nery.

Aos meus colegas de profissão, os aviadores, um especial obrigado pela ajuda e troca de experiências, em especial ao Cmdt. Filipe Lopes e Cmdt. Mário Mineiro, pela partilha de conhecimento e toda a ajuda disponibilizada neste trabalho.

Aos vários amigos e colegas que me ajudaram e me mantiveram motivado a perseguir a conclusão deste estudo, fica a dedicatória ao Eduardo Dias, Diogo Paulo, Sílvia Almeida, Alexey Nevenitsa, Tiago Alexandre, Pedro da Silva, Ana Costa, Ricardo Garcês, Nuno Costa, Rui Barros, Miguel Figueirinhas, Ricardo Faria, Jerónimo Andrade e Tiago Caldeira, um muito obrigado.

Ao Óscar Rodrigues por ter facultado grande parte das fotografias utilizadas neste trabalho.

Ao Dr. Miguel Almeida do Laboratório de Aerodinâmica Industrial, por me ter recebido impecavelmente bem durante a minha visita ao ADAI/LAI e pelo conhecimento partilhado.

Ao Dr. Rui Santos, Esri Portugal, pela concessão de licença de software ArcGIS.

Ao Eng. António Carvalho e Eng. Joel Pires, pela ajuda incansável nos sistemas de informação geográfica e revisão do texto.

Ao Sr. Presidente da Câmara do Fundão, Dr. Paulo Fernandes e ao Sr. Vice-Presidente da Câmara do Fundão, Dr. Miguel Gavinhos pela amabilidade da recessão a este estudo e por disponibilizarem acesso total aos dados do gabinete técnico.

Ao pessoal técnico da Câmara do Fundão, em especial ao Eng. Rui Gouveia pela ajuda prestada desde o primeiro instante.

Ao José Gabriel e Adriana Gonçalves pelos conselhos e reflexão, ao Ricardo Silva e João Silva pela paciência e apoio prestados nesta etapa.

À minha família, aos meus tios que tanto me apoiaram na minha formação, aos meus primos e a minha tia-avó. Aos meus avós, que tenho a certeza que estiveram presentes.

Finalmente às pessoas mais importantes da minha vida, estou certo que sem elas nem sequer seria ponderada a ideia destas palavras existirem.

À minha namorada Alexandra Silva, pela amizade, pela persistência e insistência, pelo apoio, por nunca ter desistido, uma das razões pelas quais foi possível concluir o curso. Ao meu pai, por me apoiar na conclusão do curso, por todo apoio que me deu e pela ajuda dada na tese.

E finalmente à minha mãe, a quem dedico esta tese, que sempre me apoiou e providenciou tudo na minha vida com a maior dedicação, sempre acreditou em mim e nunca desistiu um único dia.

Um enorme bem-haja a todos por fazerem parte desta concretização.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objeto e Objetivos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	2
1.4	Metodologia	2
2	Estado de Arte	5
2.1	Introdução	5
2.2	Estrutura do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF)	5
2.3	Desenvolvimento das Operações de Combate a Incêndios Florestais	10
2.3.1	Descrição da Operação de Helicópteros no Combate a Incêndios Florestais	12
2.4	Meios Aéreos no Combate a Incêndios Florestais	13
2.5	Meios Aéreos em Portugal	14
2.5.1	Meios Aéreos Usados no Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF)	14
2.5.2	Equipamentos de Supressão	22
2.5.3	Equipamentos de Navegação Aérea	23
2.6	O Incêndio Florestal	24
2.6.1	Importância do Ataque Inicial no Combate aos Incêndios Florestais	25
2.7	Uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	25
2.8	Mitigação do Risco na Operação Aérea a Baixa Altitude	27
2.8.1	Gestão do Risco	27
2.8.2	Dados de Ocorrências	31
2.8.3	Mitigação do Risco	34
2.9	Conclusão	37
3	Caso de Estudo	39
3.1	Introdução	39
3.2	Área de Estudo	39
3.2.1	Localização Geográfica	39
3.2.2	Morfologia	39
3.2.3	Ocupação de Solo	41
3.2.4	Clima	41
3.2.5	Recursos Hídricos	43
3.2.6	Índice de Risco de Incêndio Florestal	44
3.3	Meios Aéreos	45
3.3.1	Helicóptero Bombardeiro Ligeiro (HEBL) - Eurocopter AS 350 B3 Ecureil	45
3.3.2	Helicóptero Bombardeiro Médio (HEBM) - Bell 212	48
3.3.3	Helicóptero Bombardeiro Pesado (HEBP) - Kamov Ka-32 A11BC.	52
3.4	Metodologia	57
3.4.1	Recolha de Informação	57
3.4.2	Tratamento e Análise Sumária da Informação	59
3.4.3	Validação dos Pontos de Água	68
3.5	Conclusão	70

4	Análise de Resultados	71
4.1	Introdução	71
4.2	Dados Obtidos no Inquérito	71
4.3	Carta de Perigosidade	74
4.4	Carta de Pontos de Água	74
4.5	Carta de Localização de Infraestruturas Propostas	77
4.6	Tabela de Pontos de Água	78
4.7	Conclusão	78
5	Conclusões	81
5.1	Síntese da Dissertação	81
5.2	Considerações Finais	81
5.3	Trabalhos Futuros e Recomendações	82
	Referências Bibliográficas	83
	Referências Cartográficas	87
A	Anexos	89
A.1	Quadro Resumo dos Meios Aéreos Usados no ANPC	91
A.2	Principais Problemas para Operações de Trabalho Aéreo com Helicópteros	93
A.3	Código MATLAB Recomendado Para Cálculo de Amostra de Inquérito	95
A.4	Inquérito aos Pilotos	97
A.5	Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBL	101
A.6	Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBM	105
A.7	Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBP	109
A.8	Carta da Localização das Infraestruturas Propostas	113
A.9	Tabela de Todos os Pontos de Recolha de Água	117
A.10	Carta de Localização de Pontos de Água	121
B	Publicações	125
B.1	24º Congresso da APDR, julho de 2017	127

Lista de Figuras

1.1	Diagrama da metodologia (geral) adotada.	4
2.1	Eurocopter AS350 B3.	15
2.2	Bell 205.	16
2.3	Bell 212.	16
2.4	Kamov Ka-32A11BC.	17
2.5	PZL M-18 Dromader.	18
2.6	Air Tractor AT-802F.	19
2.7	Air Tractor Fireboss.	19
2.8	Canadair CL-215.	20
2.9	Canadair CL-415.	21
2.10	Beriev Be-200.	21
2.11	Exemplos de equipamentos de supressão.	22
2.12	Exemplos de GPS Garmin.	23
2.13	Representação de um <i>Safety Management System (SMS)</i>	28
2.14	Diagrama <i>Bowtie</i>	30
2.15	Exemplo de diagrama <i>Bowtie</i> na operação de combate a incêndios florestais. . .	31
2.16	Número de acidentes anuais com helicópteros a nível mundial para o período compreendido entre 1995 e 2012.	32
2.17	Percentagem de acidentes por causa imediata em helicópteros ligeiros.	32
2.18	Distribuição de nível 2 de SPS do SPS "Risco de Missão" em trabalho aéreo (Part SPO).	33
2.19	Percentagem das causas de ocorrência no combate a incêndios florestais em Portugal, para o período de 2001 a 2016.	34
2.20	Exemplo de equipamentos de reação (a) e prevenção (b).	35
2.21	Esferas de alta visibilidade em linhas de alta tensão.	36
2.22	Vestas Obstacle Collision Avoidance System (OCAS).	36
3.1	Concelho do Fundão e divisão das 23 freguesias.	40
3.2	Modelo de Elevação Digital de Terreno do Concelho do Fundão.	40
3.3	Ocupação do solo do Concelho do Fundão.	41
3.4	Temperaturas máximas médias mensais. Normais climatológicas para um período de 1971 a 2000 no Concelho do Fundão.	42
3.5	Precipitação média mensal. Normais climatológicas para o período de 1971 a 2000 no Concelho do Fundão.	42
3.6	Rede hidrográfica e principais pontos de água.	43
3.7	Índice de risco de incêndio.	44
3.8	Helicóptero AS350 B3 no DECIF como HEBL.	45
3.9	Dimensões principais do helicóptero AS350B3.	46
3.10	Gráfico de desempenho do helicóptero AS350 B3 fora do efeito de solo em voo estacionário (HOGE).	47
3.11	Ângulos máximos de inclinação durante a aterragem.	48
3.12	Helicóptero Bell 212 no DECIF como HEBM.	49
3.13	Dimensões principais do Helicóptero Bell 212.	49

3.14	Gráfico do desempenho em estacionário fora de efeito de solo (HOGE) do Bell 212.	51
3.15	Gráfico da distância de descolagem requerida do Bell 212.	51
3.16	Helicóptero Kamov Ka-32 A11BC em operação de busca e salvamento.	52
3.17	Dimensões principais do Helicóptero Kamov Ka-32.	53
3.18	Gráfico do desempenho em voo estacionário fora de efeito de solo (HOGE) do Kamov Ka-32.	55
3.19	Gráfico da distância de descolagem requerida do Kamov Ka-32.	55
3.20	Zona de proteção do helicóptero na aterragem e descolagem.	56
3.21	Modelo digital de terreno (MDT) do Concelho do Fundão.	60
3.22	Carta de perigo relativa ao declive do Concelho do Fundão.	61
3.23	Carta de perigo relativa a ocupação e uso de solo do Concelho do Fundão.	62
3.24	Carta de infraestruturas do Concelho do Fundão.	62
3.25	Carta de perigo das infraestruturas do Concelho do Fundão.	63
3.26	Índice de risco de incêndio para o Concelho do Fundão.	64
3.27	Diagrama da metodologia geral específica do modelo.	67
3.28	Levantamento usando o GPS South S86T e S82T.	68
3.29	Ponto de água típico condicionado por falta de manutenção.	69
3.30	Exemplo de obstáculos presentes à volta de um ponto de água.	69
4.1	Experiência dos pilotos, em horas de voo totais, e número de campanhas de combate a incêndios voadas.	71
4.2	Percentagem de respostas Sim e Não, nas perguntas da segunda parte do inquérito.	72
4.3	Informação mais relevante para os pilotos.	73
4.4	Carta de perigosidade para os meios aéreos.	74
4.5	Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Ligeiro.	75
4.6	Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Médio.	76
4.7	Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Pesado.	76
4.8	Carta de pontos de água propostos para o Concelho do Fundão.	77

Lista de Tabelas

2.1	Organização DECIF 2016.	8
2.2	Número de meios aéreos no DECIF por tipo de aeronave.	8
2.3	Escolha de meios aéreos.	13
2.4	Características do AS350 B3.	15
2.5	Características do Bell 205.	16
2.6	Características do Bell 212.	17
2.7	Características do Kamov Ka-32A11BC.	17
2.8	Características do PZL M-18 Dromader.	18
2.9	Características do Air Tractor AT-802F.	19
2.10	Características do Air Tractor Fireboss.	20
2.11	Características do Canadair CL-215.	20
2.12	Características do Canadair CL-415.	21
2.13	Características do Beriev Be-200.	22
2.14	Exemplo de tabela de análise de risco.	29
2.15	Análise do desempenho do controlo de risco.	31
2.16	Valores médios de acidentes e incidentes sérios com helicópteros por fase de voo em operações de trabalho aéreo (Parte SPO) de 2005 a 2015.	34
3.1	Dados da aeronave AS350 B3.	46
3.2	Cálculo da massa operacional da aeronave AS350 B3.	47
3.3	Limites de desempenho do AS350 B3.	48
3.4	Dados da aeronave Bell 212.	50
3.5	Cálculo da massa operacional da aeronave Bell 212.	50
3.6	Limites de desempenho do Bell 212.	52
3.7	Características da aeronave Kamov Ka-32 A11BC [75].	53
3.8	Cálculo da massa operacional da aeronave Kamov Ka-32.	54
3.9	Limites de desempenho do Kamov Ka-32.	55
3.10	Condicionantes relativas à dimensão dos helicópteros.	56
3.11	Condicionantes relativas ao desempenho de voo dos helicópteros.	57
3.12	Condicionantes relativas à operação dos helicópteros.	57
3.13	Código de perigosidade.	60
3.14	Quadro resumo dos valores das variáveis utilizadas para a carta de perigosidade.	65
4.1	Tabela das coordenadas geográficas da localização dos pontos de água propostos.	77
4.2	Tabela de atributos dos pontos de água selecionados.	79
A.1	Características dos Meios Aéreos de Acordo com a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) [92].	91
A.2	Problemas Principais para Operações de Trabalho Aéreo com Helicópteros	93
A.3	Tabela de pontos de água.	117
A.4	Tabela de pontos de água (continuação).	118
A.5	Tabela de pontos de água (continuação).	119
A.6	Tabela de pontos de água (continuação).	120

Lista de Acrónimos

ANAC	Autoridade Nacional de Aviação Civil
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
ATA	Ataque Ampliado
ATI	Ataque Inicial
AVATA	Aviões de Ataque Ampliado
AVBM	Aviões Bombardeiros Médios
AVBP	Aviões Bombardeiros Pesados
BAL	Bases de Apoio Logístico
CB	Corpo de Bombeiros
CDOS	Comando Distrital de Operações de Socorro
CFIT	Colisão com o Solo em Voo Controlado
CM	Câmara Municipal
CMA	Centro de Meios Aéreos
CNOS	Comando Nacional de Operações de Socorro
COS	Comandante de Operações de Socorro
CRIF	Companhia de Reforço para Incêndios Florestais
DECIF	Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais
DIOPS	Dispositivo Integrado das Operações de Proteção e Socorro
DON	Diretiva Operacional Nacional
EDP	Energias de Portugal
EIP	Equipas de Intervenção Permanentes
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAA	Autoridade de Aviação Civil dos Estados Unidos da América
FATO	Zona de Aproximação Final e Descolagem
FEB	Força Especial de Bombeiros
GIPE	Grupos de Intervenção Permanentes
GIPS	Grupo de Intervenção de Proteção e Socorro da GNR
GLOR	Grupo Logístico de Reforço
GNR	Guarda Nacional Republicana
GPIAA	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves
GPS	Global Positioning System
GRIF	Grupo de Reforço para Incêndios Florestais
GRUATA	Grupo de Reforço para Ataque Ampliado
GTF	Gabinete Técnico Florestal
HEATA	Helicóptero de Ataque Ampliado
HEATI	Helicóptero de Ataque Inicial
HEBL	Helicóptero Bombardeiro Ligeiro
HEBM	Helicóptero Bombardeiro Médio
HEBP	Helicóptero Bombardeiro Pesado
HOGE	Voo Estacionário Fora de Efeito de Solo
hp	Altitude Pressão
ICAO	Organização Internacional de Aviação Civil
ICFN	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas

IFR	Voo por Regras de Instrumentos
IMC	Condições Meteorológicas por Instrumentos
INCID	Incidente
ISA	Atmosfera Internacional Padrão
MARAC	Meios Aéreos de Reconhecimento, Avaliação e Coordenação
MDT	Modelo Digital de Terreno
MTOM	Massa Máxima à Descolagem
OAT	Temperatura Exterior do Ar
OCAS	Sistema de Prevenção de Colisão com Obstáculos
PCO	Posto de Comando Operacional
PLACOM	Estabelecimento Plano de Comunicações
PT	Pontos de Trânsito
REN	Redes Energéticas Nacionais
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SMS	Sistema de Gestão de Segurança Operacional
TAWS	Sistema de Alerta e Proximidade ao Solo
TO	Teatro de Operações
UBI	Universidade da Beira Interior
URL	Unidade de Reserva Logística
VFR	Voo por Regras Visuais
VMC	Condições Meteorológicas Visuais

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Numa época em que cada vez mais se utilizam as capacidades de computação para simulação e análise de dados surge a oportunidade e necessidade de aplicar essas ferramentas à gestão de meios aéreos no combate a incêndios florestais com o objetivo de melhorar a eficiência do seu uso e assim poder reduzir o risco nas operações aéreas.

Anualmente ocorrem incidentes e acidentes com os meios aéreos atribuídos ao dispositivo de combate aéreo a incêndios florestais no decorrer das operações que estão relacionados directamente ao embate contra as infraestruturas da rede eléctrica ou de telecomunicações que não se encontram balizados ou que a sua presença é desconhecida, locais de abastecimento de difícil acesso ou falta de conhecimento de outros obstáculos no teatro de operações. O Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves (GPIAA) declara a título de recomendação em alguns relatórios de acidente a necessidade de um levantamento em redor dos locais de enchimento, como referido no processo número 12/INCID/2011 [1]:

“À Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC),”

“Para que proceda, juntamente com a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), as autarquias e corporações de bombeiros, a um levantamento dos principais locais de reabastecimento de água dos meios aéreos e providencie, junto da REN e/ou EDP, à pintura diferenciadora dos postes e colocação de sistemas de sinalização dos vãos mais significativos e mais perigosos para as operações de reabastecimento.”

Para além destas ocorrências existem também anualmente reportes de danos efetuados aos bens de privados, como exemplo danos nas colheitas, imóveis e muros que estão próximos dos locais de enchimento de água e que são normalmente associados ao *downwash*¹ provocado pelos helicópteros. Por vezes, com o intuito de minimizar os danos ou o uso dos seus recursos, é cada vez mais usual encontrar os locais de enchimento bloqueados por objetos colocados pelo proprietário, que por vezes tomam atitudes agressiva perante o meio aéreo, colocando-se a si mesmo em risco bem como, aos meios aéreos e às pessoas que se encontram no mesmo local. Surge também a necessidade de referenciar estes locais e as suas condicionantes, por forma a evitar estes riscos.

O tema desta dissertação surge também no seguimento de um trabalho realizado por Nuno Neto na Câmara Municipal do Fundão, de título “Meios Aéreos num Sistema Integrado de Vigilância e Combate a Incêndios no Interior do País. O Caso do Concelho do Fundão.” [2].

¹Mudança da direção de escoamento deflectido por ação aerodinâmica por parte de um perfil, asa ou pá de rotor em movimento como parte do processo de geração de sustentação.

1.2 Objeto e Objetivos

O objeto deste trabalho é a operação de helicópteros no combate a incêndios florestais. O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo a partir de uma base de dados, que permita aos operadores de meios aéreos em particular de helicópteros, realizar uma análise de risco do teatro de operações em tempo real no combate a incêndios florestais, tendo como caso de estudo o concelho do Fundão.

Para a consecução do objetivo geral, enunciam-se de seguida os objetivos específicos deste trabalho:

1. Redução do risco na operação de meios aéreos, aumentando assim os níveis de segurança e a diminuição dos danos provocados junto ao solo;
2. A avaliação das condicionantes no terreno por forma a facilitar na tomada de decisão de todos os envolvidos na operação;
3. Realização de uma carta de pontos de água de suporte à análise e tomada de decisão pelos serviços/autoridades competentes, relativa aos recursos existentes e não existentes no terreno;
4. Criação de uma base de dados que possa ser atualizada e fornecida aos operadores de combate a incêndios.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta tese está dividida em cinco capítulos, descrevendo-se individualmente cada um nos parágrafos seguintes.

- O primeiro capítulo toma a forma de introdução, dividindo-se em quatro subcapítulos, a motivação, o objeto e objetivos, a estrutura da dissertação e por último a metodologia geral.
- O segundo capítulo corresponde ao estado de arte onde são abordadas as características dos meios aéreos e dos seus equipamentos, do terreno e dos incêndios florestais, descrevendo e justificando o recurso neste estudo aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta potente de análise espacial.
- No terceiro capítulo apresenta-se o caso de estudo, descrevendo-se a área geográfica, os meios aéreos utilizados e a metodologia específica usada.
- No quarto capítulo apresentam-se a análise e a interpretação dos resultados obtidos.
- No quinto capítulo escreve-se a conclusão com um síntese da dissertação, algumas considerações de carácter geral e particular, bem como, recomendações e propostas para estudos futuros.

1.4 Metodologia

Dadas as características peculiares dos objetivos deste estudo, desenvolveu-se uma metodologia repartida por um trabalho de campo e uma fase de gabinete.

O ponto de partida desta investigação foi a compilação e análise de carácter documental e bibliográfico, por forma a encontrar os melhores métodos a aplicar.

Porém a informação disponível é escassa, tendo-se consultado em primeiro lugar as cartas militares à escala 1:25 000 do IGeoE, cedidas pela Câmara Municipal do Fundão em formato digital. No capítulo 3, especificam-se as cartas militares, assim como os ortofotomapas à escala 1:10 000 e fotografias aéreas à escala 1:15 000.

Partindo desta informação, efetuou-se uma análise e recolha de elementos topográficos, cobertura vegetal, pontos de água e outros elementos condicionantes de algumas infraestruturas existentes, que posteriormente foram identificados no trabalho de campo.

Paralelamente foi efetuado um estudo relativo às limitações e desempenho das aeronaves que serão tidas em conta para a elaboração do modelo aqui proposto, recorrendo para isso aos manuais de voo e outra documentação técnica. Também se deu especial atenção, pelas suas especificidades, aos equipamentos únicos usados por cada aeronave. Nesta fase foi ainda dada atenção às características meteorológicas durante a fase mais extrema de operação, uma vez que estas condicionam as operações das aeronaves.

Elaborou-se com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica, uma carta síntese à escala 1:25 000, com os pontos de água e condicionantes, que resume a informação recolhida, bem como todos os elementos obtidos e necessários para a execução deste trabalho.

Com esta carta de síntese, percorreu-se toda a área de estudo para validar e georreferenciar todos os elementos inventariados, com a ajuda de um equipamento GPS (*Global Positioning System*) com base South RTK S86T e rover South RTK S82T, com uma precisão de 3 mm e com um minuto de registo, bem como as condicionantes e os parâmetros envolvidas na operação dos meios aéreos.

Procedeu-se à realização do Modelo Digital de Terreno (MDT) e obtiveram-se outras cartas (declives, ocupação e uso de solo, infraestruturas, condicionantes...) recorrendo a *software* específico cedido para o efeito pela ESRI-Portugal. Utilizou-se o ArcGIS Desktop 10.5. versão 10.5.0.6491.

Por fim, realizou-se a carta de perigosidade associada à operação, integrando os pontos de recolha de água existentes e propostos por forma a ser disponibilizada numa base de dados georreferenciada e compatível com os GPS usados atualmente pelas aeronaves.

Apresenta-se na figura 1.1, o diagrama da metodologia adotada neste trabalho.

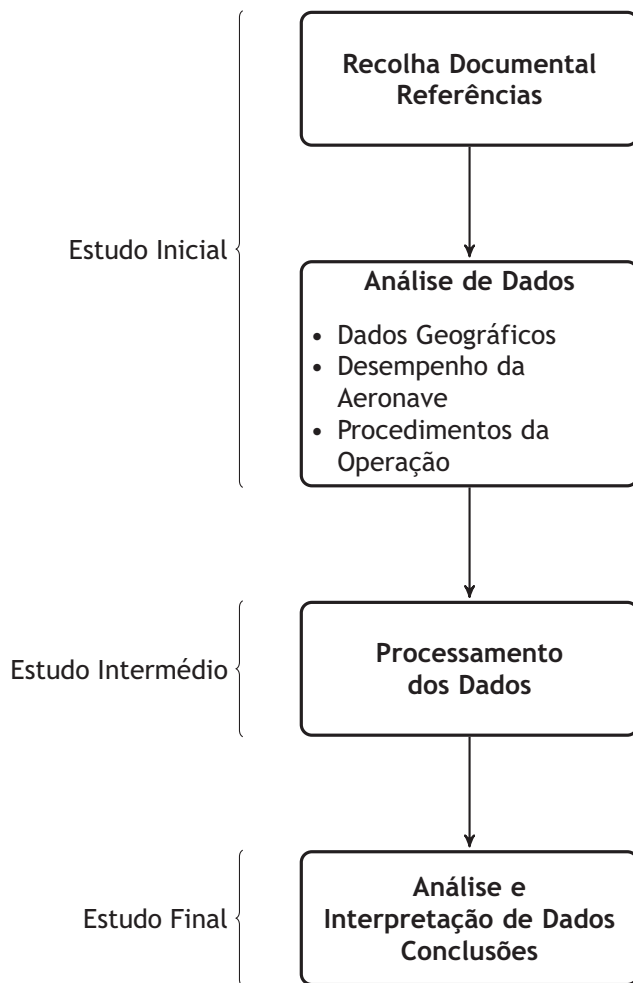


Figura 1.1: Diagrama da metodologia (geral) adotada.

Capítulo 2

Estado de Arte

2.1 Introdução

Neste capítulo serão abordados os temas fundamentais acerca da estrutura do combate a incêndios florestais, os meios aéreos e equipamentos ao dispor do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF), dados estatísticos relativos a ocorrências a nível mundial e nacional, descrição do modelo de Gestão de Risco Operacional e alguns sistemas de prevenção de mitigação de risco operacional.

2.2 Estrutura do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF)

O Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF), é subsidiário do Dispositivo Integrado das Operações de Proteção e Socorro (DIOPS), compreendendo as seguintes forças de empenhamento permanente [3]:

- Corpos de Bombeiros;
- Grupo de Intervenção de Proteção e Socorro (GIPS) da GNR;
- Força Especial de Bombeiros (FEB);
- Equipas de Intervenção Permanente;
- Grupos de Intervenção Permanente.

E compreende os seguintes meios aéreos de empenhamento permanente ou eventual:

- Helicópteros de Ataque Inicial (HEATI);
- Helicópteros de Ataque Ampliado (HEATA);
- Aviões de Ataque Ampliado (AVATA);
- Meios Aéreos de Reconhecimento, Avaliação e Coordenação (MARAC).

Ao nível de apoio operacional e logístico, o DECIF é também composto por Bases de Apoio Logístico (BAL), Centros de Meios Aéreos (CMA) e Unidades de Reserva Logística (URL).

Conta igualmente com técnicos do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), da ANPC e dos Gabinetes Técnicos Florestais (GTF) das Câmaras Municipais, entre outros elementos com capacitação técnica.

Estes estão qualificados para prestar apoio ao Comandante de Operações de Socorro (COS) ou Posto de Comando Operacional (PCO), ao nível do planeamento dos Teatros de Operações (TO) e da gestão da informação técnica de âmbito florestal.

Por último, referem-se ainda outras forças que integram o DECIF, como o Corpo Nacional de Agentes Florestais, Equipas de Sapadores Florestais, vigilantes, equipas da AFOCELCA, entre outros [3].

Apesar da complexidade e longa listagem de elementos que constituem o DECIF, estes organizam-se nas seguintes unidades a nível do emprego operacional no Teatro de Operações (TO):

- Companhia de Reforço para Incêndios Florestais;
- Grupo de Reforço para Ataque Ampliado;
- Grupo de Reforço para Incêndios Florestais;
- Grupo Logístico de Reforço;
- Grupo de Combate a Incêndios Florestais;
- Grupo de Reforço Ligeiro;
- Brigada Helitransportada de Ataque Inicial;
- Brigada de Combate a Incêndios;
- Brigada de Sapadores Florestais;
- Equipa Helitransportada de Ataque Inicial;
- Equipa de Combate a Incêndios;
- Equipa de Intervenção Permanente;
- Equipa Logística de Apoio ao Combate;
- Equipa de Sapadores Florestais;
- Equipa Municipal de Intervenção Florestal;
- Equipa do Grupo de Análise e Uso do Fogo;
- Equipa de Reconhecimento e Avaliação de Situação;
- Equipa de Posto de Comando Operacional.

De acordo com a Directiva Operacional Nacional nº2 de 2016 (DON nº2 2016), as forças de meios aéreos são definidas da seguinte forma:

- **Equipas Helitransportadas de Ataque Inicial (EHATI)¹**
Constituídas por 5 (cinco) operacionais, transportados num helicóptero, com a missão específica de intervenção imediata em incêndios florestais;
- **Brigada Helitransportada de Ataque Inicial (BHATI)¹**
Constituídas por 2 (duas) ou mais EHATI, transportadas por helicóptero ou helicópteros agrupados em *task force*;

¹O número de operacionais para as equipas/brigadas helitransportadas, está sujeito à avaliação do respetivo piloto comandante para cada missão.

- **Meios Aéreos de Reconhecimento, Avaliação e Coordenação (MARAC)**

Empenhamento em ações de reconhecimento, de avaliação e coordenação à ordem do Comando Nacional de Operações de Socorro (CNOS), sempre que as situações o justifiquem, através de meios próprios permanentes (helicópteros AS350 Ecureil ou Kamov Ka-32), ou da Força Aérea Portuguesa (FAP) em função da disponibilidade e prioridade de emprego destes meios militares;

- **Helicópteros de Ataque Inicial (HEATI)**

Empenhamento imediato e prioritário de Helicópteros Bombardeiros Ligeiros (HEBL) e Helicópteros Bombardeiros Médios (HEBM) em incêndios nascentes, com as respetivas equipas ou brigadas helitransportadas, para distâncias até 40 km, como meios nacionais em apoio direto aos Comandos Distritais de Operações de Socorro (CDOS), sem prejuízo da sua utilização nacional à ordem do CNOS. Envolvimento de helicópteros bombardeiros (HEB) da AFOCELCA em incêndios nascentes, nas áreas da sua responsabilidade e de acordo com a análise da perigosidade do incêndio numa faixa de 2 km em redor dos respetivos perímetros, ou noutras, à ordem do CNOS e em articulação com os CDOS, de acordo com o previamente definido entre as respetivas organizações e de acordo com a análise de perigosidade do incêndio;

- **Helicópteros de Ataque Ampliado (HEATA)**

Empenhamento de helicópteros bombardeiros pesados (HEBP), como meios nacionais, preferencialmente para distâncias até 70 km, sem prejuízo do seu imediato envolvimento em incêndios nascentes, à ordem do CNOS. Estes meios são integrados no plano de ação do PCO, de acordo com o Manual Operacional para Emprego de Meios Aéreos em Operações de Proteção Civil da ANPC. Este emprego de meios só se tornará efetivo por iniciativa do CNOS, ou por solicitação dos CDOS ao CNOS;

- **Aviões de Ataque Ampliado (AVATA)**

Empenhamento de aviões bombardeiros médios (AVBM) ou pesados (AVBP) anfíbios, como meios nacionais, sem prejuízo do seu imediato envolvimento em incêndios nascentes, à ordem do CNOS. Estes meios são integrados no plano de ação do PCO, de acordo com o Manual Operacional para Emprego de Meios Aéreos em Operações de Proteção Civil da ANPC. Este emprego de meios só se tornará efetivo por iniciativa do CNOS ou por solicitação dos CDOS ao CNOS;

- **Reserva do dispositivo aéreo**

Empenhamento de HEBP, de AVBM ou AVBP anfíbios, como meios nacionais, sem prejuízo do seu imediato envolvimento em incêndios nascentes, à ordem do CNOS. Reafetação, permanente ou temporária, de aeronaves de ATI a locais de maior vulnerabilidade, risco ou esforço, por decisão do CNOS;

- **Monitorização Aérea Armada (MAA)**

Missões de MAA, por decisão expressa do CNOS, efetuadas exclusivamente por aviões bombardeiros, desde que disponíveis, e planeadas pelos CDOS, tendo em conta a previsão do perigo de incêndio florestal, em locais do país mais suscetíveis à ocorrência dos incêndios florestais.

De acordo com a Directiva Operacional Nacional nº 2 de 2016 (DON nº2 2016) [3], o DECIF é organizado de acordo com a tabela 2.1.

Tabela 2.1: Organização DECIF 2016.

Fase	Período
Alpha	De 1 de janeiro a 14 de maio.
Bravo	De 15 de maio a 30 de junho.
Charlie	De 1 de julho a 30 de setembro.
Delta	De 1 de outubro a 31 de outubro.
Echo	De 1 de novembro a 31 de dezembro.

O esforço de empenhamento do DECIF, de acordo com a DON nº2 de 2016 [3], organiza-se nas fases seguintes:

Fase ALFA: Integrando as forças de empenhamento permanente e 2 (dois) helicópteros permanentes. Os meios aéreos podem ser reforçados até um máximo de 5 (cinco) meios aéreos e as forças terrestres até ao máximo indicado para a fase Bravo. A avaliação do perigo e do risco determinará o nível de empenhamento dos meios;

Fase BRAVO: Integrando até 6.570 elementos e até 1.504 veículos dos vários agentes presentes no terreno. Nesta fase, os meios aéreos são no máximo 6 (seis) até 31 de maio, e até 28 (vinte e oito) a partir de 15 de junho e 32 (trinta e quatro) a partir de 20 de Junho;

Fase CHARLIE: Integrando até 9.708 elementos, até 2.043 veículos dos vários agentes presentes no terreno e até 47 (quarenta e sete) meios aéreos;

Fase DELTA Integrando até 5.517 elementos e até 1.293 veículos dos vários agentes presentes no terreno. Nesta fase os meios aéreos são 22 (vinte e dois) até 05 de Outubro e 18 (dezoito) até 15 de outubro;

Fase ECHO: Integrando as forças de empenhamento permanente e 2 (dois) helicópteros permanentes. Os meios aéreos podem ser reforçados até um máximo de 5 (cinco) meios aéreos e as forças terrestres até ao máximo indicado para a Fase Delta. A avaliação do perigo e do risco determinará o nível de empenhamento dos meios.

O número máximo de meios aéreos empenhados no DECIF 2016 foi de 47 (quarenta e sete) aeronaves, distribuídos por tipo de acordo com a tabela 2.2 [3].

Tabela 2.2: Número de meios aéreos no DECIF por tipo de aeronave.

Tipo de Aeronave			
HEBL	HEBM	HEBP	AVBM/AVBP
28	8	3	8

É também importante definir as ações operacionais compreendidas pelo DECIF:

Antecipação: Antecipar ações de prevenção operacional em zonas mais suscetíveis aos incêndios, sob a coordenação da GNR em articulação com os CDOS;

Ataque Inicial (ATI): Garantir o ATI, como uma intervenção organizada e integrada, sustentada por um despacho inicial até 2 (dois) minutos depois de confirmada a localização do incêndio, de meios aéreos, quando disponíveis, e em triangulação, de meios terrestres de combate a incêndios florestais;

Ataque Ampliado (ATA): Garantir obrigatoriamente o início do ATA, sempre que atingidos os primeiros 90 (noventa) minutos de intervenção após o despacho do primeiro meio de ATI, e o incêndio não tenha sido dado ainda como dominado (em resolução) pelo COS. A ação de ATA pode iniciar-se antes de se atingirem os primeiros 90 (noventa) minutos de operação, quando a previsão de evolução do incêndio, efetuada pelo COS, assim o determine;

Reforço de Meios: Processo de balanceamento de meios intradistritais de socorro e apoio terrestres, por despacho do CDOS, ou meios interdistritais ou nacionais terrestres e/ou aéreos, por despacho do CNOS, em reforço obtendo, se necessário, a cooperação de outros organismos ou instituições nacionais ou estrangeiras. O reforço de meios pode assumir as seguintes formas:

- Reforço Nacional
 - Constituição de 5 (cinco) CRIF compostas por meios dos CB, à ordem do CNOS. Constituição até 10 (dez) GRUATA através de meios dos Corpos de Bombeiros e 1 (um) da FEB à ordem do CNOS. Acionamento de meios de outras organizações, públicas ou privadas, para combate, apoio ao combate, apoio logístico ou na consolidação da extinção e vigilância ativa pós-rescaldo;
- Apoio internacional
 - Interligação com os organismos de proteção civil dos países que possuem acordos de cooperação bilateral, em especial com a Direcção-Geral de Protecção Civil e Emergências (DGPCE) de Espanha, atento os acordos transfronteiriços. Interligação permanente ao Mecanismo de Protecção Civil da União Europeia (UE) através do Emergency Response Coordination Centre (ERCC) para troca de informações, de peritos ou meios de combate e apoio.

Extinção: Situação onde todos os focos de combustão estão extintos, no perímetro do incêndio estando garantida a sua consolidação;

Rescaldo: Ação descontínua e obrigatória que visa eliminar toda a combustão viva e isolar o material ainda em combustão lenta, utilizando prioritariamente ferramentas manuais, tratores agrícolas e/ou máquinas de rasto (MR), garantindo-se desta forma, que o incêndio não reativa;

Vigilância ativa pós-rescaldo: Operação que se realiza após o rescaldo de um incêndio, com a intervenção imediata das equipas e meios de vigilância, destinada a evitar que surjam reacendimentos.

Por forma a compreender como os meios aéreos são integrados no DECIF, o seu emprego faz-se em conformidade com dois princípios essenciais: Integração no Dispositivo de Combate e Antecipação, com dois objetivos:

- Dominar as ignições no seu estado inicial dada a importância do Ataque Inicial (ATI) e da sua máxima eficiência;
- Limitar o desenvolvimento catastrófico dos incêndios, um objetivo relativo ao Ataque Ampliado (ATA), quando o ATI não é suficiente para dominar o foco inicial.

2.3 Desenvolvimento das Operações de Combate a Incêndios Florestais

É importante entender o desenvolvimento das operações de combate, por forma a entender também as várias fases em que aquelas se desenrolam:

Segundo a DON nº2 de 2016, fazem parte das operações de combate as seguintes fases [3]:

1. Antecipação da Acção;
2. Ataque Inicial;
3. Ataque Ampliado;
4. Rescaldo;
5. Vigilância Ativa Pós-Rescaldo.

Uma vez que os itens 2. e 3. são os mais relevantes para este trabalho, deixa-se a sua descrição de acordo com a DON nº2 de 2016 [3]:

Ataque Inicial:

- No período de funcionamento dos CMA da ANPC, e se a localização do incêndio se encontrar no raio de atuação de meios aéreos de ATI, acionamento pelo CDOS, de forma imediata, de um (1) meio aéreo de ATI e respetiva equipa/brigada helitransportada, quando e onde disponível. A intervenção de meios aéreos neste contexto, em ocorrências localizadas em área urbana, exige sempre avaliação prévia do CODIS;
- O empenhamento adicional de meios de ATI está dependente de autorização prévia do CONAC, para as freguesias não elencadas previamente em Instrução Operacional (INSTROP) do CNOS;
- O acionamento imediato e em simultâneo com o meio aéreo atrás referido, em ATI e, em triangulação, de 3 Veículos de Combate a Incêndios (VCI) dos três CB mais próximos do local do incêndio, das equipas de vigilância e ATI que se encontrem nas proximidades do incêndio, tendo em vista uma ação rápida e incisiva nos primeiros momentos;
- Este ATI deve permitir colocar o primeiro meio de intervenção operacional, no início de um incêndio, até 20 (vinte) minutos depois do despacho inicial;
- Acionamento do Comandante de Permanência às Operações (CPO), quando a situação o justifique, em apoio ao elemento de comando do CB com responsabilidade pela área de atuação onde decorre o incêndio, para reconhecimento, avaliação inicial da situação e informação à estrutura operacional, tomada de decisões atempada e o comando imediato das forças no TO;

- Emprego de métodos de combate combinado e/ou indireto, através da utilização de ferramentas manuais, tratores agrícolas, MR e a utilização racional e coordenada de fogo de supressão (fogo tático ou contra-fogo), sob a responsabilidade do COS e de acordo com a legislação aplicável;
- Utilização em ATI, de Helibombardeiros Pesados (HEBP) e/ou Aviões Bombardeiros Médios (AVBM) ou Aviões Bombardeiros Pesados (AVBP), tendo em vista a minimização do dano potencial previsível;
- Garantia de que o COS de uma operação de combate a incêndios florestais nascentes é da responsabilidade do chefe da primeira equipa de intervenção (helitransportada ou terrestre) a chegar ao TO;
- Logo que chegue uma equipa terrestre de Bombeiros, a responsabilidade do comando da operação passa a ser do chefe dessa equipa, coordenando com o responsável da força do GIPS, da FEB ou o responsável das ESF, se estiverem presentes no TO, o empenhamento destas forças até à materialização da sua retirada;
- Garantia da transferência do comando logo que chegue um elemento mais graduado e a passagem das informações necessárias que permitam o desenvolvimento da organização do TO para ATA, nomeadamente:
 1. Uma estrutura e localização adequada ao funcionamento do PCO;
 2. Uma adequada setorização do TO;
 3. O estabelecimento de um plano de comunicações (PLACOM);
 4. A definição de pontos de trânsito (PT);
 5. A definição das zonas de intervenção [zona de sinistro (ZS), zona de apoio (ZA) e zona de concentração e reserva (ZCR)] que assegurem a gestão da operação;
- O ATI desenrola-se de forma intensa, com rápida progressão das equipas terrestres, independentemente da sua titularidade e explorando todas as capacidades. Esta ação termina quando o incêndio for considerado dominado (em resolução) pelo COS no local, ou no momento em que o incêndio passa a ATA;
- Assegurar informação permanente ao CDOS sobre o ponto de situação (POSIT).

Ataque Ampliado:

- Sendo uma ação integrada, sustentada pelo despacho de meios de reforço e especiais, projetados para incêndios não dominados em ATI, caracteriza-se pelo desenvolvimento do SGO;
- Assegurar o reforço imediato do TO com ECIN e ELAC dos CB locais ou de CB adjacentes, GCIF, tratores agrícolas ou florestais com alfaias adequadas e MR;
- Assegurar as decisões táticas necessárias ao empenhamento, em simultâneo, de equipas terrestres para combate ao incêndio na floresta e equipas terrestres para combate ao incêndio nas zonas de interface floresta/urbano;
- Assegurar a margem de manobra necessária ao reforço no distrito de outros TO, podendo envolver recursos das restantes organizações integrantes do DECIF;

- Empregar métodos de combate combinado e/ou indireto, através da utilização de ferramentas manuais, tratores agrícolas ou MR e da utilização coordenada de fogo de supressão, sob a responsabilidade de técnico credenciado ou especializado para o efeito ou, após autorização expressa da estrutura de comando da ANPC registada na fita de tempo da ocorrência, sob a responsabilidade do COS e de acordo com esta DON e a legislação aplicável;
- Empregar ERAS na avaliação da situação operacional dos TO, sempre que a situação o justifique;
- Empenhar EPCO para garantir o estabelecimento da organização do TO, nomeadamente na sustentação do PCO;
- Acionar atempadamente os meios aéreos de ATA;
- Implementar medidas de coordenação dos meios de reforço, nomeando elementos que conheçam o TO e funcionem como elementos de ligação e guias;
- Implementar medidas que garantam a segurança do pessoal operacional, nomeando observadores junto dos sectores ou das equipas/brigadas;
- Sempre que uma operação passa a ATA, obriga à reposição da capacidade de ATI dos meios do dispositivo, especialmente das equipas helitransportadas, ESF, meios terrestres do GIPS, meios terrestres da FEB e todos os meios de ATI;
- Assegurar informação permanente ao CDOS sobre o POSIT;
- Estabelecer, por indicação do CDOS, uma Zona de Receção de Reforços (ZRR) que assegure a receção e concentração de reforços, atribuídos pelo CCON.

2.3.1 Descrição da Operação de Helicópteros no Combate a Incêndios Florestais

A operação dos meios aéreos desenvolve-se a partir do Centro de Meios Aéreos (CMAs), onde a tripulação recebe as ordens de missão através do Operador de Comunicações do CMA (OPTEL).

O raio de ação para helicópteros ligeiros (HEBL) e médios (HEBM) é de 35 km com centro no CMA.

Após o despacho do piloto, são admitidos os seguintes tempos de descolagem:

- Helicóptero Bombardeiro Ligeiro - 6 minutos;
- Helicóptero Bombardeiro Médio - 10 minutos;
- Helicóptero Bombardeiro Pesado - 25 minutos;
- Avião Bombardeiro Ligeiro - 12 minutos;
- Avião Bombardeiro Médio - 10 minutos;
- Avião Bombardeiro Pesado - 30 minutos.

Em relação à operação de helicópteros, existem dois tipos de missão de combate direto ao incêndio florestal; no Ataque Inicial o helicóptero descola do CMA com uma equipa de sapadores - 5 elementos no caso do HEBL e 9 elementos no caso do HEBM - a bordo e equipamento de combate e incêndios; de referir que o helicóptero efetua o cruzeiro para o incêndio com o balde Bamby Bucket desmontado, colocado num cesto lateral.

Após a chegada ao teatro de operações (TO), é efetuado um reconhecimento e escolhido o local de aterragem para largada da equipa de sapadores e colocação do balde Bamby Bucket, seguido de nova descolagem para a procura do primeiro ponto de água. A diferença entre o Ataque Inicial e o Ataque Ampliado; no segundo o helicóptero descola do CMA sem uma equipa de sapadores e com o balde já colocado. O helicóptero pesado apenas efetua Ataque Ampliado. Existe sempre a necessidade de procura de água no primeiro contacto com o incêndio florestal. De referir que o cruzeiro para HEBL e HEBM é efetuado a uma altitude ao solo entre 500 pés e 700 pés e para o HEBP de 1.500 pés.

O combate no TO tem uma duração de 1 (uma) hora e 30 (trinta) minutos para os HEBL e HEBM e 1 (uma) hora e 40 (quarenta) minutos para o HEBP. Após este tempo, regressam ao CMA para reabastecer por um período de tempo de 30 (trinta) minutos.

O emprego de meios aéreos é efetuado como mostra a tabela 2.3.

Tabela 2.3: Escolha de meios aéreos [4].

Tipos de Incêndio	Tipo de Aeronave
Monitorização Armada	AVBL AVBM AVBP
Incêndios Nascente	HEBL HEBM AVBL AVBM
Incêndio com Evolução Restrita	HEAC HEBM HEBP AVBM AVBP
Incêndio com Evolução Alargada	HEAC HEBP AVBM AVBP

2.4 Meios Aéreos no Combate a Incêndios Florestais

Desde o final de 1920 que são usados vários tipos de aeronaves e equipamentos de largada para combate a incêndios florestais. Dezasseis anos após o aparecimento do avião dos irmãos Wright, Kitty Hawk, são usadas aeronaves para a deteção de incêndios. Antes da descoberta do rádio, a informação sobre a localização dos incêndios era escrita em papel, a nota era colocada numa gondola ligada a um paraquedas e lançada a partir da aeronave para que equipas terrestres pudessem ter acesso a essa informação. Mais tarde utilizaram-se pombos correio. Ambas as técnicas eram bastante imprevisíveis [5].

Os meios aéreos foram evoluindo e são utilizados para combate direto a incêndios florestais desde pouco antes da Segunda Guerra Mundial onde eram usados inicialmente biplanos carregados com barris, normalmente cheios de retardante. Mais tarde, pós a Segunda Guerra Mundial, foram usados inicialmente aviões bombardeiros Grumman TBF Avenger modificados por forma a permitir o bombardeamento de água através do enchimento do compartimento utilizado anteriormente por armamento [6].

Os Estados Unidos da América foram os pioneiros no uso de aviões bombardeiros terrestres, enquanto que o Canadá avançou imenso na tecnologia de anfíbios e hidroaviões. Ainda hoje se pode observar essas diferenças nos meios aéreos usados, por ventura fruto também da morfologia do terrenos de ambos os países [7].

A partir de 1950 ambas as aeronaves e os equipamentos utilizados foram evoluindo ao longo do tempo sendo cada vez mais eficientes no combate ao incêndio florestal. Havendo inclusive aeronaves pensadas de raiz como de combate a incêndios, como é o caso do Canadair CL-204 do ano 1962, anfíbio exclusivamente utilizado para bombardeamento aéreo de água.

Menos claro é o início das operações com helicópteros. No Canadá, o interesse do uso do helicóptero para combate a incêndios revelou-se pós Segunda Guerra Mundial. Em 1948, foi utilizado operacionalmente, pela primeira vez no Canadá, um helicóptero no combate a incêndio florestal [8]. É possível afirmar no entanto, que o uso regular do helicóptero se deu a partir de meados dos anos 50, coincidente com o uso em massa do helicóptero durante a guerra do Vietname. Na Califórnia, USA, foram usados helicópteros pela primeira vez em 1956 [9].

Apesar dos meios aéreos não extinguirem os incêndios florestais por si só, são globalmente aceites como muito importantes ao apoio terrestre de combate a incêndios florestais. Ultimamente o ataque inicial assume-se como crucial na extinção e controlo de incêndios florestais nascentes.

2.5 Meios Aéreos em Portugal

Desde o ano de 1970 que existe uma utilização em Portugal de meios aéreos associados ao combate a incêndios florestais, primeiro em missões de reconhecimento aéreo, a partir de 1980 passaram a estar disponíveis para o combate direto aos incêndios florestais, de acordo com o ANPC [4]. Também foi a partir deste período que o transporte de equipas helitransportadas surgiu em Portugal.

A Autoridade Nacional de Proteção Civil classifica atualmente os meios aéreos nas seguintes classes [4]:

- Helicóptero Bombardeiro Ligeiro (HEBL) - Até 1.000 litros;
- Helicóptero Bombardeiro Médio (HEBM) - Entre 1.000 litros e 2.500 litros;
- Helicóptero Bombardeiro Pesado (HEBP) - Superior a 2.500 litros;
- Avião Bombardeiro Ligeiro (AVBL) - Até 3.000 litros;
- Avião Bombardeiro Médio (AVBM) - Entre 3.000 e 5.000 litros;
- Avião Bombardeiro Pesado (AVBP) - Superior a 5.000 litros.

De referir que a Autoridade Nacional de Proteção Civil classifica os meios apenas de acordo com a capacidade de água transportada e não toma em consideração outras características, como por exemplo a dimensão do meio aéreo, peso máximo à descolagem, o seu desempenho ou ainda o equipamento usado para combate a incêndios florestais, o que podem ter influência na escolha do local de abastecimento. No capítulo 3 irá descrever-se pormenorizadamente cada meio aéreo, com relevância para este estudo.

2.5.1 Meios Aéreos Usados no Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF)

Neste subcapítulo definem-se especificamente os meios aéreos usados pelo DECIF e algumas das suas características de acordo com o ANPC.

Eurocopter AS350 B3

O helicóptero ligeiro Eurocopter AS350 B3 (figura 2.1), é um dos helicópteros mono-turbina mais usados no mundo. É um helicóptero de alto desempenho, e na fase Charlie é o meio aéreo presente em maior número, 28 unidades em 2016 [3]. Conta com um motor Turbomeca Arriel 2B ou 2B1, dependendo da versão, com cerca de 535 kW de *Maximum Takeoff Power*. A sua Massa Máxima à Descolagem é de cerca de 2.250 kg e uma velocidade indicada a nunca exceder (VNE) de 287 km/h [10].



Figura 2.1: Eurocopter AS350 B3 [11].

Na tabela 2.4 descrevem-se algumas das características desta aeronave.

Tabela 2.4: Características do AS350 B3.

Tipo	Helicóptero Ligeiro
Velocidade de Cruzeiro	225 km/h
Velocidade de Operação	108 km/h
Tempo Útil de Operação	1h 30m
Capacidade de Água	900 l
Tripulação/Passageiros	1 / 5
Tempo de Descolagem	10 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	40 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	N.A.

Bell 205

O helicóptero médio Bell 205 (figura 2.2), famoso helicóptero usado na década de 60, ficou conhecido pela sua utilização tática na guerra do Vietname, como helicóptero de transporte de tropas e evacuação médica, provando finalmente que o helicóptero é um meio imprescindível e útil. É um helicóptero mono-turbina, capaz de levar maior número de passageiros e quantidade de água que o helicóptero anterior (tabela 2.5). Motorizado normalmente pela turbina Lycoming T5313A ou T5313B, ambas produzindo 1044 kW, com uma Massa Máxima à Descolagem (MTOM) de cerca de 4.300 kg [12]. A sua VNE é de cerca de 210 km/h em condições ISA e MTOM [13] ao nível médio das águas do mar.



Figura 2.2: Bell 205 [11].

Tabela 2.5: Características do Bell 205.

Tipo	Helicóptero Médio
Velocidade de Cruzeiro	180 km/h
Velocidade de Operação	108 km/h
Tempo Útil de Operação	1h 30m
Capacidade de Água	1.200 l
Tripulação/Passageiros	1 ou 2 / 9
Tempo de Descolagem	15 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	40 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	N.A.

Bell 212

O helicóptero médio Bell 212 (figura 2.3), é uma evolução bi-turbina do helicóptero anterior. Motorizado por duas turbinas gêmeas Pratt & Whitney Canada Corp. PT6T-3 e PT6T-3B, cada motor capaz de produzir até 1.342 kW, com um MTOM de 5.080 kg e uma VNE de 241 km/h [14] (tabela 2.6).



Figura 2.3: Bell 212 [11].

Tabela 2.6: Características do Bell 212.

Tipo	Helicóptero Médio
Velocidade de Cruzeiro	195 km/h
Velocidade de Operação	108 km/h
Tempo Útil de Operação	1h 30m
Capacidade de Água	1.200 l
Tripulação/Passageiros	1 ou 2 / 9
Tempo de Descolagem	15 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	40 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	N.A.

Kamov Ka-32A11BC

O helicóptero pesado Ka-32A11BC (figura 2.4) é de todos os helicópteros usados pelo DECIF, o que carrega a maior quantidade de água (tabela 2.7). A particularidade deste meios aéreo é o facto de possuir como característica rotores co-axiais, podendo aceder a pontos de água confinados, da mesma forma que um helicóptero médio. De fabrico Russo, possui duas turbinas Klimov Scientific and Industrial Enterprise TV3-117VMA produzindo cada um 1.640 kW. O MTOM desta helicóptero é de 12.000 kg. A sua VNE é de 260 km/h [15]. No entanto é apenas usado para Ataque Ampliado pelo DECIF [4].



Figura 2.4: Kamov Ka-32A11BC [11].

Tabela 2.7: Características do Kamov Ka-32A11BC.

Tipo	Helicóptero Pesado
Velocidade de Cruzeiro	185 km/h
Velocidade de Operação	108 km/h
Tempo Útil de Operação	1h 40m
Capacidade de Água	4.000 l
Tripulação/Passageiros	2 / 9
Tempo de Descolagem	25 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	30 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	N.A.

PZL M-18 Dromader

O M-18 Dromader (2.5) é um avião leve de bombardeamento. Ainda de motor pistão radial ASz-62IR-M18, produz na Potência Máxima à Decolagem cerca de 821 kW. Tem como desvantagem ter que aterrizar para reabastecer o tanque de água em terra, perdendo cerca de 10 minutos apenas em manobras no solo (tabela 2.8). Tem vindo a ser substituído pelo Air Tractor AT-802F [16].



Figura 2.5: PZL M-18 Dromader [11].

Tabela 2.8: Características do PZL M-18 Dromader.

Tipo	Avião Ligeiro
Velocidade de Cruzeiro	237 km/h
Velocidade de Operação	180 km/h
Tempo Útil de Operação	1h 30m
Capacidade de Água	2.200 l
Tripulação/Passageiros	1 / N.A.
Tempo de Decolagem	10 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	10 min
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	475 m

Air Tractor AT-802F

O AT-802F (figura 2.6) é um avião médio de bombardeamento. Desenvolvido inicialmente para fins agrícolas, rapidamente ganhou protagonismo como um dos melhores *Single Seat Air Tanker* (SEAT). Motor mono-turbina, normalmente motorizado por um Pratt & Whitney PT6A-67AG de 1.350 hp (1.007 kW) de potência. Estes aviões são normalmente equipados com um sistema de largada de água computadorizado o que os torna mais efetivos no ataque ao fogo, pois é possível gerir o número de largadas e a quantidade de água em cada uma delas [17]. Este tipo de avião é normalmente utilizado como meio aéreo de Ataque Inicial [4], no entanto, à semelhança da aeronave anteriormente caracterizada, necessita de reabastecer em local preparado, perdendo tempo em manobras no solo (tabela 2.9).



Figura 2.6: Air Tractor AT-802F [11].

Tabela 2.9: Características do Air Tractor AT-802F.

Tipo	Avião Médio
Velocidade de Cruzeiro	240 km/h
Velocidade de Operação	215 km/h
Tempo Útil de Operação	2h 00m
Capacidade de Água	3.300 l
Tripulação/Passageiros	1 / 1
Tempo de Decolagem	15 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	10 min
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	750 m

Fonte: Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Air Tractor Fireboss

O Fireboss (figura 2.7) é um avião anfíbio médio de bombardeamento. Igual à versão anterior, no entanto adaptada para *scooping*² possuindo dois flutuadores para o efeito [17]. Devido às diferenças estruturais, voa a uma menor velocidade de cruzeiro (tabela 2.10) e tem uma capacidade de carga relativamente mais baixa. No entanto os tempos de rotação poderão ser menores, caso haja superfícies aquáticas compatíveis ao seu uso.



Figura 2.7: Air Tractor Fireboss [11].

²Recolha de água pelos aviões em aquaplanagem numa superfície de água.

Tabela 2.10: Características do Air Tractor Fireboss.

Tipo	Avião Médio Anfíbio
Velocidade de Cruzeiro	230 km/h
Velocidade de Operação	215 km/h
Tempo Útil de Operação	3h 30m
Capacidade de Água	3.100 l
Tripulação/Passageiros	1 / N.A.
Tempo de Descolagem	15 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	15 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	30 min
Comprimento de Pista	800 m

Canadair CL-215

O Canadair CL-215 (figura 2.8) é um avião anfíbio pesado de bombardeamento. Projetado e construído pela Canadair em 1967 e produzido até 1990, motorizado por dois Pratt & Whitney R-2800-C3A, motores radiais, produzindo cada motor 1.566 kW (2.100 hp). Inicialmente concebido como avião de transporte, foi transformado em avião de combate a incêndios florestais a pedido das autoridades Canadianas [18], [19]. A carga de água é considerável (tabela 2.11), sendo usado para Ataque Ampliado [4].



Figura 2.8: Canadair CL-215 [20].

Tabela 2.11: Características do Canadair CL-215.

Tipo	Avião Pesado Anfíbio
Velocidade de Cruzeiro	240 km/h
Velocidade de Operação	215 km/h
Tempo Útil de Operação	3h 00m
Capacidade de Água	5.350 l
Tripulação/Passageiros	2 / N.A.
Tempo de Descolagem	30 min
Tempo Médio de Abastecimento de Água	10 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	60 min
Comprimento de Pista	1.200 m

Canadair CL-415

O Canadair CL-415 (figura 2.9) é um avião anfíbio pesado de bombardeamento. Versão moderna da aeronave CL-215, sofrendo alterações de motorização e estruturais. Passando a ser motorizado por duas turbóhélices Pratt & Whitney PW123AF de 1.775 kW (2.380 shp) cada motor, permitiu maior capacidade de carga (tabela 2.12) e um melhor desempenho. [19].



Figura 2.9: Canadair CL-415 [11].

Tabela 2.12: Características do Canadair CL-415.

Tipo	Avião Pesado Anfíbio
Velocidade de Cruzeiro	333 km/h
Velocidade de Operação	215 km/h
Tempo Útil de Operação	4h 00m
Capacidade de Água	6140 l
Tripulação/Passageiros	2 / N.A.
Tempo de Descolagem	N.A.
Tempo Médio de Abastecimento de Água	12 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	N.A.
Comprimento de Pista	1200 m

Fonte: Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Por vezes também são usados outros tipos de aeronaves para além dos referidos, como é o caso do Beriev Be-200 (figura 2.10), que embora não esteja descrito na DECIF 2016, já foi utilizado no passado, e embora não previsto inicialmente o seu uso por parte do DECIF 2016, foi chamado a vários Teatros de Operações, sendo operado a partir da Base Aérea de Monte Real (BA5) [21].

Beriev Be-200

Trata-se de um avião anfíbio pesado de bombardeamento, de fabrico Russo, projetado especificamente para a missão de bombardeamento aéreo de incêndios florestais; porém também com outros usos como busca e salvamento, patrulhamento marítimo e inclusive transporte de passageiros. Motorizado por duas turbinas Progress D-436TP, cada uma produzindo 7.500 kgf de tração [22], é a aeronave com maior carga de água e velocidade a operar em Portugal (tabela 2.13).



Figura 2.10: Beriev Be-200 [11].

Tabela 2.13: Características do Beriev Be-200 [22].

Tipo	Avião Pesado Anfíbio
Velocidade de Cruzeiro	710 km/h
Velocidade de Operação	250 km/h
Tempo Útil de Operação	4h 00m
Capacidade de Água	12.000 l
Tripulação/Passageiros	2 / N.A.
Tempo de Descolagem	N.A.
Tempo Médio de Abastecimento de Água	14 seg
Tempo de Reabastecimento de Combustível	N.A.
Comprimento de Pista	700 m

2.5.2 Equipamentos de Supressão

No caso dos aviões de combate a incêndios florestais, as aeronaves usadas em Portugal empregam todas tanques internos. Podendo ser abastecidos em terra ou superfícies aquáticas, e ainda podendo ser abastecidos com retardantes [4].

No caso dos helicópteros pode ser usado um balde ou um tanque (figura 2.11a). No entanto nos últimos anos tem-se vindo a utilizar apenas o balde. São várias as vantagens para a escolha de balde, sendo um sistema mais simples, de fácil instalação, podendo ser alijado em caso de necessidade; tudo isto são vantagens em relação ao sistema de tanque, mais complexo. Porém o sistema de tanque, permite o uso de locais de água de pouca profundidade, para além de que não tem o risco de ser acidentalmente alijado [23]. Também existem sistemas de balde que contêm bombas que permitem o enchimento do balde sem a haver necessidade da sua submersão [24].

No caso do balde, nos últimos anos tem sido utilizado o Bambi Bucket (figura 2.11b) da empresa SEI Industries. São vários os modelos oferecidos, e cabe ao operador a escolha do equipamento específico à aeronave operada, cumprindo os requisitos pré-estabelecidos.

O Bambi Bucket foi introduzido no ano de 1983 e rapidamente tornou-se num dos equipamentos de combate a incêndios florestais mais utilizados no mundo. No capítulo 3 será abordado especificamente o balde utilizado por cada meio aéreo, expondo-se as suas características e limitações.



(a) Exemplo de sistema de tanque externo [25].



(b) Balde Bambi Bucket [26].

Figura 2.11: Exemplos de equipamentos de supressão.

2.5.3 Equipamentos de Navegação Aérea

Para este estudo é importante referir os equipamentos de navegação aérea e descrever as suas características e operação.

O equipamento básico de navegação aérea é a bússola magnética; desde os primórdios da aviação que este instrumento é um equipamento de navegação básico e primário. Porém hoje em dia é comum o uso de equipamentos mais sofisticados a bordo das aeronaves, onde normalmente se pode encontrar uma panóplia de equipamentos de navegação, desde bússolas giroscópicas e detetores magnéticos, a GPS.

No caso dos meios aéreos utilizados no combate a incêndios florestais, é habitual o recurso ao GPS, muito embora os normalmente encontrados não sejam adaptados ao combate a incêndios florestais mas sim ao voo VFR/IFR. É habitual ser encontrada a família de GPS Garmin 430/530, com sintonia de rádio integrada nas aeronaves mais recentes. Por vezes podem também encontrar-se unidades mais antigas em operação, como por exemplo o Garmin 295 (figura 2.12a), que normalmente se encontra fixo à estrutura do *cockpit* por meio de uma pinça ou ventosa, não sendo parte integrante do painel de instrumentos (ao contrário do caso do Garmin 430/530).



(a) Garmin 295 [27].



(b) Garmin 530 [28].

Figura 2.12: Exemplos de GPS Garmin.

Quando o sistema é integrado, como é o caso do GPS Garmin 530/430, as informações são exportadas da unidade de GPS e apresentadas nos instrumentos da aeronave, seja na bússola giroscópica (comumente chamado de Indicador de Situação Horizontal, ou *Horizontal Situation Indicator (HSI)*) ou num monitor primário de voo (*Primary Flight Display (PFD)*), como se pode ver na figura 2.12b onde as indicações de direção dadas pelo GPS são apresentadas ao piloto no PFD; também pode ser visualizada a mesma informação no instrumento HSI (figura 2.12b), onde são apresentadas informações de direção do GPS.

Em todos os GPS é possível inserir pontos manualmente, o que requer alguma perda de tempo inicial. Nas unidades mais recentes já é possível importar dados de navegação - pontos e planos de voo - via cartão de memória ou ligação com um computador. No caso dos Garmin 430/530 é possível usar um computador por forma a criar a base de dados dos pontos ou planos de voo recorrendo ao *FlightPlan Migrator™Kit*, podendo depois os dados serem lidos e importados pela unidade de GPS via cartão de memória. Infelizmente nas unidades GPS mais antigas, não é possível esta importação de dados de forma oficial e certificada, embora exista software de terceiros que permite a importação de pontos.

Noutros casos, uma vez que se trata de uma operação de estado, e não sendo obrigatório o uso de GPS aeronáutico certificado, é utilizado um GPS terrestre mais simples e que permite a importação de mapas e pontos de navegação. Na Galiza, em Espanha, é usual o uso destes sistemas.

Para além das ofertas da Garmin, hoje em dia e a título pessoal, muito pilotos usam *tablets*, com sistema operativo iOS ou Android, conjugado com *software* de navegação aérea os mais conhecidos e utilizados são:

- o *Air Navigation Pro*, que permite a importação de mapas georreferenciados, planeamento do voo e pontos de navegação, curiosamente podendo ser anexado um ficheiro PDF aos pontos que pode ser aberto no programa; e
- o *SkyDemon*, que também permite a importação de pontos de navegação e planeamento de voo, inclusive a edição da base de dados no computador e importação via Internet. A empresa oferece ainda uma solução de *hardware* de unidade de GPS, semelhante ao Garmin 530 anteriormente descrito.

Porém os dois *softwares* têm filosofias de funcionamento distintas, o primeiro oferecendo várias cartas georreferenciadas pagas, elaboradas por terceiros, enquanto que o segundo fornece a própria base de dados de navegação, incluindo apenas cartas de aproximação de terceiros, também georreferenciadas. Ainda assim, ambas as ofertas são mais flexíveis que os GPS instalados normalmente nas aeronaves.

Pelo facto de existirem tantos sistemas de navegação GPS, são usados diferentes tipos de linguagens, traduzindo-se no uso de vários tipos de ficheiros. No caso da Garmin é usual encontrarmos ficheiros com extensão *.gpx*. Outra extensão de ficheiros bastante conhecida é a usada pela Google, que também passou a ser usada em muitas unidades de navegação GPS; *.kml* e *.kmz*.

É necessário pelas razões apresentadas, ter especial atenção ao formato que a unidade de *hardware/software* de GPS aceita, na altura da importação dos dados. A capacidade de memória destes equipamentos é também limitada, sendo necessário ter em atenção o número de pontos introduzidos por forma a não saturar o equipamento.

2.6 O Incêndio Florestal

Existem várias definições de incêndio florestal dada por vários autores, no entanto de acordo com a ANPC “entende-se como incêndio florestal, aquele que atinge uma área florestal ou seja uma área que se encontra arborizada ou inculta” [4, p. 11]. Já [29, p. 9] consideram que “um incêndio florestal é a combustão, sem controlo no espaço e no tempo, dos materiais combustíveis existentes nas áreas florestais”.

Independentemente da sua definição, na última década Portugal é o país do Sul da Europa mais afetado pela ocorrência de incêndios florestais. Alguns autores referem que os incêndios florestais são a causa de maior ameaça ao património florestal da bacia mediterrânica, destruindo a floresta de ano para ano [30].

De acordo com Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, a área ar-dida média entre o ano de 2006 e 2015 foi de 73.892 ha, sendo que no 9º Relatório Provisório de Incêndios Florestais em 2016 refere 160.490 ha como o maior número provisório de total de

área ardida registado entre os anos de 2006 e 2015 [31]. O custo dos incêndios florestais é elevado, é impossível quantificar os danos imateriais provocados nas populações, porém é possível quantificar os prejuízos que advêm da destruição provocada pelos por eles. No Relatório de Trabalho de Grupo da Assembleia da República, "*Análise da Problemática dos Incêndios Florestais*" é descrito o valor estimado de €981.319.010 entre o ano de 2006 e 2013 [32].

Hoje em dia, decorrente do estudo do comportamento do incêndio florestal, é possível prever o seu comportamento e evolução no tempo (dada a sua natureza dinâmica), com base na análise dos vários fatores condicionantes do fogo, isto é, a meteorologia atual ou prevista, a topografia e os combustíveis versus a variável temporal [29].

O aumento da temperatura média ambiente e o prolongamento dos períodos de seca irá aumentar no futuro, o que se traduz diretamente numa maior tendência para a ocorrência do incêndio florestal. É por isso importante a organização das várias entidades, a prevenção oposta à reação do incêndio florestal e um Ataque Inicial eficiente e eficaz.

2.6.1 Importância do Ataque Inicial no Combate aos Incêndios Florestais

É hoje aceite que o Ataque Inicial é determinante para o controlo e posterior extinção de um fogo nascente. Em [33] defende-se que o sucesso do combate ao incêndio florestal depende de uma resposta agressiva no Ataque Inicial (ATI) e que os primeiros 10 a 30 minutos são os mais importantes. Já em [34] concluíram que 20 a 30 minutos a partir do momento que se dá a ignição, pode ser condição suficiente para o incêndio atingir a fase de aceleração.

Já em relação aos meios aéreos, [35] concluí que é geralmente eficaz na assistência à contenção do fogo e particularmente eficaz durante a fase de Ataque Inicial, prevenindo a passagem do incêndio florestal à fase de Ataque Ampliado. Diz ainda que a limitação principal à eficácia do Ataque Inicial do meio aéreo é o seu tempo de resposta. Relembramos ainda que o uso do helicóptero tem vantagens quando perto do incêndio florestal existem pontos de água que permitam o seu reabastecimento, podendo até largar maior quantidade de água por tempo que os aviões com maior capacidade.

É por isso importante reduzir o tempo inicial de ataque ao incêndio florestal. Assim, é fundamental o conhecimento prévio das condicionantes locais.

Num inquérito efetuado aos pilotos de combate a incêndios florestais, que se mostra no capítulo 3.4 e 4.2, na pergunta:

"Alguma vez foi surpreendido por um obstáculo não reportado durante a fase de aproximação / descolagem do ponto de água?",

mais de 90% dos inquiridos respondeu "Sim", que de facto encontra dificuldades na procura do ponto de água após chegada ao teatro das operações. Uma medida que poderia ajudar a colmatar esta dificuldade, seria a criação de uma base de dados disponível no equipamento de GPS a bordo das aeronaves ou noutros formatos, como carta em papel.

2.7 Uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

O recurso a Sistemas de Informação Geográfica (sigla GIS em inglês) tornou-se frequente nos dias que correm, particularmente na realização análises complexas numa vasto e diversificado leque de áreas de estudo, desde a medicina, engenharia, passando pela economia e sociologia. De

facto o primeiro registo acerca de um Sistema de Informação Geográfica data do ano de 1954, quando o surto de cólera atingiu o centro de Londres e o físico e médico John Snow mapeou as origens da doença, estradas, linhas de água. Este estudo permitiu concluir que a distribuição da doença se faria ao longo das linhas de água, correlacionando assim a geografia com a saúde pública. Pode ainda afirmar-se que o referido estudo marcou o início da análise espacial, e também um novo campo de estudo, a epidemiologia [36].

Porém só no ano de 1968 é que os SIG passaram a ser usados em computadores quando Roger Tomlinson usou pela primeira vez o termo *Geographic Information System*, no seu artigo intitulado *A Geographic Information System for Regional Planning*. Foi a partir desse momento que o SIG passou a ser uma ferramenta baseada no uso de computador para armazenar e manipular dados de mapeamento terrestre. Roger Tomlinson, que viria a falecer no ano de 2014, deixou um grande legado na história e será sempre recordado como o pai dos SIG [37].

Cerca de cinco décadas após a sua criação, o SIG tornou-se uma ferramenta não só facilmente acessível como também muito utilizada pela população em geral, quase indispensável na vida quotidiana. Tarefas tão simples como a consulta da localização numa aplicação de telemóvel tornaram-se comuns, sendo possível georreferenciar a posição com maior ou menor precisão em tempo real [38].

O ArcGIS e o Quantum GIS, são os dois *softwares* de SIG mais utilizados. O primeiro é desenvolvido pela ESRI enquanto que o segundo é desenvolvido por uma comunidade de voluntários. Ambos os *softwares* dispõem de capacidades semelhantes no que diz respeito à análise espacial simples, porém o ArcGIS destaca-se devido à sua comercialização. É igualmente aplicado na análise espacial em combate a incêndios florestais, como por exemplo na criação de mapas de risco de incêndio florestal.

Atualmente o risco assume um papel fundamental, sendo possível mapeá-lo através de bases de dados. Para tal, tornar-se necessária a recolha de informação relativa a perigos, vulnerabilidades e por exemplo resposta de emergência seguida da atribuição de pesos e da aplicação de análise espacial com SIG.

O mapa de risco poderá então ser utilizado, por exemplo, no apoio à decisão de colocação de meios de prevenção em determinado local ou mesmo na sua realocação [39].

Ainda no combate a incêndios, o SIG é igualmente aplicado na descrição de frentes de fogo ativas, com recurso a informação meteorológica permitindo assim prever o seu comportamento através da simulação temporal. Outra aplicação dos SIG é a georreferenciação em tempo real dos meios aéreos no combate a incêndios florestais. Conjugado com os dados obtidos das frentes de fogo ativas, é possível facilitar o processo da tomada de decisão, aumentando a eficiência do meio aéreo, como é o caso do Los Angeles Fire Department (LAFD).

LAFD usa o SIG por forma a receber dados em tempo real sobre o trajeto de voo de uma aeronave, calcula pontos de latitude e longitude extraídos dos dados recebidos e converte-os em polígonos podendo assim determinar áreas e perímetros de interesse, como por exemplo áreas de incêndio florestal, desastres naturais, acidentes biológicos entre outros [40].

Com o desenvolvimento das tecnologias, os SIG tornaram-se uma ferramenta indispensável e de elevadas potencialidades no combate a incêndios florestais.

2.8 Mitigação do Risco na Operação Aérea a Baixa Altitude

2.8.1 Gestão do Risco

Segundo a ANPC, no combate a incêndios florestais, a gestão de risco tem como função identificar, analisar, avaliar e mitigar os riscos ocorridos em missões utilizando meios aéreos com o mais alto padrão de segurança. Apesar de desejada, a segurança absoluta deverá ser aceita como inalcançável, porém um nível de segurança razoável pode ser obtido em todo o espectro da operação. A ANPC usa o programa de segurança de voo aqui descrito em linhas gerais e afirma que a sua adoção e se os seus métodos se forem aplicados de forma diligente, os perigos e riscos associados às operações de combate aos incêndios florestais utilizando meios aéreos, poderão ser controlados e minimizados [4].

Existiram sempre perigos associados à operação de qualquer aeronave. Erros técnicos, operacionais e humanos induzem aos perigos. Perigos são fatores contribuintes para os acidentes. Acidentes são o resultado de muitos fatores contribuintes. Risco é a probabilidade e a gravidade do acidente potencial específico. O objetivo de formação e de cada programa de segurança de voo, é identificar, eliminar e controlar riscos e perigos associados. Este objetivo é garantido pela análise de perigos, registo e monitorização cuidadosa das ocorrências relacionadas com a segurança, quanto a tendências adversas para que seja possível evitar a ocorrência de incidentes similares que poderiam conduzir a um acidente com uma aeronave [4].

De acordo com a descrição do ANPC, existem cinco passos no processo de análise e avaliação do risco [4]:

1. Identificar o(s) Perigo(s)
 - Obter informação atualizada.
 - Identificar as situações de acidente potencial.
 - Considerar todos os aspetos do passado, presente e condições previstas e circunstâncias que poderão afetar a missão.
 - Manter um alerta contínuo sobre os objetivos de missão e estado das missões a decorrer.
2. Avaliar os Perigos / Risco
 - Avaliar os perigos para determinar os riscos.
 - Identificar as situações de maior risco.
 - Avaliar o impacto dos perigos em termos de probabilidade e severidade (probabilidade do evento e quais as suas consequências).
3. Decisão de Risco
 - Decidir aceitar os riscos associados.
 - Decidir rejeitar se os riscos versus benefícios continuam inaceitáveis.
4. Implementar Controlos
 - Determinar a melhor forma de atenuar o risco.
 - Estabelecer controlos para mitigar o risco.
 - Reavaliar os riscos versus controlo até ao ponto em que os benefícios superam o risco.

5. Supervisionar / Avaliar

- Manter constantemente uma consciência situacional.
- Antecipar consequências das decisões e controlos de risco.
- Avaliar continuamente a eficácia das decisões e controlo de riscos.
- Ajustar o controlo de riscos se necessário.

O que foi descrito anteriormente é a descrição de um *Safety Management System* (SMS) para o sector aeronáutico, muito embora a ANPC não lhe tenha dado essa designação.

De acordo com a Organização Internacional de Aviação Civil (sigla inglesa ICAO), o SMS por definição é “uma abordagem sistemática para a gestão da segurança de voo, incluindo as estruturas organizacionais necessárias, responsabilidades, políticas e procedimentos” [41, p. xii].

A *Federal Aviation Authority* (FAA) descreve o SMS em paralelo com a definição da ICAO, uma “abordagem formal, de cima para baixo, de toda a organização para gestão de riscos e garantir a eficácia do controlo de risco. Inclui procedimentos sistemáticos, práticas e políticas para a gestão de risco” [42].

Em [43, p. 1] descreve-se o SMS “como uma forma mais eficiente de fazer negócio que simultaneamente facilita um ambiente de trabalho mais seguro e amplifica a produtividade operacional da organização”.

A figura 2.13 representa o funcionamento de um SMS.

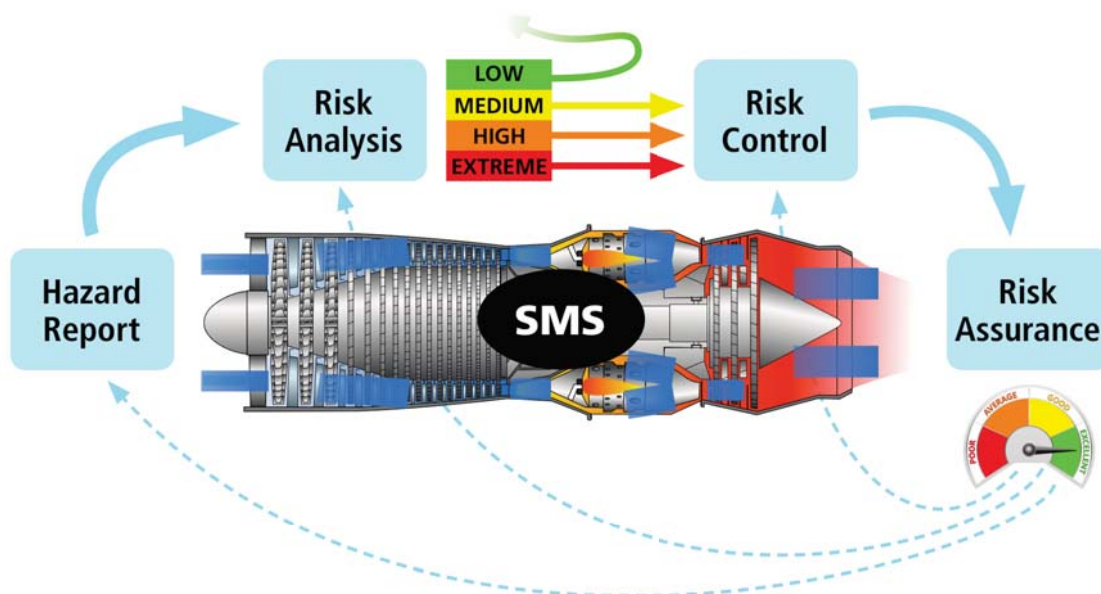


Figura 2.13: Representação de um *Safety Management System* (SMS) [43].

Uma forma de explicar o diagrama da figura 2.13 é a seguinte: o motor do SMS, processa a informação recebida de toda a organização e cria um impulso que faz mover toda a organização em direção a práticas mais seguras. Analogamente os sensores e instrumentos, recolhem informação acerca do desempenho deste motor, por forma a saber quando se devem ajustar componentes ou efetuar manutenção, para que a potência de saída (neste caso, segurança operacional), seja a mais alta e eficiente possível. Um motor não funciona sem combustível, e no caso do SMS esse combustível é a recolha de informação. Um dos aspetos fundamentais da implementação de um SMS é a recolha de dados sobre perigos e condições pouco seguras [43].

É usada a palavra “perigo” muitas vezes, talvez seja até a mais usada na aviação, no entanto existe vários conceitos que fazem o seu uso. Por exemplo, a metodologia *Bowtie* (conhecida em Português como análise gravata/borboleta), define “perigo” como uma situação, operação, evento que é parte da vida normal, mas que tem o potencial de causar dano. No entanto a regulamentação europeia (EU) 965/2012, mais concretamente na Parte ORO (*Organisation Requirements for Air Operations*), não faz esta distinção, apenas considerando um “perigo” como um evento geral ou uma situação que já se encontra fora de uma situação normal ou que já é um fator de contribuição para um possível incidente ou acidente [44].

O reporte de perigos e a sua identificação, deve ser encaminhado por forma a poder ser dado o seu tratamento e ser feita uma análise de risco. Deve existir um formulário simples e robusto, disponível dentro da organização. A mitigação do risco, requer a identificação e compreensão do perigo, antes de aplicar um controlo de risco. Ainda em relação à identificação de perigos, pode ler-se na regulação europeia (UE) 965/2012 em ORO.GEN.200 - Sistema de gestão - (a)(3) [45, p. 37]:

- (a) “O operador cria, implanta e mantém um sistema de gestão, que inclui”
 - (3) “A identificação dos perigos para a segurança da aviação decorrentes das atividades do operador, a sua avaliação e a gestão dos riscos associados, incluindo a adoção de medidas de redução dos riscos e o controlo da eficácia dessas mesmas medidas;”

O reporte do perigo, pode ser por exemplo, um piloto de combate a incêndios que detetou um novo cabo de alta tensão não reportado, perto de um local de enchimento. A análise de risco usa uma matriz, que permite uma macro análise aos riscos associados a uma determinada operação. A matriz deve ser construída como se mostra na tabela 2.14. O uso desta matriz, permite avaliar dois factores acerca de qualquer perigo: a sua **probabilidade**, desse perigo acontecer, e o seu **impacto**, o significado do resultado do problema. Isto é refletido pela fórmula 2.1.

$$Risco = Probabilidade \times Impacto \quad (2.1)$$

Alguns perigos apresentam um grau de perigosidade elevada, isto é, o seu impacto é muito alto, porém extremamente pouco prováveis. Como exemplo, ser-se atingido por um meteorito, enquanto em voo, teria um resultado catastrófico, porém, a probabilidade de acontecer é extremamente baixa o que resulta num pequeno risco envolvido. O exemplo contrário, seria a de um acontecimento muito provável de se manifestar, porém com um impacto muito baixo, por exemplo, o piloto bater com a cabeça a sair do helicóptero.

Tabela 2.14: Exemplo de tabela de análise de risco.

Impacto	Probabilidade				
	Frequente	Provável	Ocasional	Remoto	Improvável
I. Catastrófico	1	2	4	8	12
II. Crítico	3	5	6	10	15
III. Marginal	7	9	11	14	17
IV. Insignificante	13	16	18	19	20

Esta análise permite diferenciar e classificar os perigos, por forma a deixar de parte aqueles que apresentam um risco baixo e visar aqueles que representam um risco mais elevado. Uma

vez efetuada essa análise usando a tabela 2.14, recordando a figura 2.13, onde pode ser observado que os riscos baixos são ignorados, o sistema passa a efetuar um controlo aos riscos mais elevados.

Ainda que o objetivo deste estudo não vá além da análise de risco, fica contudo a explicação do controlo de risco. Após análise de risco, é necessário efetuar o controlo de risco (Risk Control na figura 2.13), isto é, criar controlos mensuráveis específicos para gerir os riscos analisados. As questões de segurança envolvem fatores diretos e latentes. Os fatores diretos de perigo, são os atos finais ou omissões que resultam diretamente na ocorrência (acidente/incidente). Os fatores latentes, são os indiretos, ou seja, a política da organização, procedimentos, ou cultura de segurança (*safety culture*). Ambos estes fatores devem ser considerados, e não apenas um único. Para isso deve existir um comité que possa rever os perigos/riscos e aplicar medidas de controlo. Este comité deve envolver pessoas de todas as áreas da operação (neste caso, pilotos, manutenção, sapadores, bombeiros, etc), com experiência e conhecimentos necessários por forma a dar perspectiva ao que está a acontecer na organização. Este comité deverá produzir propostas as quais devem ser postas em prática. Esta é uma parte importante do SMS [46].

Um dos métodos de análise de perigo é o modelo de *Bowtie*. Ainda que complexo, permite mapear visualmente as relações entre um perigo/causa e os riscos que coloca, as consequências, os diferentes métodos para controlar esse risco, ou seja, as barreiras proactivas e de recuperação, fatores de agravamento que reduzem a efetividade do controlo de risco e métodos por forma a controlar esses fatores de agravamento. O tipo de diagrama obtido, é semelhante a uma gravata (*Bowtie*), como podemos ver no diagrama genérico da figura 2.14.

O diagrama começa com uma **operação**, podendo ser a título de exemplo “Transporte de Passageiros”; as **causas** do lado esquerdo, incluem os perigos e ameaças, que podem levar ao **evento** com uma determinada probabilidade. Por forma a evitar esse evento, criam-se **barreiras proactivas**. Do lado direito do diagrama, pode observar-se as **consequências** do evento. Por forma a evitar as consequências, como último recurso aplica-se uma **barreira de recuperação**. A estas consequências está associado um nível de **risco**, como se pode observar na figura 2.14.

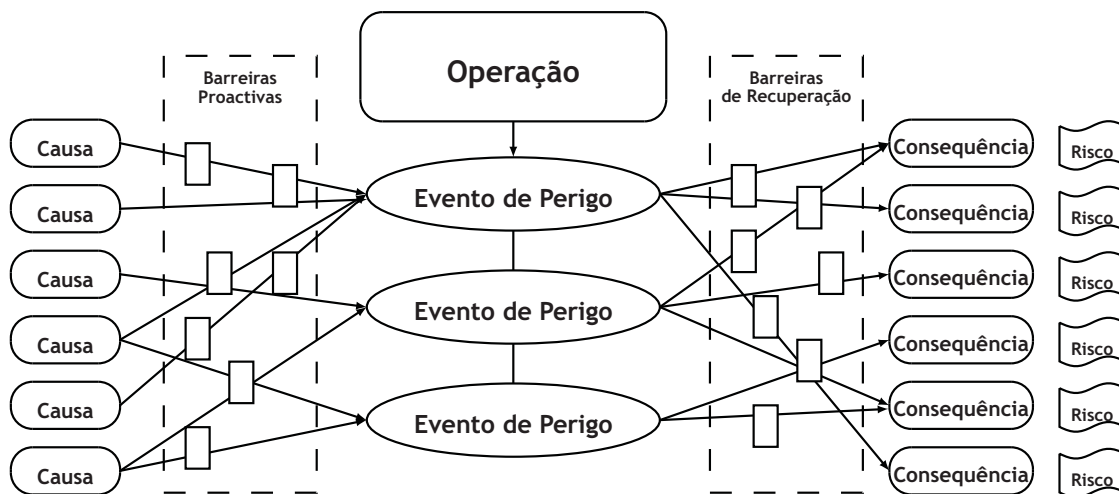


Figura 2.14: Diagrama *Bowtie*. Adaptado pelo autor de [44].

Para além de poder ser demonstrado visualmente a sequência de um acidente ou incidente, o modelo *Bowtie* também ilustra um amplo espectro de riscos associados e permite analisar e priorizar o controlo de risco usado. Na figura 2.15 pode observar-se um exemplo aplicado à operação de combate a incêndios florestais.

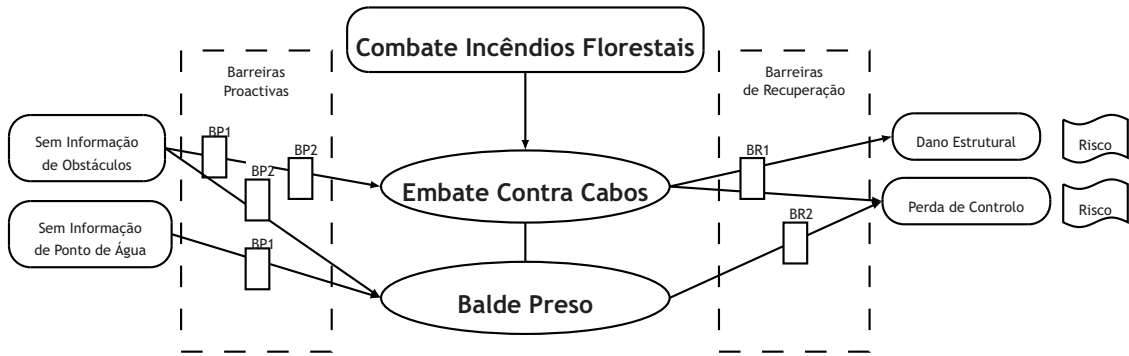


Figura 2.15: Exemplo de diagrama *Bowtie* na operação de combate a incêndios florestais. Adaptado pelo autor de [44].

No caso da figura 2.15, uma das barreiras pró-ativas pode ser a georreferenciação e divulgação de obstáculos junto dos pontos de água, ou por exemplo, a distribuição de uma base de dados e produção de cartas de navegação por forma a evitar os locais com maior perigosidade como proposto.

No final da análise temos a garantia de risco, isto é, deve avaliar-se o desempenho da análise de risco e das implementações efetuadas por forma a perceber se o controlo de risco a sua análise bem como o reporte de perigo funcionam de maneira efetiva a garantir um bom desempenho do Sistema de Gestão de Segurança Operacional. A tabela 2.15 serve como exemplo para uma análise do desempenho do controlo de risco.

Tabela 2.15: Análise do desempenho do controlo de risco [47].

		Implementation Performance	
		Good	Poor
Risk Score Performance	Better	Continue risk control; measure and adjust results as needed to meet objective	Risk control ineffective; consider new hazard factor to target and measure
	Same or Worse	Risk control ineffective; consider new hazard factor to target and measure	Adjust implementation plan to increase effectiveness

2.8.2 Dados de Ocorrências

De acordo com a *International Helicopter Safety Team - IHST*, a nível mundial em relação às ocorrências com helicópteros, entre os anos de 1995 e 2012 existiram 9.735 acidentes, com a distribuição anual como se pode observar na figura 2.16. O ano de 2002 corresponde ao pico máximo de ocorrências - 643; foi registado o número de ocorrências mais baixo em 1995 com o valor de 426.

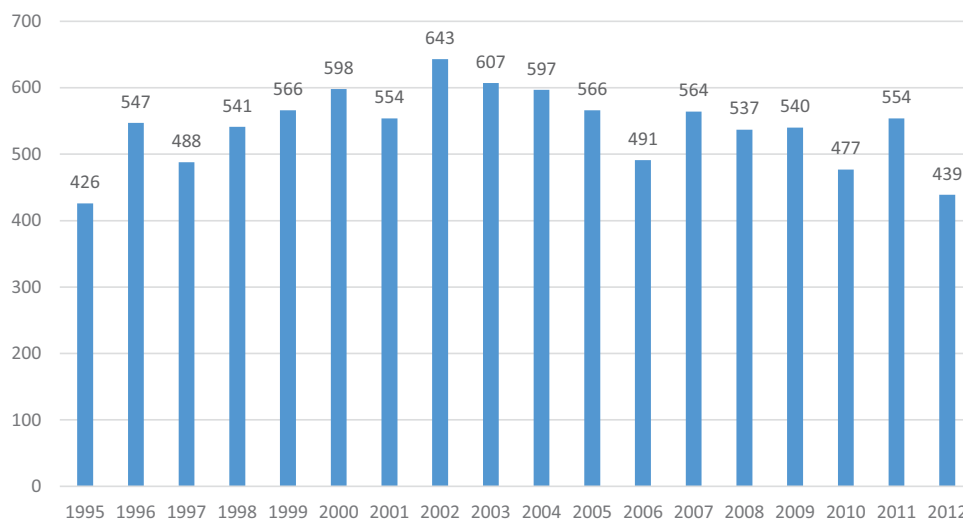


Figura 2.16: Número de acidentes anuais com helicópteros a nível mundial para o período compreendido entre 1995 e 2012. Elaborado pelo autor a partir de [48].

É atribuída uma percentagem de 18% do total dos acidentes a uma causa imediata de impacto com o terreno em voo controlado (*Controlled Flight Into Terrain - CFIT*), seja contra cabos ou contra o terreno/superfícies de água (figura 2.17), correspondendo à terceira causa imediata de acidentes com helicópteros ligeiros.

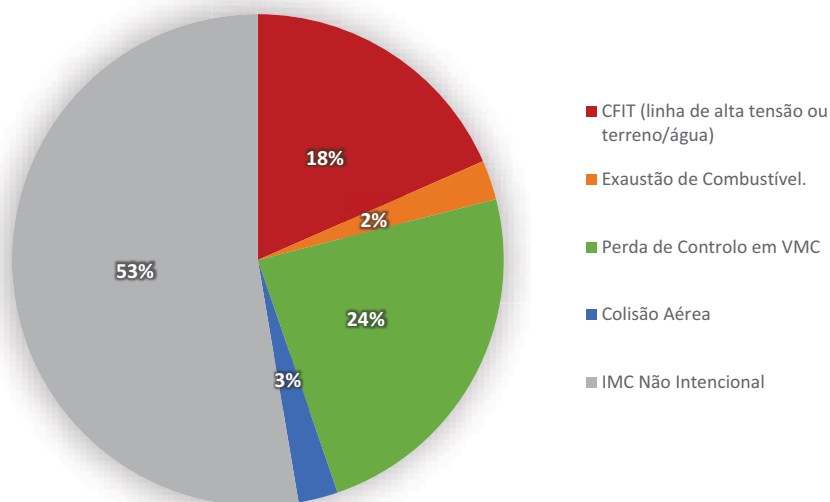


Figura 2.17: Percentagem de acidentes por causa imediata em helicópteros ligeiros. Elaborado pelo autor a partir de [49], [50].

Já em termos de estatística europeia, a *European Helicopter Safety Team - EHEST* (componente Europeia da IHST) [49], para um período de tempo entre o ano de 2000 e 2010 analisou 487 acidentes com helicópteros. Para trabalho aéreo, que é o assunto em causa neste estudo, o relatório da EHEST de 2010, revela que os três primeiros problemas de nível 2 SPS identificados nos acidentes em trabalho aéreo com helicópteros são:

- Risco na Missão - Terreno/Obstáculos³;
- Planeamento da Missão;
- Factores Humanos - Decisão do Piloto.

De referir ainda que 31% dos acidentes analisados foram em trabalho aéreo (Parte SPO), 24% dos resultaram em fatalidades e 13% em ferimentos graves. Ainda é de salientar que 48% dos aparelhos foram destruídos (perda total) e 44% receberam danos substanciais.

Na figura 2.18 podemos observar a distribuição do nível 2 SPS⁴ (*Safety Problem Statment*) do nível 1 SPS "Risco de Missão", em que 58% corresponde a Terreno/Obstáculos.

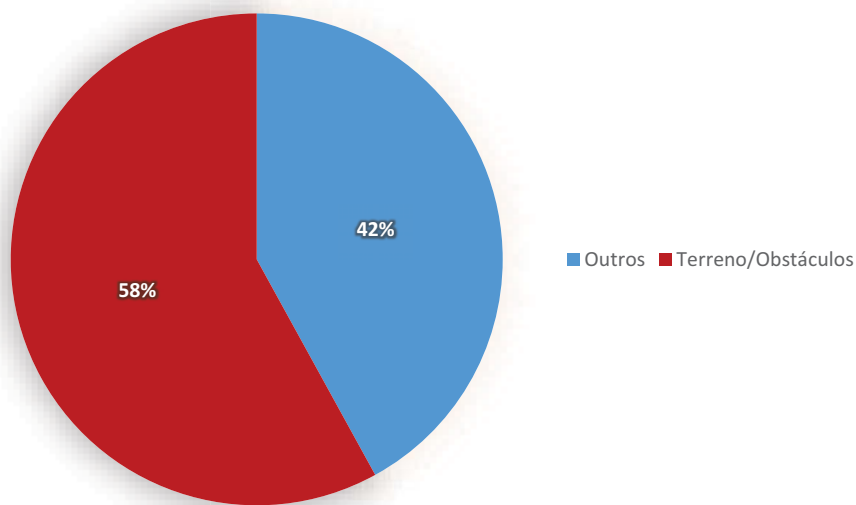


Figura 2.18: Distribuição de nível 2 de SPS do SPS "Risco de Missão" em trabalho aéreo (Part SPO).
Elaborado pelo autor a partir de [48].

No anexo A.2 a tabela A.2 apresenta todos os problemas SPS e HFACS⁵ (*Human Factors Analysis and Classification System*) em ordem decrescente de problemática [49].

De referir também que no *Annual Safety Review* do ano 2016 da *European Aviation Safety Agency* (EASA) em helicópteros a operar em Part SPO (trabalho aéreo) entre o ano de 2005 e 2015, obteve-se uma média de 23,2 ocorrências, e o valor máximo na fase de manobra com uma média de 10,6 ocorrências [52]. Na tabela 2.16 podemos observar o valor médio de ocorrências por fase de voo.

³À data da entrega da dissertação, mais um acidente ocorreu, infelizmente com fatalidades. Segundo nota preliminar do GPIAA, o embate contra cabos de alta tensão é uma das causas [51].

⁴SPS: Taxonomia adoptada com cerca de 400 códigos em 14 áreas diferentes, constituído por 3 níveis. As categorias do primeiro nível identificam a área principal, como por exemplo *Ground duties*, *Safety Management*, *Pilot judgement and actions*, *Pilot situation awareness*, *Mission risk*. O segundo e terceiro nível entram em maior detalhe.

⁵HFACS: Taxonomia e sistema de classificação, para abordar os fatores humanos de uma forma estruturada. Foi desenvolvido a partir do conceito de Reason de falhas latentes e ativas. Consiste em 170 códigos em 4 áreas principais. Os códigos SPS e HFACS, servem para atribuir fatores aos acidentes aéreos.

Tabela 2.16: Valores médios de acidentes e incidentes sérios com helicópteros por fase de voo em operações de trabalho aéreo (Parte SPO) de 2005 a 2015. Elaborado pelo autor a partir de [48].

Fase de Voo	Média de Acidentes e Incidentes Sérios
Parqueamento	0,5
Rolagem	0
Descolagem	3,7
Cruzeiro	3,6
Em Manobra	10,6
Aproximação	1,0
Aterragem	3,3
Desconhecida	0,5

No mesmo relatório é possível identificar que o problema primário de segurança operacional é a operação próxima de cabos. Ainda segundo o relatório da EASA “nalguns casos os cabos eram conhecidos, mas a distância ao mesmo foi mal julgada e noutros casos os cabos eram desconhecidos pelo piloto antes do embate ou quase embate” [52, p. 46].

O Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves (GPIAA), no território Português, para o período de 2001 a 2016, quantifica 364 ocorrências com aeronaves, das quais 29 em operações de combate a incêndios florestais. Das 29 ocorrências, 11 foram atribuídas a colisão com obstáculos, das quais 8 foram ocorrências com helicópteros [53]-[57].

No figura 2.19 podemos observar a percentagem da causa de ocorrências com meios aéreos em combate a incêndios florestais.

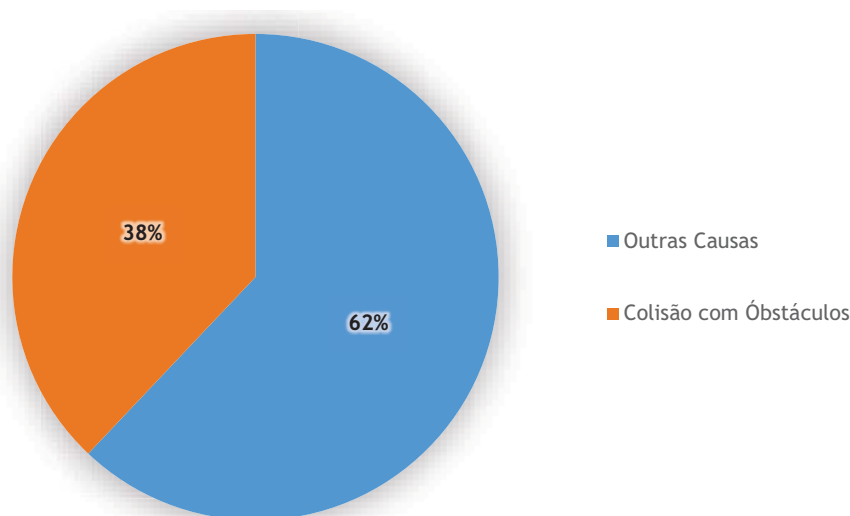


Figura 2.19: Percentagem das causas de ocorrência no combate a incêndios florestais em Portugal, para o período de 2001 a 2016. Elaborado pelo autor a partir de [53]-[57].

2.8.3 Mitigação do Risco

No contexto do Sistema de Gestão de Segurança Operacional (*Safety Management System*), é ao operador que compete a responsabilidade de colocar meios de controlo em prática para a mitigação do risco associado com operações a baixa altitude. As estratégias com maior sucesso na mitigação do risco, envolvem o emprego de salvaguardas ligeiras e pesadas (*soft and hard safeguards*).

As salvaguardas ligeiras, incluem procedimentos e treino focado na prevenção de colisões com obstáculos, como por exemplo a colisão com cabos ou postes. Um estudo feito pela *Flight Safety Foundation* sugere que deve ser efetuada uma revisão minuciosa das cartas aeronáuticas/topográficas e voos de reconhecimento da área de operações. Contudo, é importante perceber que nem todos os obstáculos estão demarcados nos mapas, e que no teatro de operações existem outros fatores (distrações) que impedem o piloto de manter uma consciência situacional (*situational awareness*) completa, e também fatores humanos que impedem a deteção imediata destes obstáculos; a título de exemplo, as limitações do olho humano.

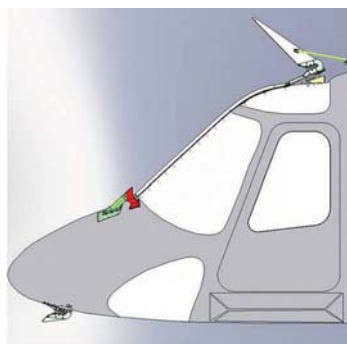
Como ajuda em voo ao piloto, existem as salvaguardas pesadas (*hard safeguards*), que incluem tecnologias a bordo da aeronave ou equipamento de terra, que previne ou providencia um nível de proteção à aeronave durante os voos a baixa altitude. Os equipamentos a bordo da aeronave podem ser de duas naturezas:

- Sistemas preventivos;
- Sistemas reativos.

Temos como sistemas preventivos, o Sistema de Alerta e Proximidade ao Solo (*Terrain Awareness and Warning Systems - TAWS*) e sistemas de deteção de cabos de alta tensão. Os dispositivos reativos, incluem sistemas de corta-cabos instalados na aeronave, como se pode observar na figura 2.20a. Segundo o Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves (GPIAA), é provável que a maioria dos acidentes com aeronaves contra cabos, não tenham tido consequências maiores devido à instalação destes dispositivos. Na figura 2.20a observa-se uma instalação típica deste sistema, que é normalmente composta por um corta cabos localizado no topo da aeronave, e outros noutras localizações, normalmente abaixo do nariz da aeronave, e um deflector colocado verticalmente ao longo para-brisas. Para que este sistema seja efetivo, terá que obedecer às seguintes condições de voo:

- uma velocidade superior a 30 nós;
- um ângulo inferior a 60° com o cabo ($\pm 5^\circ$ de arfagem).

Hoje em dia existem aviónicos que permitem a visualização de uma base de dados, como é o caso do Sandel Avionics HeliTAWS (figura 2.20b), que combina o WireWatch - uma base de dados continuamente atualizada com linhas de alta tensão e postes conhecidos - com uma base de dados de terreno de alta resolução e obstáculos.



(a) Sistema corta-cabos, AW139 [58].



(b) Sandel Avionics HeliTAWS [59].

Figura 2.20: Exemplo de equipamentos de reação (a) e prevenção (b).

Relativamente ao equipamento de terra, são normalmente utilizados equipamentos de sinalização de cabos (marcadores esféricos) e de postes (pintura de alta visibilidade) como se mostra na figura 2.21.



Figura 2.21: Esferas de alta visibilidade em linhas de alta tensão [60].

Outro sistema utilizado é o *Obstacle Collision Avoidance System* (OCAS) (ver figura 2.22), desenvolvido pela Noruega; é um sistema que integra um radar de baixa potência capaz de detetar uma aeronave em aproximação a 5 quilómetros de uma linha de alta tensão ou turbina eólica. O sistema monitoriza a altitude, direção e velocidade do alvo e determina se deve produzir um aviso. Em caso de necessidade de aviso o sistema ativa o equipamento primário de iluminação e também emite um aviso no rádio de frequência VHF. Este sistema é utilizado em alguns países na Europa e no Canada [61].

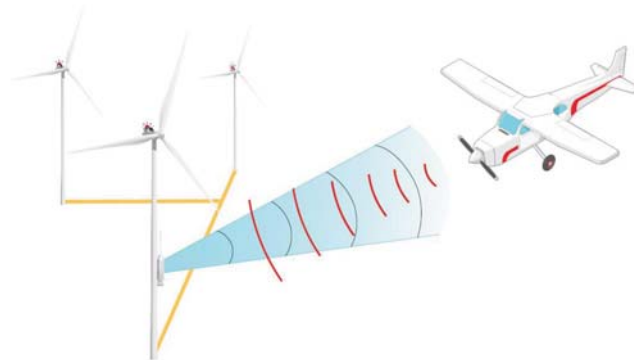


Figura 2.22: Vestas Obstacle Collision Avoidance System (OCAS) [62].

Segundo [63], o melhor método para reduzir colisões com obstáculos é a educação sobre esses ambientes potencialmente letais e uma maior vigilância no *cockpit*.

No caso da operação de combate a incêndios florestais terá ainda que se adicionar os riscos associados aos abastecimentos de água, cujo modelo será desenvolvido nesta dissertação. A mitigação destes riscos passa por uma boa escolha do local de abastecimento de água, tendo em conta as condicionantes e efetuar a inventariação e georreferenciação dos locais de abastecimento, bem como a de qualquer obstáculo que possa por em causa a segurança da aeronave. Recorrendo-se para isso aos SIG e equipamentos a bordo da aeronave.

2.9 Conclusão

Após uma pesquisa bibliográfica, foi possível neste capítulo descrever a operação de combate a incêndios florestais e a sua organização no que toca a meios aéreos. Fica também evidente que o Ataque Inicial (ATI) é fundamental para o controlo do fogo, e que para isso deve ser o mais eficiente possível nos primeiros trinta minutos.

Descreve-se ligeiramente o Sistema de Gestão de Segurança Operacional usado em aviação, descrito pela Organização Internacional de Aviação Civil, e como este pode ajudar a mitigar o risco. De igual modo são apresentados e analisados alguns dados estatísticos referente a incidentes e acidentes com helicópteros em trabalho aéreo.

Foram também descritos os meios aéreos usados pela Autoridade Nacional de Proteção Civil e os seus equipamentos.

Capítulo 3

Caso de Estudo

3.1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se o caso de estudo aplicado ao Concelho do Fundão. Selecionou-se este território pelas características peculiares que apresenta (morfologia, cobertura vegetal, uso de solo). Inicialmente caracteriza-se a área de estudo escolhida, seguindo-se a descrição dos meios aéreos utilizados especificamente neste trabalho, os helicópteros do tipo Bombardeiro Ligeiro (HEBL), Médio (HEBM) e Pesado (HEBP) e a justificação para o seu uso. Recorreu-se aos manuais de voo dos helicópteros por forma a elaborar essa caracterização.

Descreve-se também a metodologia específica utilizada, abordando inicialmente o inquérito realizado aos pilotos de helicópteros de combate a incêndios florestais, por forma a recolher informação acerca das necessidades da operação reais, qual a informação mais importante e em que formato deve ser representada. Ainda na metodologia, são especificadas as etapas que permitiram a análise e obtenção dos dados finais.

3.2 Área de Estudo

3.2.1 Localização Geográfica

A área de estudo considerada situa-se na região centro de Portugal, condicionada aos limites administrativos do Concelho do Fundão (figura 3.1), localizado entre as latitudes de N38° 58' e N40° 16', e entre as longitudes de W7° 49' e W7° 14'.

Ocupa uma área projetada total de 700,20 km² dividida em 23 freguesias com cerca de 29.213 residentes de acordo com os Censos de 2011 [65]. O Concelho distribui-se pela vertente Norte da Serra da Gardunha integrando parte da Cova da Beira, e pela vertente Sul estendendo-se pela plataforma de Castelo Branco.

3.2.2 Morfologia

A Serra da Gardunha é a principal unidade morfológica dominante no Concelho (figura 3.2), com uma orientação nascente-poente e culmina no vértice geodésico, denominado Gardunha, com 1.235 metros (cerca de 4.050 pés) de altitude. Separa duas zonas, uma planície a Norte, ligeiramente ondulada, com cotas que variam entre 400 a 500 metros e uma planície a Sul, com cotas semelhantes à planície do Norte, já fazendo parte da plataforma de Castelo Branco e ligeiramente inclinada para Sul. O relevo mais acidentado pode ser encontrado na zona a Oeste do Concelho. Na figura 3.2, apresenta-se o Modelo de Elevação Digital de Terreno do Concelho do Fundão.

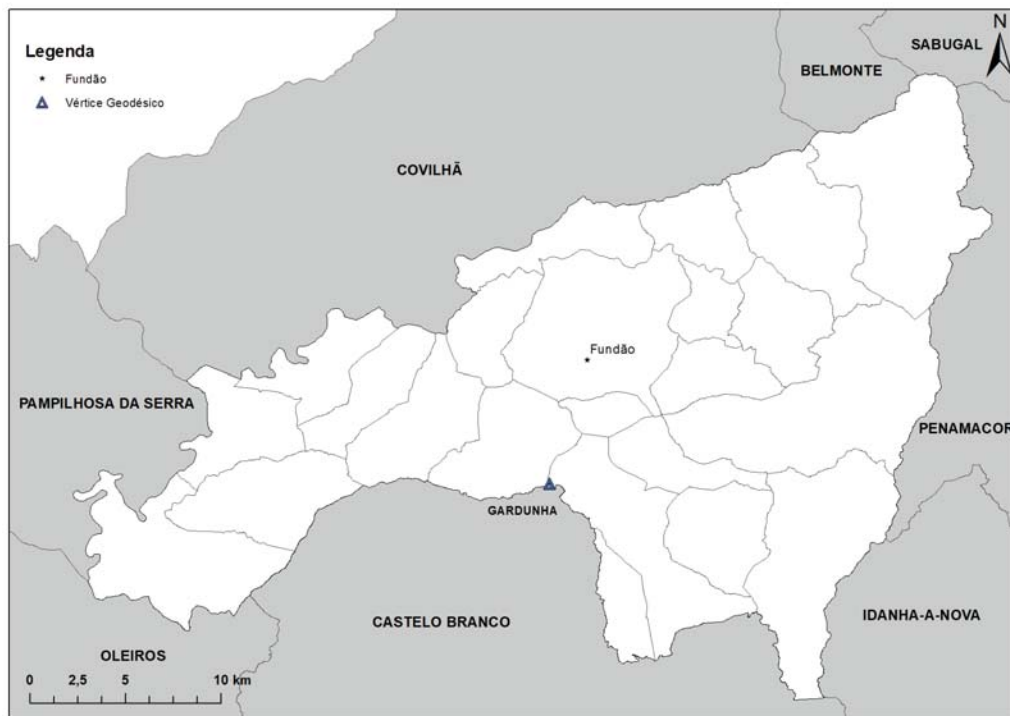


Figura 3.1: Concelho do Fundão e divisão das 23 freguesias. Elaborado pelo autor com dados de [64].

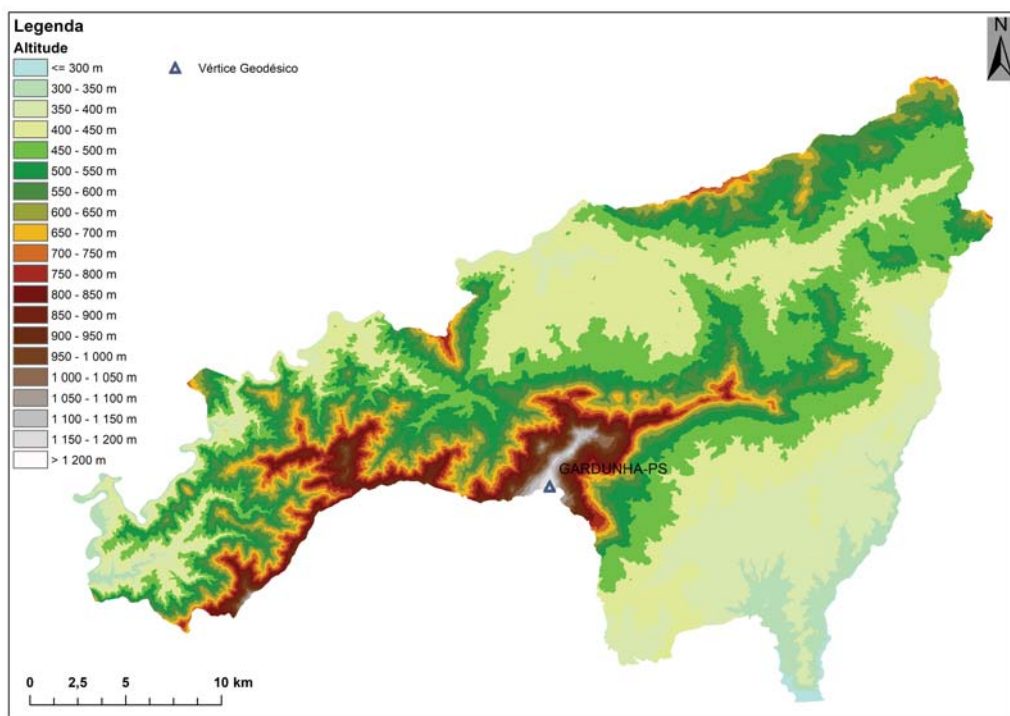


Figura 3.2: Modelo de Elevação Digital de Terreno do Concelho do Fundão. Elaborado pelo autor com dados de [64].

3.2.3 Ocupação de Solo

Em termos de ocupação de solo, como se pode observar na figura 3.3, mais de metade do território do Concelho é ocupado por floresta, em 389,60 km², representando cerca de 54,1% da área total do Concelho. Predominam principalmente espécies resinosas, representando cerca de 69,8% da mancha florestal, seguido da espécie Eucalyptus com a segunda maior área de 19,7% e 10,5% representando outras espécies como Azinheiras, Carvalhos, Castanheiros e Sobreiros. A mancha florestal distribui-se pela parte ocidental do Concelho do Fundão, fazendo fronteira administrativa com o da Pampilhosa da Serra.

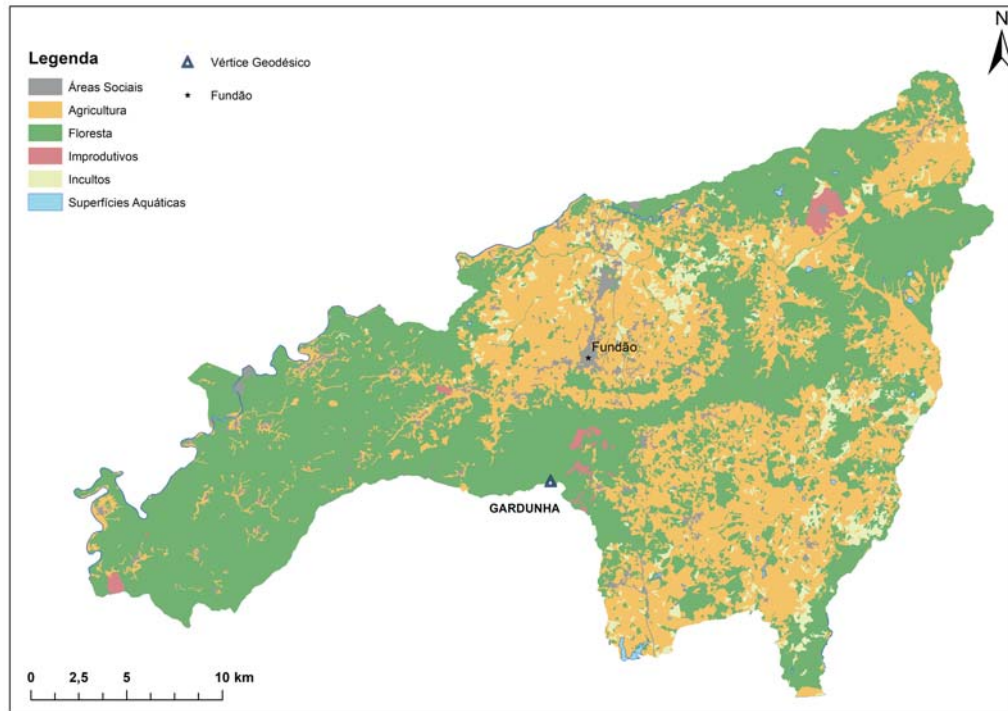


Figura 3.3: Ocupação do solo do Concelho do Fundão. Elaborado pelo autor com dados de [64].

A segunda maior área é ocupada por cadastro agrícola com 243,80 km², representando 33,9% da área total do Concelho do Fundão. O coberto florestal tal como o agrícola é de extrema importância para o desenvolvimento sócio-económico da região; ambos representam uma ocupação de 88,9% sendo por isso, importante preservar a mancha florestal e as áreas agrícolas. Na restante parcela do território, distribuem-se áreas de inculto, improdutivos, sociais e superfícies aquáticas.

3.2.4 Clima

O período seco na área de influência da estação meteorológica do Fundão, foi determinado através do diagrama termo-pluviométrico de Gausson [66] tendo sido respeitada a condição de Heras [67] onde: $P < 2T$, em que P representa a precipitação média mensal em mm e T a temperatura média mensal em °C. O período seco corresponde ao intervalo de tempo em que se verifica a condição $P < 2T$, sendo o tempo restante do ano hidrológico considerado húmido.

O clima atual do Concelho do Fundão, apresenta características de um clima temperado, com características mediterrâneas, sendo designado segundo a classificação de Köppen [68] por Csa

(C-clima temperado, s- seco no verão, a-temperatura do mês mais quente > 22 °C segundo Mendes e Bettencourt [69]).

Mostram-se na figura 3.4 as temperaturas máximas médias e número de dias com temperaturas máximas => 30 °C, para o Concelho do Fundão. Os meses de julho e agosto são os mais quentes e secos registando uma temperatura média rondando os 30 °C.

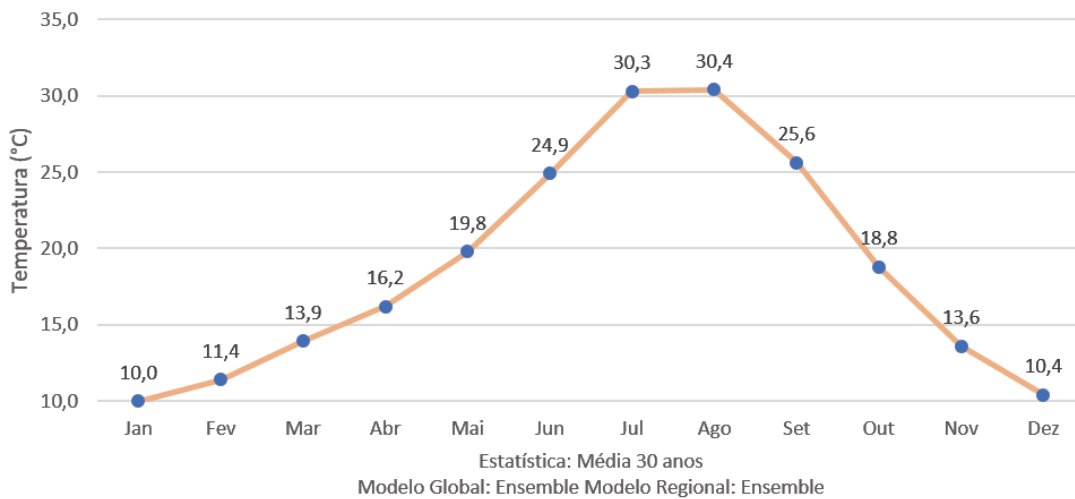


Figura 3.4: Temperaturas máximas médias mensais. Normais climatológicas para um período de 1971 a 2000 no Concelho do Fundão. Elaborado pelo autor com dados de [70].

Quanto ao regime pluviométrico, apresentado na figura 3.5, a média registada é na ordem de 70,3 mm e o mês mais chuvoso é dezembro com um valor médio de 125,0 mm. Julho e agosto são os meses em que se regista em média menor pluviosidade, respetivamente com os valores de 9,5 mm e 12,3 mm.

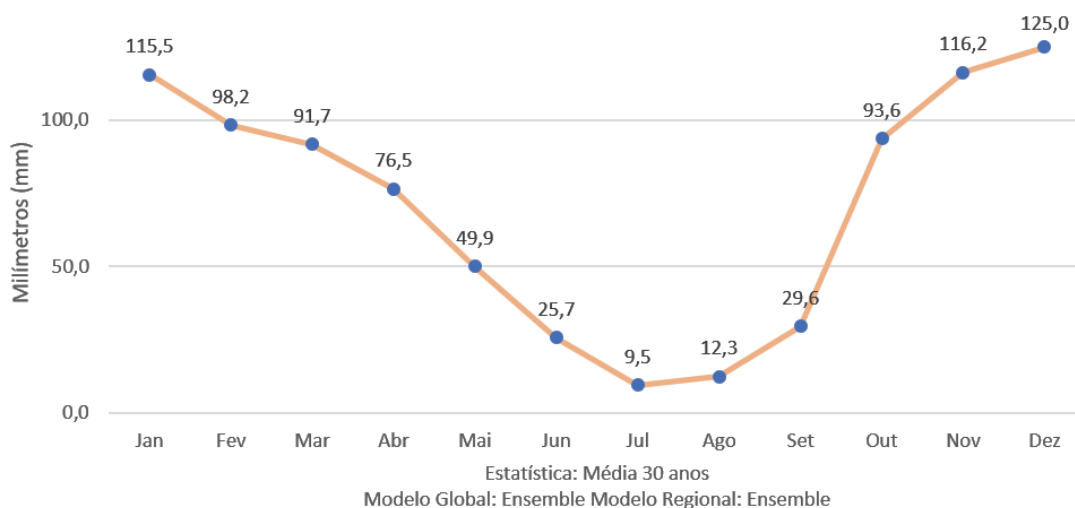


Figura 3.5: Precipitação média mensal. Normais climatológicas para o período de 1971 a 2000 no Concelho do Fundão. Elaborado pelo autor com dados de [70].

Assim, é expectável que os recursos hídricos tenham os valor mínimos nos meses de junho, julho e agosto. Verifica-se nos últimos anos um decréscimo de precipitação e um prolongamento do período estival.

3.2.5 Recursos Hídricos

No tocante à disponibilidade e gestão dos recursos hídricos, o Concelho do Fundão, apresenta uma rede hidrográfica bem desenvolvida e com uma densidade de drenagem elevada (figura 3.6), destacando se pela sua importância relativa duas sub-bacias hidrográficas:

- a Ribeira da Meimoa que drena a planície da vertente Norte e conflui no rio Zêzere, que por sua vez é um afluente do Tejo;
- a Ribeira de Alpreade que drena a planície da vertente Sul da Gardunha e conflui no rio Ponsul, também esta afluente do rio Tejo.

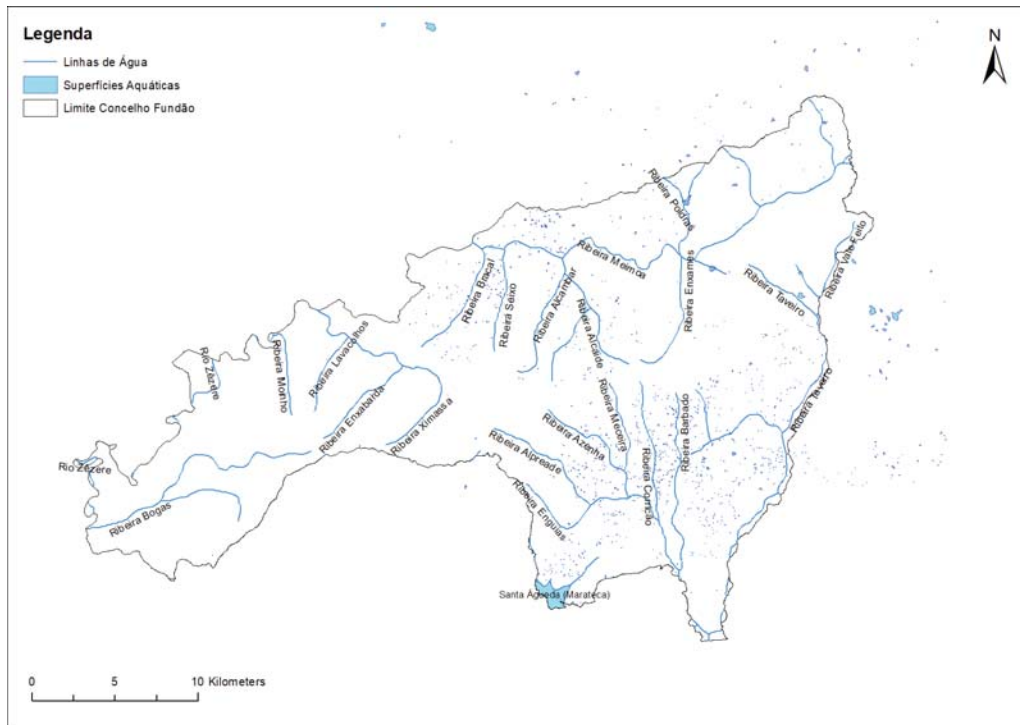


Figura 3.6: Rede hidrográfica e principais pontos de água. Elaborado pelo autor com dados de [71].

Em 1972 surge o Plano Geral de aproveitamento agrícola da Cova da Beira da Direção Geral dos Serviços Hidráulicos. É um trabalho muito completo sobre a área a beneficiar do regadio, envolvendo a região da cova da Beira, com uma área de 16.800 ha [72].

O estudo apresentava um levantamento da necessidade de água, tendo em conta a qualidade dos solos, e as obras hidráulicas necessárias à rega para as diferentes culturas. Contempla a construção de uma barragem no leito do rio Zêzere, a barragem da Meimoa, a derivação de caudais do Mondego para a bacia do Zêzere, a barragem do Sabugal e duas grandes albufeiras de regularização na Cova da Beira.

Apenas a barragem no leito do rio Zêzere não foi construída.

Ainda, em 1972 surge outro trabalho, o Relatório de Propostas, da Comissão de Planeamento da Região Centro, com o objetivo de diagnosticar o problema de áreas a regar e culturas hortofrutícola a implementar.

Em 1977, surge o Gabinete de Planeamento do Ministério da Agricultura e Pescas que elabora um diagnóstico da situação e estratégias de desenvolvimento do sector agrícola, silvícola e pecuária.

Em 1978, as obras deram início à primeira fase do Projeto de Regadio da Cova da Beira com a construção da Barragem do Sabugal, a barragem da Meimoa, e o canal de ligação entre as duas infraestruturas e das redes primárias e secundárias de rega. Da barragem da Meimoa concluída em 1984, derivaram canais para rega e abastecimento dos blocos da Meimoa, Covilhã e Fundão.

Ainda assim, pode ser verificado que num Concelho onde a principal atividade económica pertence ao sector primário e a ocupação do solo de mancha florestal é na ordem de 54%, não foi contemplada em nenhum plano de ordenamento do território quaisquer infraestruturas hidráulicas capazes de servir de suporte aos meios aéreos no combate e prevenção a incêndios florestais.

3.2.6 Índice de Risco de Incêndio Florestal

A Câmara Municipal do Fundão disponibilizou a carta de Índice de Risco de Incêndio Florestal (figura 3.7), onde é possível observar que as zonas com maior risco se encontram a Oeste do território, na zona com relevo mais acidentado e que inclui sensivelmente toda a mancha florestal do Concelho.

Assim, decorre toda uma dificuldade aos meios terrestres de se deslocarem ao local, uma vez que as estradas são condicionadas e a zona se encontra a uma distância relativamente grande do ponto em que se encontram os meios estacionados. Por vezes, traduzindo-se em termos temporais, em mais de uma hora de deslocação dos meios terrestres, desde a base ao limite do Concelho.

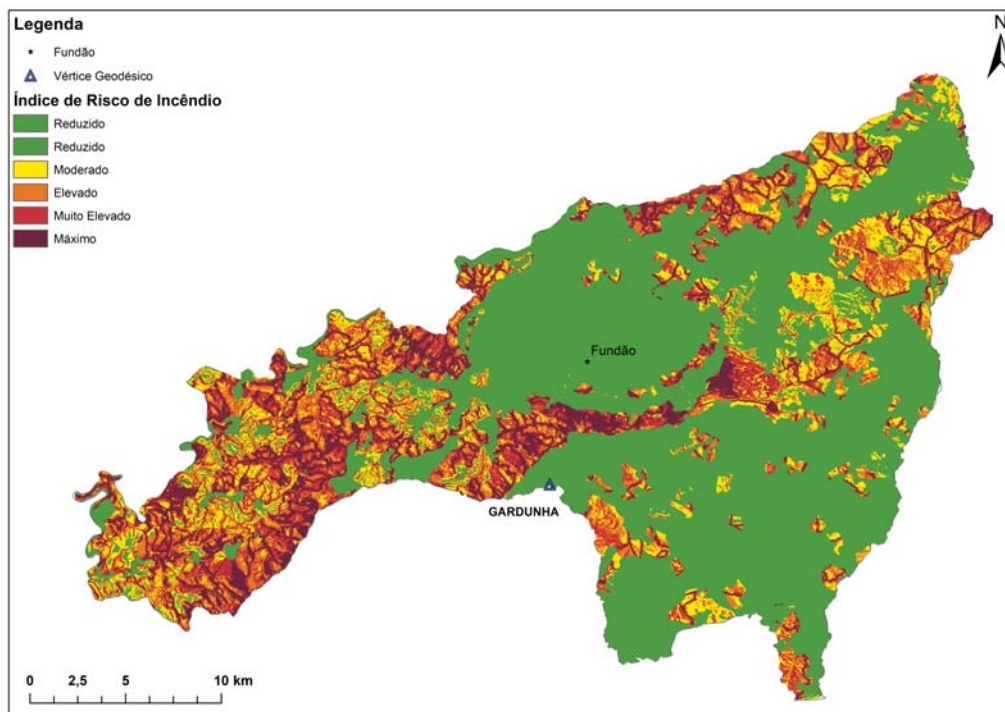


Figura 3.7: Índice de risco de incêndio. Elaborado pelo autor com base em dados de [71].

É por isso, fundamental, que os meios aéreos tenham suporte nestas zonas do Concelho do Fundão. Urge tomar medidas em termos de gestão dos recursos hídricos, nomeadamente no

que toca ao armazenamento de água nos meses mais quentes do ano, dado que estas zonas registam um défice hídrico.

3.3 Meios Aéreos

Foram abordadas no capítulo 2 as várias classificações dadas pelo DECIF aos diferentes meios aéreos. Nesta secção são abordadas com maior pormenor as três categorias de helicópteros: o Helicóptero Bombardeiro Ligeiro (HEBL), o Helicóptero Bombardeiro Médio (HEBM) e o Helicóptero Bombadeiro Pesado (HEBP), focando as várias características e limitações que os definem.

3.3.1 Helicóptero Bombardeiro Ligeiro (HEBL) - Eurocopter AS 350 B3 Ecureuil

Nos últimos anos tem sido utilizado pelo DECIF o Eurocopter AS350 B3 Ecureuil como HEBL. É o meio aéreo que aparece em maior número (tabela 2.2) e pode ser utilizado em ATI ou ATA. A tripulação consiste num piloto e 5 (cinco) sapadores equipados. Utiliza um cesto lateral para transporte do balde (*Bambi Bucket 2732S*) e ferramentas adicionais de apoio aos sapadores. É ainda equipado com corta cabos e equipamento de carga suspensa (*swing load*).



Figura 3.8: Helicóptero AS350 B3 no DECIF como HEBL [11].

Hoje em dia é um dos helicópteros mono-turbina mais utilizados e versáteis, usado em todo o mundo, desde missões de evacuação médica, vigilância, transporte, militares e combate a incêndios florestais.

Interessa neste capítulo mostrar as características do helicóptero, como as dimensões e desempenho, por forma a obter dados para análise posterior.

Na figura 3.9, podemos observar as dimensões deste helicóptero:

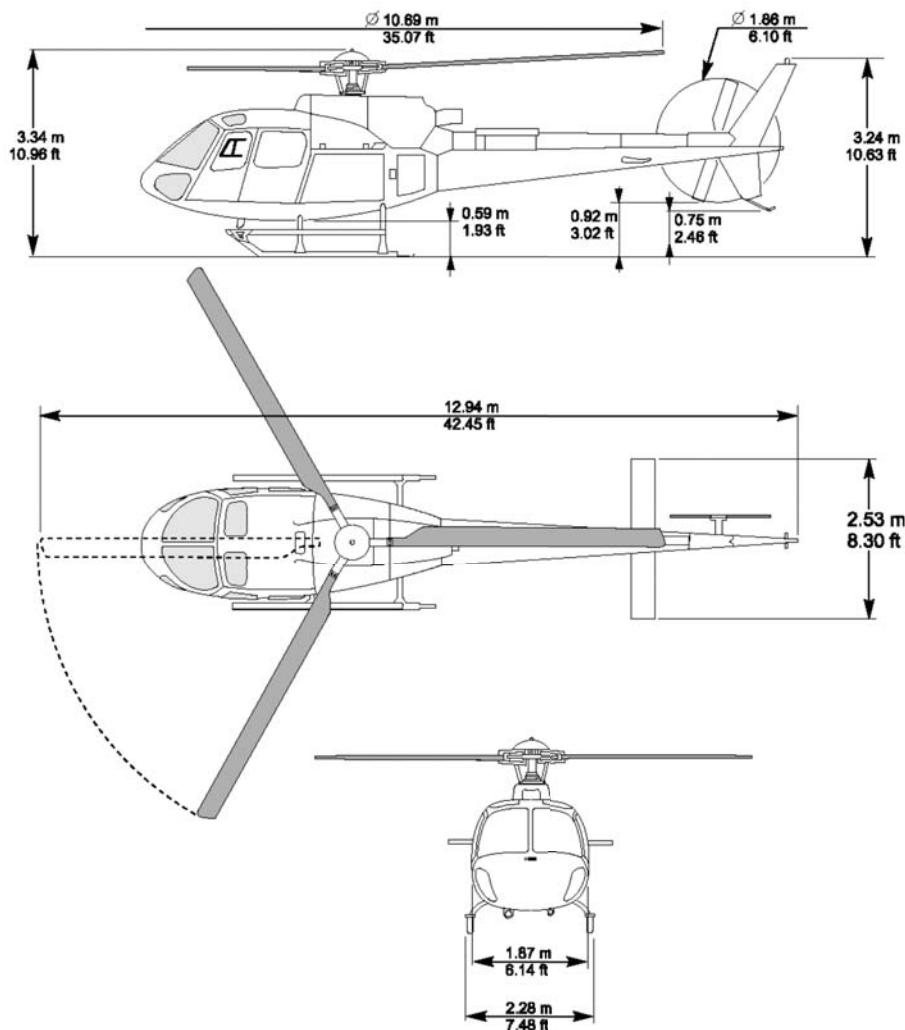


Figura 3.9: Dimensões principais do helicóptero AS350B3 [10].

Algumas das características principais deste helicóptero encontram-se descritas na tabela 3.1. Apesar das características descritas, o ANPC usa como alcance operacional máximo o valor de 35 km, com velocidade de cruzeiro 225 km/h e velocidade em trabalho de 108 km/h, como pode ser observado na tabela A.1 do anexo A.1.

Tabela 3.1: Dados da aeronave AS350 B3 [73].

Característica	Valor
Velocidade a Nunca Exceder	155 nós (287 km/h)
Velocidade de Cruzeiro	132 nós (244 km/h)
Razão de Subida	8,5 m s ⁻¹
Endurance	4,1 horas
Alcance	357 NM (661 km/h)
Massa Máxima à Decolagem	2.250 kg
Massa Máxima Carga Suspensa	2.800 kg
Massa Vazio	1.200 kg

Para este estudo a dimensão que limita a escolha do ponto de água é a maior distância entre extremidades, que neste helicóptero é de 12,94 m, aproximadamente 13 m.

Outros parâmetros a ter em conta é a profundidade do ponto de água, traduz-se na **Altura Mínima da Coluna de Água**. O *Bambi Bucket* utilizado pelo AS350 B3 é o modelo 2732S, que

segundo o manual do fabricante - SEI Industries - requer uma profundidade de 1,52 m. Em relação ao desempenho do AS350 B3, foram considerados várias massas, como a massa em vazio, massa máxima, massa máxima à descolagem para a elevação máxima e OAT +30°C e depois foi considerada a **Massa Operacional**, definida como a soma da massa em vazio equipado, do balde *Bambi Bucket 2732S*, da tripulação, do combustível para a missão e da carga de água. Este valores encontram-se descritos na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Cálculo da massa operacional da aeronave AS350 B3 [73].

Massa	Valor (kg)
Vazio	1.200
Tripulação	80
Combustível	216
<i>Bambi Bucket 2732S</i>	61
Carga de Água	840
Cesto (DART Basket)	10
Massa Operacional	2.407

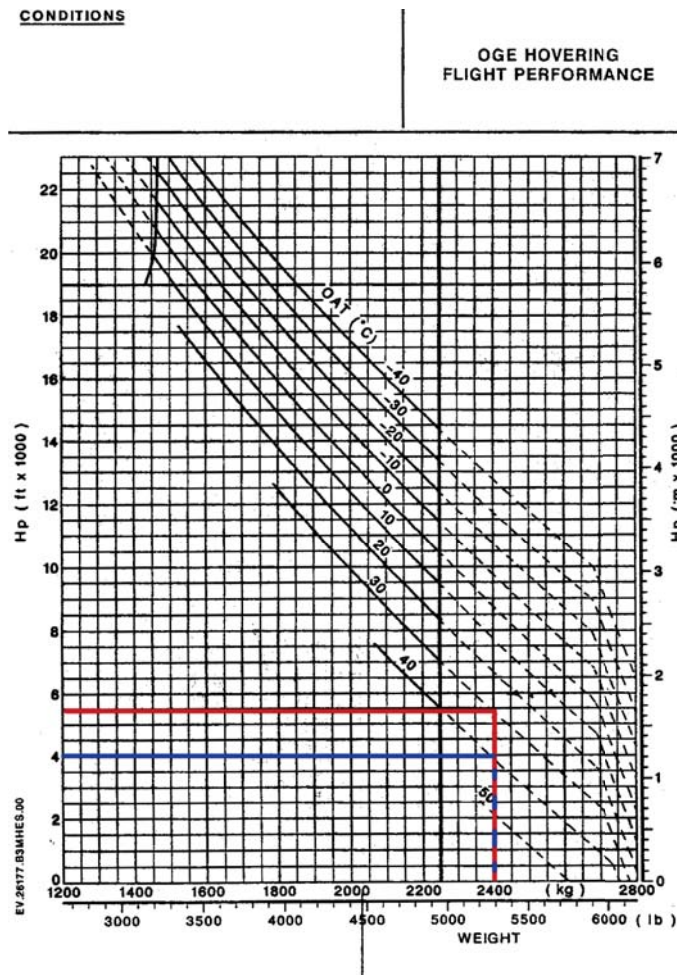


Figura 3.10: Gráfico de desempenho do helicóptero AS350 B3 fora do efeito de solo em voo estacionário (HOGE) [73].

Em relação ao desempenho do AS350 B3, foi utilizado o gráfico da figura 3.10, onde se podem observar duas linhas, uma a cor vermelha e outra a cor azul. A cor vermelha representa a altitude

pressão máxima com uma temperatura do ar igual a + 30 °C para a massa operacional de 2.400 kg. O resultado foi sensivelmente de 1.700 m (5.500 pés), o que significa que em princípio mesmo nos dias de maior calor, o helicóptero facilmente consegue fazer voo estacionário por forma a recolher água nas zonas de maior elevação do Concelho do Fundão.

A linha azul, corresponde à temperatura do ar máxima permitida para a elevação máxima do Concelho do Fundão; aqui a altitude pressão igualou-se à elevação máxima da região, embora em operação real, raramente sejam coincidentes. Para isso desenhou-se a linha azul a partir da elevação de 1.200 metros (4.000 pés), até intercepar a linha da massa operacional, o que se traduz numa temperatura de + 40 °C. Mais uma vez, este helicóptero não revela ter problemas de desempenho nos locais mais elevados com temperaturas elevadas, pelo que, para elevações menores também não encontrará esse problema.

Assim sendo, para o AS350 B3, poderá ser escolhido qualquer ponto de água a qualquer elevação, não apresentando evidências que possam ter implicações no desempenho em voo estacionário fora do efeito de solo (HOGE).

Dado o exposto em cima, traduzem-se agora os valores para a tabela 3.3, mais uma vez recordando que os valores foram obtidos para uma OAT + 30 °C ou para a elevação máxima de 4020 pés.

Tabela 3.3: Limites de desempenho do AS350 B3 [73].

Característica	Valor
Altitude Pressão (hp) vs. OAT + 30 °C	1 700 m (5 500 pés)
OAT vs hp = 4000 pés	40 °C
Distância de Descolagem	100 metros

O manual de voo desta aeronave não inclui distância de descolagem, pelo que foi atribuído um valor de 100 metros para a corrida de descolagem.

Em termos de limites operacionais a ter em conta, apenas foram considerados os ângulos máximos de inclinação para a aterragem, que no caso do AS350 B3 são de 10° arfagem positiva (nariz em cima), de 6 graus de arfagem negativa (nariz em baixo) e de 8 graus de rolamento (lateral). Estas inclinações representam-se na ilustração da figura 3.11.

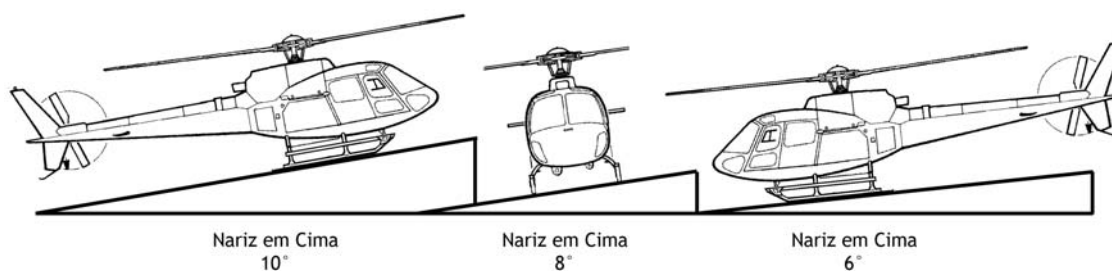


Figura 3.11: Ângulos máximos de inclinação durante a aterragem. Elaborado pelo autor de [73]

3.3.2 Helicóptero Bombardeiro Médio (HEBM) - Bell 212

O Bell 212 é utilizado pelo DECIF como um HEBM; como foi visto no capítulo 2 é um bimotor, capaz de transportar 9 elementos sapadores equipados, para além de dois tripulantes e equipamento de combate a incêndios florestais. À semelhança do helicóptero AS350 B3, este meio é usado em ATI e ATA.

Outros HEBM frequentemente encontrado na campanha do DECIF, um deles considerado o “pai” do Bell 212, é o helicóptero Bell 205, praticamente com as mesmas características; no entanto é mono-turbina. Também é habitual encontrar o helicóptero Bell 412; esta é uma versão mais evoluída do Bell 212, onde sofreu alterações na célula/fuselagem, na motorização e no sistema de rotor principal, facilmente diferenciado dos anteriores pelo seu conjunto de 4 pás.

Focaremos o Bell 212 neste estudo uma vez que dadas as semelhanças, os dados obtidos também podem ser aplicados ao Bell 205 ou Bell 412, pois revelam dimensões semelhantes.



Figura 3.12: Helicóptero Bell 212 no DECIF como HEBM [11].

As dimensões deste helicóptero encontram-se descritas na figura 3.13.

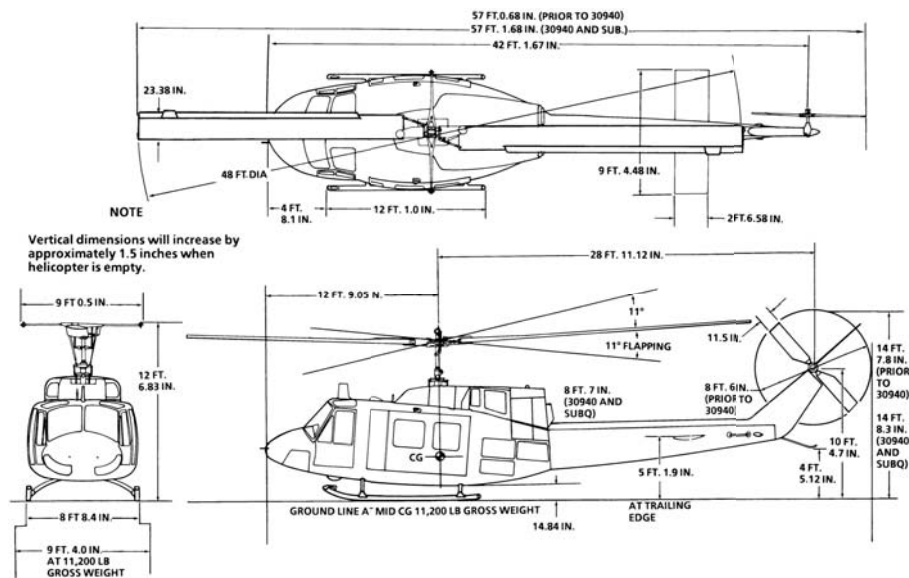


Figura 3.13: Dimensões principais do Helicóptero Bell 212 [74].

Algumas das características principais do Bell 212 encontram-se descritas na tabela 3.4. À semelhança do AS350, o Bell 212 também cumpre uma velocidade de trabalho de 108 km/h. No entanto possui uma velocidade inferior de cruzeiro, cerca de 195 km/h. O alcance operacional também se encontra nos 35 km. Outras características dadas pelo ANPC, podem ser encontradas na tabela A.1 do anexo A.1.

Tabela 3.4: Dados da aeronave Bell 212 [74].

Característica	Valor
Velocidade a Nunca Exceder	120 nós (222 km/h)
Velocidade de Cruzeiro	100 nós (185 km/h)
Razão de Subida	8,8 m s ⁻¹
Endurance	3 horas
Alcance	237 NM (439 km/h)
Máxima Massa à Descolagem	5.080 kg
Máxima Massa com Carga Suspensa	5.080 kg
Massa Vazio	2.962 kg

A maior distância entre extremidades no Bell 212 é de 17,42 m, aproximadamente 17,5 m.

A **Altura Mínima da Coluna de Água** é a mesma que no caso do AS350 B3; uma vez que o modelo de *Bambi Bucket* é o 2732S, este requer uma profundidade de 1,52 m.

Tabela 3.5: Cálculo da massa operacional da aeronave Bell 212 [74].

Massa	Valor (kg)
Vazio	2 695
Tripulação	172
Combustível	371
<i>Bambi Bucket 2732S</i>	61
Carga de Água	1.200
Cesto (DART Basket)	54
Operacional	4.553

Em relação ao desempenho do helicóptero, foi considerada a massa operacional com balde cheio, 4.600 kg (10.060 Lbs) e condições OAT +30°C como se mostra na tabela 3.5. Com uma altitude pressão escolhida de hp = 4.000 pés (1.220 metros) como referência, visto que é sensivelmente a maior elevação encontrada no Concelho do Fundão, como descrito no capítulo 3.2.2 e de igual forma que para o AS350 B3 anteriormente determinado.

No gráfico da figura 3.14 é possível calcular o desempenho em voo estacionário fora do efeito de solo (HOGE) e no gráfico da figura 3.15 a distância de descolagem requerida, para as condições referidas.

Em ambos os gráficos podem observar-se linhas de cor diferente. Para o gráfico da figura 3.14, a linha vermelha representa o calculo da altitude pressão máxima em voo estacionário fora do efeito de solo (HOGE), partindo de uma temperatura do ar exterior de +30°C e da massa operacional de aproximadamente 4.553 kg (10.040 lbs), chegou-se a uma altitude aproximada de cerca de 5.000 pés (1.500 metros). Ainda que o desempenho seja inferior à do helicóptero anterior, AS350 B3, não se prevê que o helicóptero Bell 212 encontre problemas na região do Fundão à elevação máxima com OAT até + 30 °C. No entanto, como revela a linha azul, a temperatura máxima estimada para a elevação máxima da região (4.000 pés), não é muito superior, indo até aos +35 °C. O que nos dias mais quentes, poderá limitar a operação do Bell 212 às elevações máximas com a massa operacional estimado de 4.553 kg (10.040 lbs).

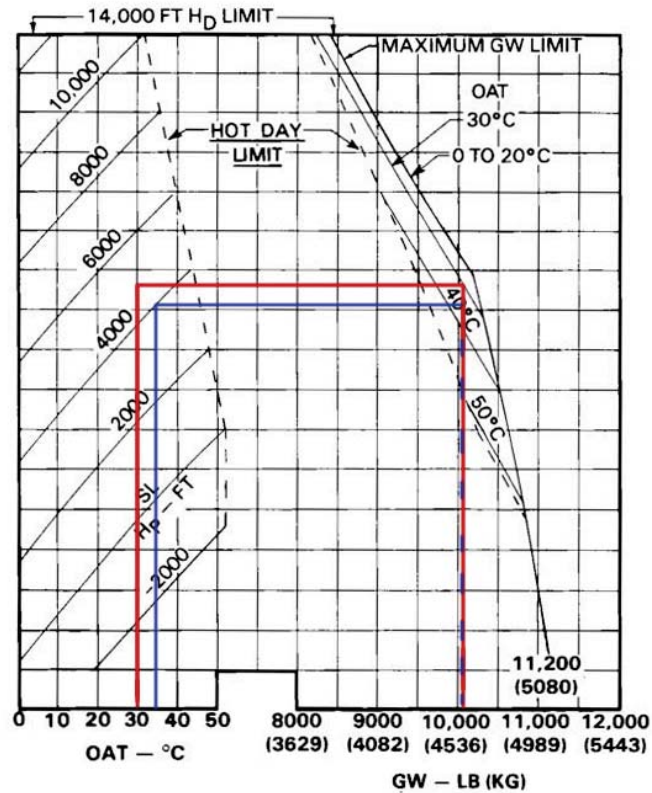


Figura 3.14: Gráfico do desempenho em estacionário fora de efeito de solo (HOGE) do Bell 212 [74].

No gráfico da figura 3.15 a linha vermelha representa a distância de decolagem com OAT + 30 °C a uma altitude pressão de 4.000 pés, o que representa cerca de 780 pés (238 metros) de distância de decolagem. A linha azul, serve como referência em atmosfera ISA (*International Standard Atmosphere*), com uma distância de cerca de 540 pés (165 metros). Iremos assumir o valor de 238 metros, como valor a ter em conta em sectores de decolagem a partir dos pontos de água.

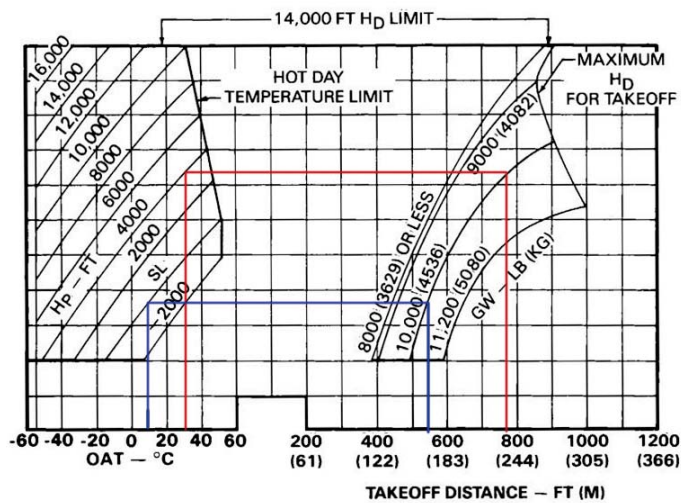


Figura 3.15: Gráfico da distância de decolagem requerida do Bell 212 [74].

Tabela 3.6: Limites de desempenho do Bell 212.

Característica	Valor
Altitude Pressão (hp) vs. OAT + 30 °C	1 500 m (5 000 pés)
OAT vs hp = 4000 pés	35 °C
Distância de Descolagem	240 metros

3.3.3 Helicóptero Bombardeiro Pesado (HEBP) - Kamov Ka-32 A11BC.

Como HEBP o DECIF utiliza o Kamov Ka-32 A11BC (figura 3.16). Este helicóptero é apenas utilizado em Ataque Ampliado (ATA). É o helicóptero com maior capacidade de carga de água atualmente no DECIF, bastante versátil, sendo utilizado também noutras missões. Normalmente é operado apenas por dois tripulantes uma vez que na maior parte dos casos não efetua ATI; no entanto em caso de necessidade é possível transportar 9 sapadores equipados, à semelhança do HEBM.

A particularidade deste helicóptero para além do evidente rotor axial, é a utilização de um balde fixo (*Bambi Bucket* H5000) com bomba de recolha de água, o que permite o uso de superfícies aquáticas menos profundas que ambos os helicópteros anteriores.



Figura 3.16: Helicóptero Kamov Ka-32 A11BC em operação de busca e salvamento [11].

Outra característica operacional deste helicóptero que o distingue, é o uso de uma linha longa de cerca de 15 metros (entre o balde e o helicóptero), o que lhe permite ficar acima de obstáculos ou recolher água em locais mais confinados.

Outro facto é que apesar da capacidade de água ser sensivelmente 4,2 vezes superior ao do helicóptero bombardeiro médio (Bell 212), as dimensões do Kamov Ka-32 são inferiores em cerca de 8,7% em relação às do Bell 212. Estas características do Kamov Ka-32, permitem que em caso de não ser usada uma linha longa, este helicóptero pode usar locais idênticos aos do Bell 212, ainda que, evidentemente, o local possa não ser adequado ao volume de água imposto pelo balde.

Na figura 3.17 podem ser observadas as dimensões do Kamov Ka-32. Observar particularmente a maior dimensão (diâmetro do rotor principal) que, com já foi referido, é menor em comparação com a dimensão total do Bell 212 (maior distância entre extremidades).

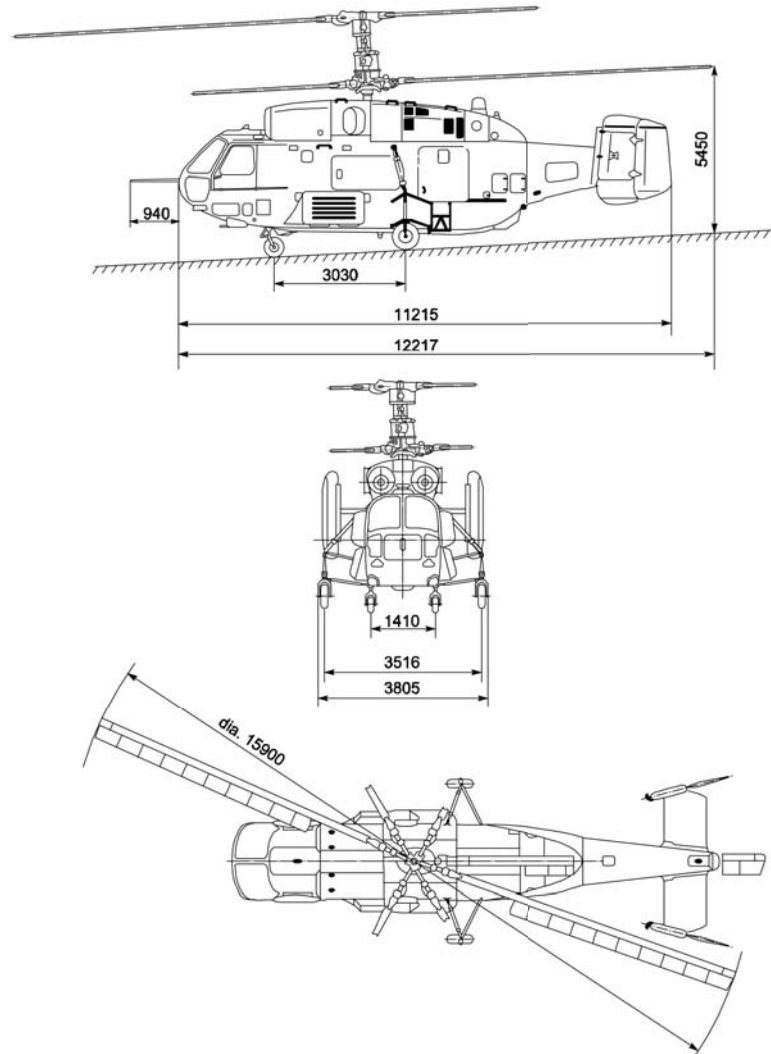


Figura 3.17: Dimensões principais do Helicóptero Kamov Ka-32 [75].

Na tabela 3.7 mostram-se os valores de algumas características do Kamov Ka-32.

Tabela 3.7: Características da aeronave Kamov Ka-32 A11BC [75].

Característica	Valor
Velocidade a Nunca Exceder	140 nós (259 km/h)
Velocidade de Cruzeiro	120 nós (222 km/h)
Razão de Subida	11 m s ⁻¹
<i>Endurance</i>	4 horas
Alcance	529 NM (980 km/h)
Máxima Massa à Decolagem	11.000 kg
Máxima Massa com Carga Suspensa	12.700 kg
Massa Vazio	6.700 kg

Como descrito, o Kamov Ka-32 utiliza uma linha longa entre o balde e a fuselagem do helicóptero. Esta linha tem uma dimensão de sensivelmente 15 m, o que significa que o Kamov poderá abastecer o balde a uma altura acima do solo de 15 m, podendo evitar obstáculos abaixo desta altura. O mesmo não acontece com os helicópteros descritos anteriormente, uma vez que usam uma linha curta, com um comprimento de aproximadamente 4 m, não podendo evitar obstáculos acima desta altura.

Outra característica deste helicóptero, é o uso de um balde *Bambi Bucket* HL5000 com uma bomba de enchimento *Torrentula*, que permite o uso de superfícies aquáticas menos profundas; é possível abastecer em pontos de água com apenas 53 cm de profundidade, em comparação com os baldes dos helicópteros descritos anteriormente que necessitam no mínimo de uma profundidade de 1,52 m.

A dimensão que limitaria a escolha do ponto de água para este helicóptero no caso do uso de uma linha curta seria de 15,90 m, aproximadamente 16 m. Porém, dado o uso de uma linha longa, a dimensão considerada é apenas a do balde *Bambi Bucket* HL5000. Ainda assim, não foi possível obter as dimensões oficiais do balde em questão, pelo que foi usada neste trabalho a dimensão do helicóptero com linha curta.

No caso da bomba do balde falhar, a profundidade do ponto de água passa de 0,52 m para 2,80 m, o que é bastante diferente e deve ser considerado.

No caso do desempenho do helicóptero, foram também analisados dois parâmetros, como no caso anterior do Bell 212; o desempenho em voo estacionário fora de efeito solo (HOGE) e a distância de decolagem necessária. Recorreu-se ao manual de voo para obter o gráfico da figura 3.18 para a performance de voo estacionário fora do efeito de solo (HOGE) e ao gráfico da figura 3.19 para a distância de decolagem.

Tabela 3.8: Cálculo da massa operacional da aeronave Kamov Ka-32 [75].

Massa	Valor (kg)
Vazio	6.645
Tripulação	160
Combustível	1.233
<i>Bambi Bucket</i> HL5000	330
Carga de Água	4.200
Operacional	12.568

Para ambos, foi utilizada a massa operacional estimada como mostra a tabela 3.8, 12.568 kg, bem como condições de temperatura do ar de + 35°C, à semelhança do estudo feito para os outros dois helicópteros anteriores. Foi aqui também utilizada a mesma altitude pressão que nos outros helicópteros, $h_p = 4.000$ pés.

No gráfico da figura 3.18, podemos observar novamente duas linhas. A vermelha representa uma temperatura de ar de + 30°C e para a altitude de 1.220 metros (4.000 pés), é possível observar que a massa é inferior à massa operacional estimada, o que significa que o helicóptero não irá conseguir carregar a quantidade de água total esperada de 4.200 kg. A massa máxima fora de efeito de solo com esta temperatura a esta altitude é de cerca de 11.800 kg. A linha azul, representa a máxima temperatura do ar para a altitude referida e para a massa operacional estimada, ficando pelos +22 °C. É necessário ter alguma atenção ao desempenho do Kamov Ka-32, caso os valores estimados operacionais sejam iguais aos usados na operação. Posto isto, é necessário analisar com algum detalhe a elevação dos pontos de água, por forma a que mesmo nos dias mais quentes o helicóptero não tenha problemas na operação de combate devido aos limites do seu desempenho de voo.

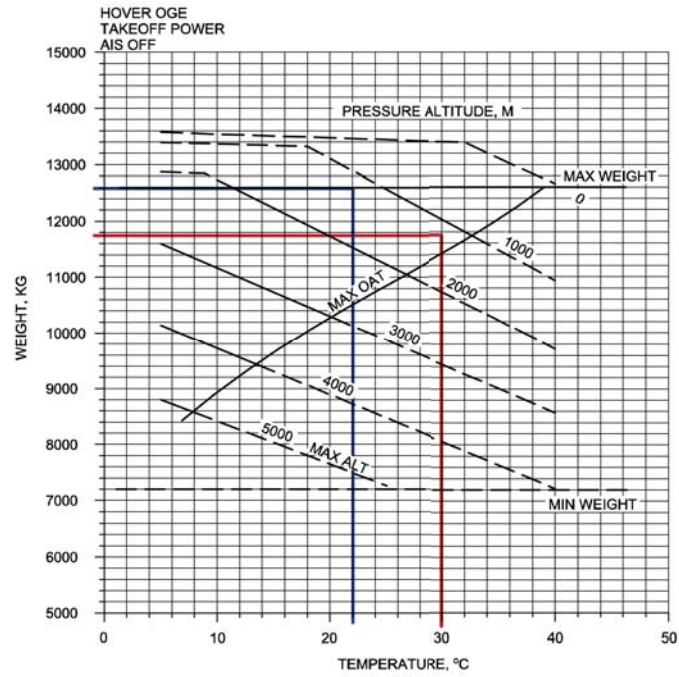


Figura 3.18: Gráfico do desempenho em voo estacionário fora de efeito de solo (HOGE) do Kamov Ka-32 [75].

No gráfico da figura 3.19, é mostrada a distância de decolagem requerida. A linha vermelha representa a distância necessária com a temperatura do ar de +35 °C para uma altitude pressão de 1.220 metros e uma massa de 10.000 kg, que mostra cerca de 75 metros. Uma vez que a massa fica um pouco abaixo do estimado operacional, e uma vez que não existem outros dados, estimou-se uma distância de 150 metros na pior situação, ou seja o dobro, por forma a garantir alguma distancia livre em caso de perda de potência ou motor. A linha azul, representa a distância necessária em condições ISA, ao nível do mar, tendo-se obtido cerca de 58 metros.

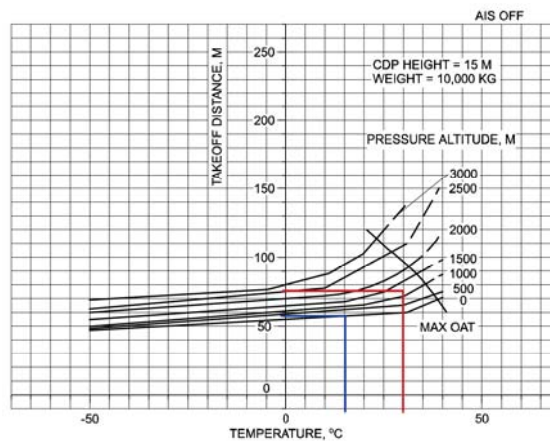


Figura 3.19: Gráfico da distância de decolagem requerida do Kamov Ka-32 [75].

Tabela 3.9: Limites de desempenho do Kamov Ka-32.

Característica	Valor
Altitude Pressão (hp) vs. OAT + 30 °C	700 m (2.300 pés)
OAT vs hp = 4.000 pés	22 °C
Distância de Decolagem	150 metros

De forma sumária, na tabela 3.10 apresentam-se as condicionantes relativas as dimensões dos meios aéreos; neste caso apenas os helicópteros foram considerados, uma vez que o Concelho do Fundão não dispõem de albufeiras com geometria e dimensões compatíveis com o uso de outros meios aéreos, nomeadamente aviões bombardeiros. Foram definidos os valores da **Dimensão Limite**, que são definidos como a dimensão mínima que um obstáculo pode estar do centro do ponto de água, a **Área Mínima**, que traduz a área que deve estar livre de obstáculos e a **Altura Mínima da Coluna de Água**, que define o valor mínimo que o ponto de água deverá ter para que o balde *bamby bucket* possa ser enchido de acordo com o manual do equipamento [24], [76].

Tabela 3.10: Condicionantes relativas à dimensão dos helicópteros.

Helicóptero	Dimensão Limite [m]	Área Mínima [m ²]	Altura Mínima da Coluna de Água [m]
AS350 B3	18,1	258	1,52
Bell 205/212	24,4	467	1,52
Kamov Ka-32	22,3	389	0,53

Apesar de se não haver estabelecido um valor para tal, a dimensão limite teve como base de adaptação a informação encontrada no Anexo 14, Volume II da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) que define que para a zona final de aproximação e aterragem (*Final Approach and Take Off (FATO)* de heliportos deve existir uma zona de proteção igual a 0,4 D, sendo D definido como a maior distância entre extremidades do helicóptero [77] como mostrado na figura 3.20. Sendo assim, definiu-se a Dimensão Limite de acordo com a fórmula 3.1:

$$\text{Dimensão Limite} = \text{Maior Distância entre Extremidades} \times 1,4 \quad (3.1)$$

A Área Mínima teve como diâmetro a Dimensão Limite.

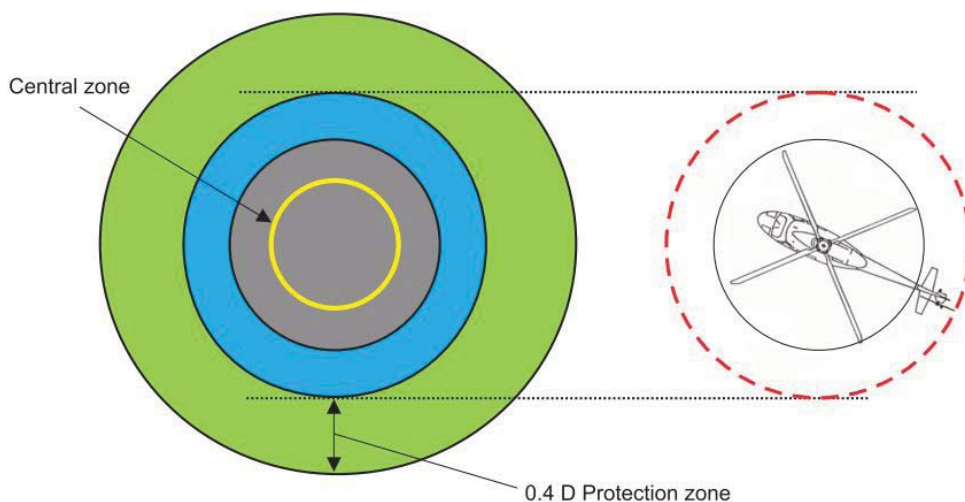


Figura 3.20: Zona de proteção do helicóptero na aterragem e descolagem [77].

Em termos do desempenho de voo dos helicópteros, tendo em conta a análise efetuada, foi possível chegar aos valores da tabela 3.11.

A tabela 3.12 mostra os limites de inclinação/declive máximo para aterragem de cada helicóptero. De referir que o Bell 212 não tem limites descritos no manual de voo; por isso, e dadas

Tabela 3.11: Condicionantes relativas ao desempenho de voo dos helicópteros.

Helicóptero	Distância de Descolagem [m]	Altitude Pressão Máxima OAT +35 °C [m/ft]	OAT Máxima hp = 4.000 pés [°C]
AS350 B3	100	1.700 / 5.500	35
Bell 205/212	240	1.500 / 5.000	30
Kamov Ka-32	150	700 / 2.300	22

as características semelhantes, foi usado o Bell 412 por forma a poder obter-se uma ideia dos valores que possam estar associados ao Bell 212.

Tabela 3.12: Condicionantes relativas à operação dos helicópteros. Adaptado de [73]-[75].

Helicóptero	Declive Máximo Para Aterragem [°]		
	Nariz em Cima	Nariz em Baixo	Lateral
AS350 B3	10	6	8
Bell 212	Não Definido		
Bell 412	4		10
Kamov Ka-32	6	6	6

3.4 Metodologia

Como referido no capítulo 1.4, onde se descreveu em traços gerais a metodologia deste trabalho, pretende-se agora especificar essas etapas e descreve-las com maior detalhe. Assim apresenta-se em seguida a metodologia completa que levou à elaboração deste modelo aplicado ao Concelho do Fundão. A estrutura deste capítulo divide-se em três subcapítulos:

- Recolha de informação;
- Tratamento e análise sumária da informação;
- Validação dos pontos de água.

3.4.1 Recolha de Informação

A recolha de informação usada para a elaboração do modelo aqui apresentado, foi dividida em duas etapas:

- Estudo de gabinete; e,
- Trabalho de campo.

O Estudo de gabinete consistiu primeiramente na recolha e análise documental, e num segundo momento na análise e tratamento da informação.

Da informação recolhida, parte dela foi cedida pelo Gabinete Técnico da Câmara do Fundão. Outra foi adquirida ao Instituto Geográfico do Exército Português, tais como, Extratos das Cartas Militares de Portugal, Série M888, à escala 1:25 000 das folhas 235, 236, 245, 246, 247, 254, 255, 256, 266, 267, 268, 269 [78]-[90].

Ainda se destaca a Carta de Uso e Ocupação de Solo (COS, CLC e Copernicus, 2010 [64]) cedida pela Direção Geral do Ordenamento do Território (DGOT), a fotointerpretação da fotografia aérea do Concelho do Fundão à escala 1:15 000 do voo de 2015 e análise dos ortofotomapas relativos

ao Concelho do Fundão à escala de 1:10 000 do Instituto Geográfico e Cadastral. Recorreu-se também ao *software* Google Earth.

Foram consultados os documentos técnicos relacionados com as aeronaves e equipamento usado, isto é, manuais de voo e suplementos, especificamente o manual de voo da aeronave AS 350 B3 Arriel 2B1 (2012), o manual de voo do Bell 212 (1995), o manual de voo Kamov Ka-32A11BC (2005) assim como os manuais dos equipamentos de supressão manual de operações *Bambi Bucket*, manual de serviço do *Bambi Bucket Torrentula* [24], [73]-[76].

Em relação ao Trabalho de campo, este compreendeu várias tarefas tais como:

1. Inquérito aos pilotos;
2. Inventário e validação das condicionantes;
3. Validação do modelo proposto.

1. Inquérito aos pilotos

Com o objectivo de avaliar a opinião dos pilotos relativamente à necessidade de maior informação relativa a pontos de recolha de água, que tipo de informação deveria ser considerada acerca desses mesmos pontos e também avaliar a eficiência das operações aéreas no combate a incêndios florestais, foi então elaborado um inquérito. O inquérito previa não só o uso de helicópteros, mas também outros meios aéreos; porém apenas uma população de 40 pilotos de helicópteros de combate a incêndios florestais foi considerada.

De forma resumida o inquérito pretendia obter respostas a várias questões, tais como:

- Qual a utilidade e importância de uma base de dados de pontos de recolha de água em operações de combate a incêndios florestais?
- Poderá essa base de dados aumentar a eficiência e segurança operacional das operações aéreas nesse ambiente?
- Que informação é mais relevante para as tripulações?

O inquérito (anexo A.4) de administração indireta, contempla perguntas de resposta fechada e resposta aberta, sendo estas últimas respetivamente classificadas e codificadas. O inquérito foi dividido em 5 partes, realizado com recurso a uma ferramenta online (JotForm) e o *link* partilhado entre a população, com uma taxa de retorno superior a 50%.

As cinco partes do inquérito, dividiram-se da seguinte maneira:

Primeira parte - foi recolhida informação relativa à experiência de voo do piloto, o número e o local de campanhas realizadas, o helicóptero que opera atualmente e o tipo de equipamento utilizado.

Segunda parte - avaliou-se o grau de importância dada a uma base dados com informação relativa aos pontos de recolha de água, bem como a sua utilidade nas operações. Também foi possível nesta fase recolher informação relativa a ocorrências (acidentes e incidentes) e avaliar se a existência de informação relativa a obstáculos poderia ter feito diferença no resultado final.

Terceira parte - diz respeito à eficiência da operação aérea no combate ao incêndio florestal e teve por objetivo avaliar se a base de dados poderia tornar a operação mais eficiente.

Quarta parte - pretendia-se obter a opinião acerca de como deveria ser apresentada essa informação, o que deveria conter e que informação seria mais relevante para o piloto.

Quinta parte - foi colocada apenas uma questão, relativa à necessidade de colocação de pontos de recolha de água em locais de défice hídrico.

Por forma a saber a dimensão de amostras necessárias para um nível de confiança de 95% e uma margem de erro de 10%, foi empregue um algoritmo baseado no código utilizado pela Raosoft Inc. [91] e escrito no *software* MATLAB¹.

Foi usada a equação 3.2 para calcular a margem de erro (E):

$$E = \sqrt{\frac{(N - n)x}{n(N - 1)}} \quad (3.2)$$

Para a dimensão de amostra recomendada (n), foi utilizada a equação 3.3:

$$n = \frac{Nx}{((N - 1)E^2 + x)} \quad (3.3)$$

O valor de x encontra-se pela equação 3.4:

$$x = Z \left(\frac{c}{100} \right)^2 r(100 - r) \quad (3.4)$$

A variável r é a fração de respostas de interesse a obter, e $Z(c/100)$ é o valor crítico para o nível de confiança c.

Com a escolha de 10% de Margem de Erro (E) e 95% de valor de Confiança, a amostra deveria ter uma dimensão de 21 respostas - ora, o número de respostas obtido foi de 24.

2. Inventário e validação das condicionantes

Esta tarefa teve como objetivo inventariar e validar os dados recolhidos no estudo de gabinete a partir das cartas militares, fotografia aérea, carta de ocupação do solo e outra informação cedida pelo Gabinete Técnico da Câmara do Fundão. Entre as condicionantes inventariadas e validadas destacam-se as infraestruturas rodoviárias, ferroviárias, rede elétrica, rede de comunicações (antenas), tipos de ocupação de solo e edificado.

3. Validação do modelo proposto

Devido à sua particularidade, a validação do modelo proposto será tratada no subcapítulo 3.4.3.

3.4.2 Tratamento e Análise Sumária da Informação

Após a obtenção de todos os dados necessários referidos no subcapítulo 3.4.1, procedeu-se ao seu tratamento e análise.

Com o intuito de obter uma carta de perigosidade, por forma a avaliar as zonas com menor impacto para a operação das aeronaves, foi definida uma escala de 1 a 5 valores, em que 1 representa o valor de perigo muito baixo e 5 o valor de perigo muito elevado. A essa escala

¹O código MATLAB utilizado encontra-se no anexo A.3.

foi associado um código de cores por forma a facilitar a leitura das cartas, onde a cor verde representa um nível de perigosidade muito baixa e a cor vermelha muito elevado, como se apresenta na tabela 3.13.

Tabela 3.13: Código de perigosidade.

Nível de Perigosidade				
Muito Baixo	Baixo	Médio	Elevado	Muito Elevado
1	2	3	4	5

Para se poder proceder à definição dos valores de perigo, as características das aeronaves foram analisadas em termos de desempenho de voo e características físicas, tal como foi descrito no capítulo 3.3. Estes valores vão ser utilizados para definir o nível de perigosidade representado pelas condicionantes inventariadas.

Foi usado o *software* ArcGIS 10.5 da ESRI, por forma a tratar e analisar os dados espacialmente e produzir as diversas cartas temáticas. Assim, foi elaborado um Modelo Digital de Terreno (MDT) (figura 3.21), com uma dimensão de célula de 5 por 5, em formato GeoTIFF, a partir das curvas de nível com uma equidistância de 5 metros, tendo por base as cartas topográficas adquiridas ao IGeoE e cedidas pela Câmara Municipal do Fundão.

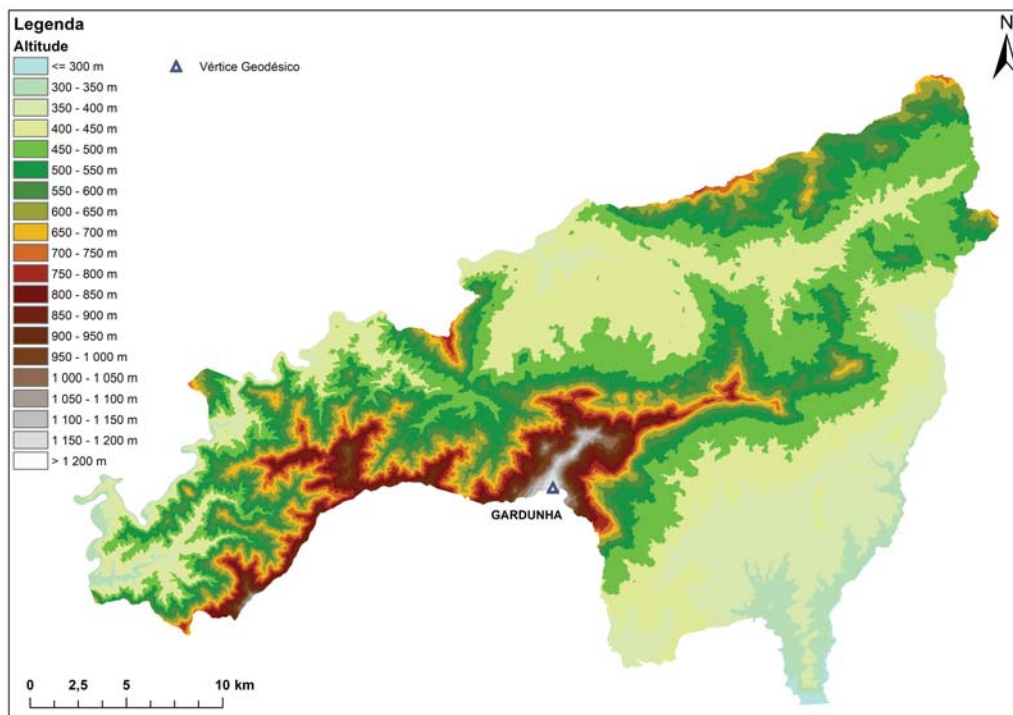


Figura 3.21: Modelo digital de terreno (MDT) do Concelho do Fundão. Elaborada pelo autor baseado em dados de [71].

Após a obtenção do MDT, foi possível criar a carta de declives, a qual foi usada para a obtenção da carta de perigosidade relativa ao declive (figura 3.22), através da reclassificação dos declives em três níveis de perigosidade, tendo-se utilizado para isso a ferramenta “Reclassify” da extensão “Spatial Analyst” do ArcGIS 10.5.

Os critérios usados nesta reclassificação, tiveram em consideração as características das aeronaves, tanto de desempenho como de geometria, e também tendo em conta, uma possível aterragem forçada no ponto de água devido a uma eventual falha de motor ou outra situação imprevista.

Assim, para declives compreendidos entre $[0^\circ; 3^\circ]$ foi atribuído o valor de 1, uma vez que declives iguais ou inferiores a 3° não representam nenhuma condicionante operacional para as aeronaves consideradas, como descrito na tabela 3.12. O segundo intervalo escolhido compreende os declives entre $[3^\circ; 10^\circ]$, tendo sido atribuído o nível de perigosidade 3 (nível médio) pois já poderá representar algum perigo para algumas aeronaves em função das suas características. Finalmente o terceiro grupo classificado compreende os declives superiores a 10° , para o qual foi atribuído o nível de perigosidade mais elevado (5), pois representa perigo para todos os helicópteros uma vez que em alguns casos o valor de inclinação aceitável para uma aterragem segura é sempre inferior a este valor.

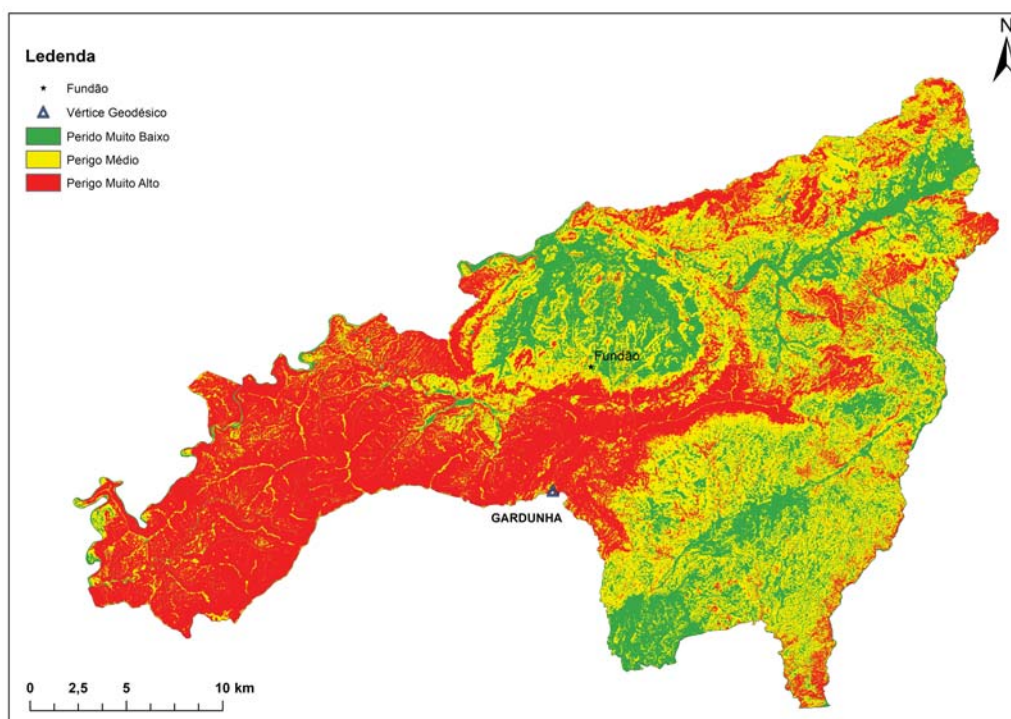


Figura 3.22: Carta de perigo relativa ao declive do Concelho do Fundão. Elaborada pelo autor baseado em dados de [71].

Posteriormente procedeu-se ao tratamento da Carta de Uso e Ocupação de Solo (COS) cedida pela Direção-Geral do Território [64]. Esta carta foi comparada com a carta de ocupação de solo cedida pelo Gabinete Técnico da C.M. do Fundão [71]. Após a análise das duas cartas, verificou-se que ambas representam dados muito semelhantes, pelo que foi utilizada a carta cedida pela Direção Geral do Território, uma vez que esta é a mais recente. Foram atribuídas as reclassificações de acordo com a tabela 3.14, representando-se assim o perigo presente em cada uma das classes como mostrado na figura 3.23.

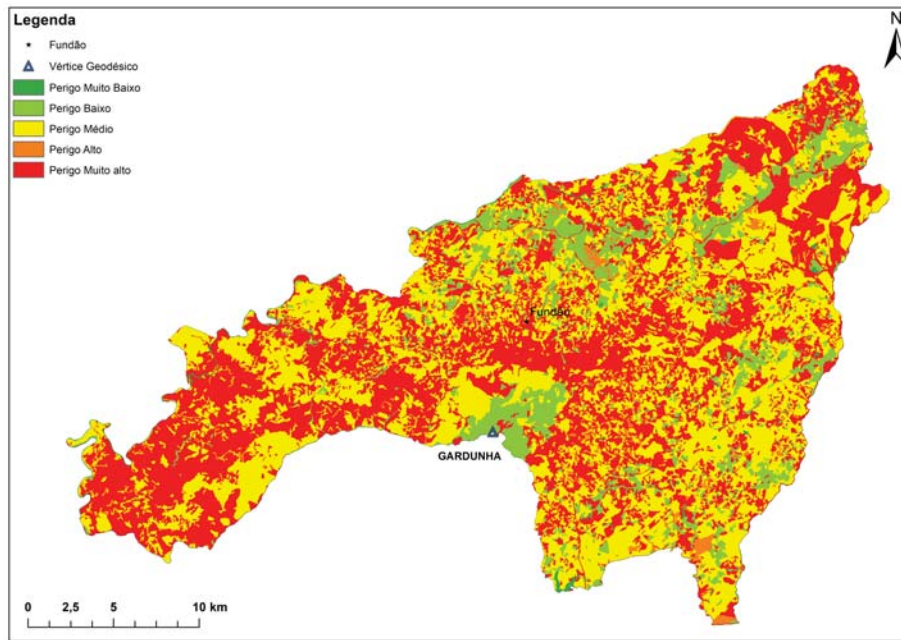


Figura 3.23: Carta de perigo relativa a ocupação e uso de solo do Concelho do Fundão. Elaborada pelo autor baseado em dados de [71].

A carta de infraestruturas apresentada na figura 3.24 engloba a rede elétrica, rede ferroviária, rede rodoviária, antenas e rede de telecomunicações, aglomerados urbanos e campos de jogos. Esta carta representa alguns dos obstáculos que constituem o maior perigo para o meio aéreo, como é o caso dos cabos elétricos. Os aglomerados urbanos, por norma, representam um grande número de obstáculos e poucas áreas livres; foi-lhe por isso atribuído o valor de maior perigo (5). Em contraste, encontram-se também nesta carta os equipamentos desportivos, isto é, campos de jogos, que normalmente são zonas amplas e com espaço livre; foi-lhes por isso atribuído o valor de baixa perigosidade (2).

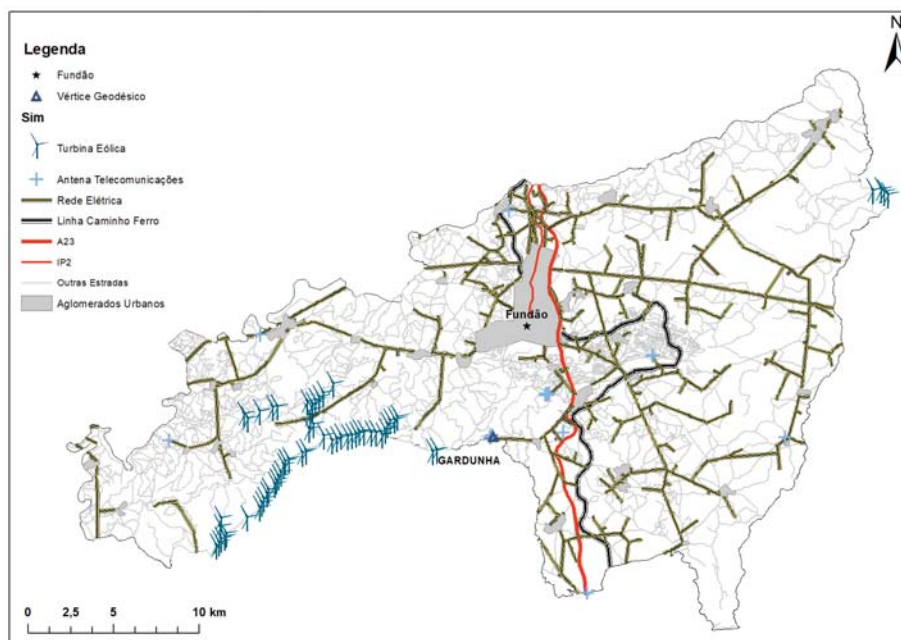


Figura 3.24: Carta de infraestruturas do Concelho do Fundão. Elaborada pelo autor baseado em dados de [71].

Para as infraestruturas de rede elétrica, telecomunicações, rodoviária e ferroviária, foram criadas zonas de perigo (*buffers*). Para a rede elétrica, isto é, para as linhas de muito alta, alta, média e baixa tensão, foi criado uma zona de 100 metros para cada lado do centro da linha. Dentro desta zona foi atribuído um nível de perigosidade muito elevado (5). Ainda para a rede elétrica, mas relativo à produção de energia eólica, foi criada uma zona de diâmetro de 60 metros, com centro no ponto da torre eólica, por forma a delimitar a zona de perigo, independentemente da direção da torre. Dentro desta zona foi também atribuído o valor muito elevado de perigosidade (5).

À semelhança do que foi feito para as infraestruturas de rede elétrica, para a rede rodoviária também foram atribuídas zonas de perigo. Foi criada uma zona de 30 metros para cada lado do centro da autoestrada, com uma atribuição de nível de perigosidade muito elevada (valor 5). Para os itinerários principais e estradas secundárias, foi criado uma zona de 15 metros e escolhido o valor de perigosidade médio (3), uma vez que, em caso de necessidade, poderá utilizar-se estas estradas para recolha de água em tanque móvel. Já para outros caminhos, foi atribuído o valor de risco elevado (4), para uma zona de 15 metros. Estes caminhos são mais estreitos do que os anteriores, o que dificulta o seu acesso.

Para a ferrovia, também com uma zona de 15 metros para cada lado relativamente ao eixo da mesma, foi atribuído o valor de perigosidade muito elevada (5). Normalmente a ferrovia é povoada de cabos elétricos, e por esta razão criou-se uma zona de exclusão que reflete este perigo. A figura 3.25 representa a carta de infraestruturas.

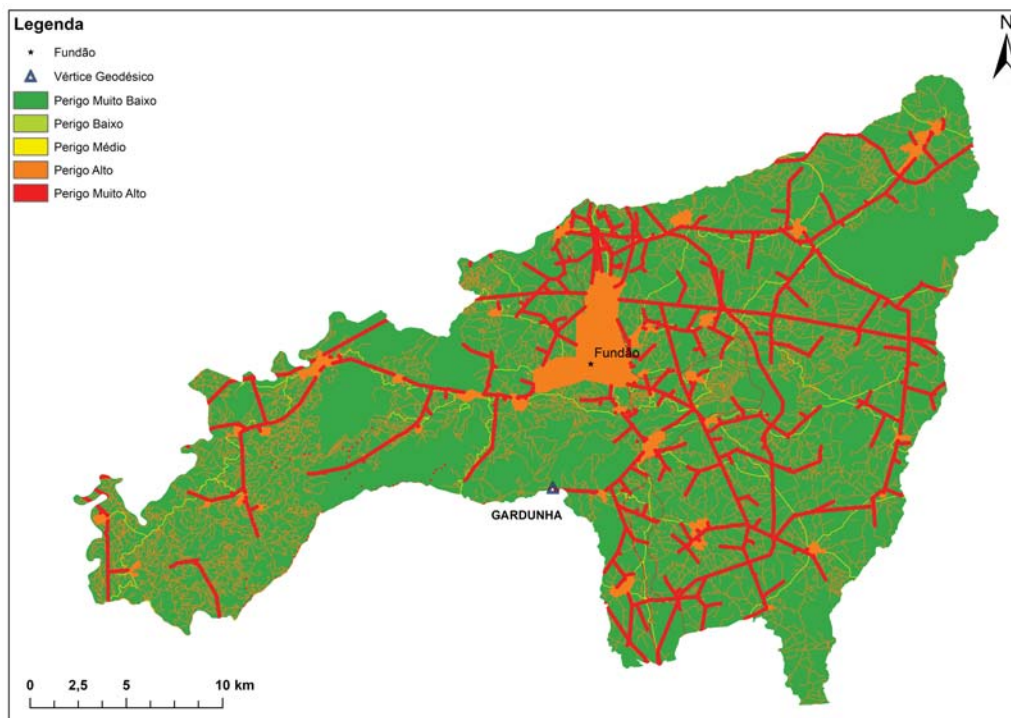


Figura 3.25: Carta de perigo das infraestruturas do Concelho do Fundão. Elaborada pelo autor baseado em dados de [71].

A carta de Índice de Risco de Incêndio (figura 3.26), foi cedida pelo Gabinete Técnico da Câmara Municipal do Fundão, bem como a carta de Pontos de Ignição [71] dos anos de 2007 a 2015. Estas cartas não foram reclassificadas, porém servem para analisar os locais com maior necessidade

de recursos hídricos. Estas cartas são comparadas com a carta de recursos hídricos, por forma a deduzir as zonas de maior necessidade de pontos de água.

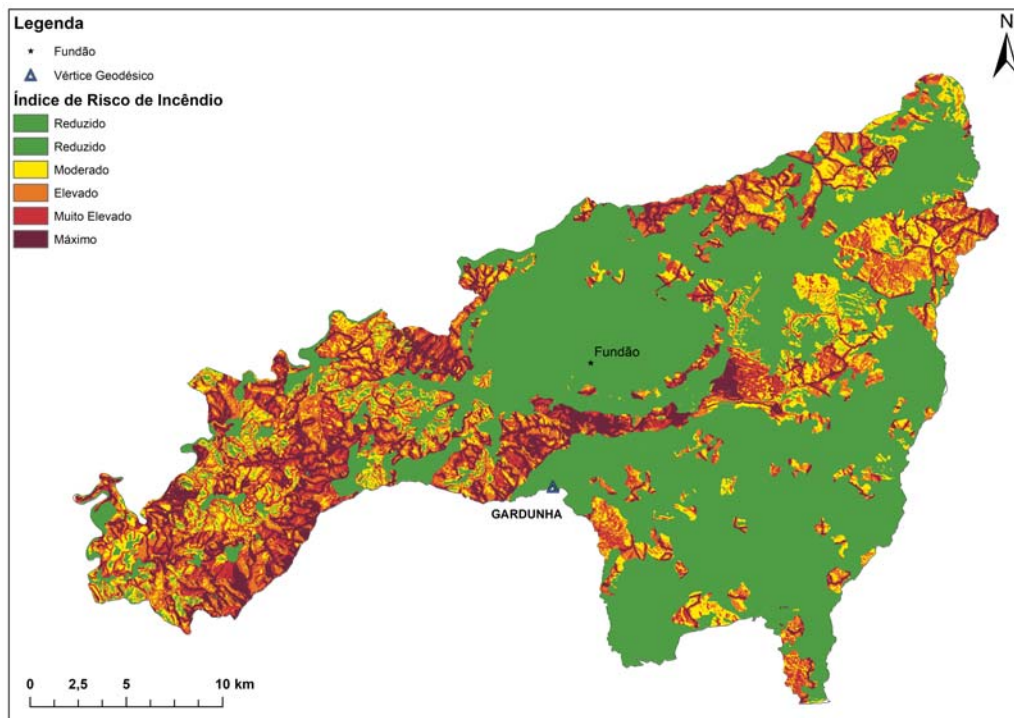


Figura 3.26: Índice de risco de incêndio para o Concelho do Fundão [71].

Na tabela 3.14 apresentam-se as variáveis uso de solo, declives e infraestruturas e respetivas classes, e o peso atribuído a cada uma destas classes, com uma breve explicação do valor de perigosidade atribuído.

Tabela 3.14: Quadro resumo dos valores das variáveis utilizadas para a carta de perigosidade.

Variável	Classe	Valor	Explicação
Uso de Solo	Superfícies Aquáticas	1	Não existe qualquer perigosidade em operações normais.
	Áreas Urbanas/Sociais	5	Perigos variados, locais a evitar.
	Agricultura	3	Perigosidade média.
	Floresta	4	Devido às árvores com alguma altura, deve evitar-se as florestas.
	Incultos	2	Perigosidade baixa, poderá ser utilizada.
	Improdutivos	4	Devido a algumas árvores e também arbustos, estas áreas devem ser evitadas.
Declive	<3°	1	Não existe qualquer perigosidade em operações normais.
	3° - 10°	3	Existe um perigo médio associado a estes declives.
	>10°	5	Perigosidade muito elevada, estas áreas com declives acentuados devem ser evitadas.
Infraestruturas	Auto-estrada (Zona de 30 metros a partir do centro)	5	Perigosidade muito elevada, zona a evitar.
	Itinerários Principais (Zona de 15 metros a partir do centro)	3	Perigosidade média, deverá ser evitado em caso de alternativa.
	Estradas Secundárias (Zona de 15 metros a partir do centro)	3	Perigosidade média, deverá ser evitado em caso de alternativa.
	Caminhos (Zona de 15 metros a partir do centro)	4	Perigosidade elevada, área a evitar.
	Ferrovia (Zona de 15 metros a partir do centro)	5	Perigosidade muito elevada, zona a evitar.
	Rede Elétrica (Zona de 100 metros a partir do centro)	5	Perigosidade muito elevada, zona a evitar.
	Turbina Eólica (Zona centrada com raio de 30 metros)	5	Perigosidade muito elevada, zona a evitar.
	Antenas de Telecomunicações (Zona centrada com raio de 15 metros)	5	Perigosidade muito elevada, zona a evitar.
	Campo de Futebol	2	Perigosidade baixa. Pode ser utilizado em operações normais.

Em relação aos recursos hídricos, foi também produzida uma carta das lagoas, albufeiras, barragens e linhas de água do Concelho do Fundão.

Para a obtenção da carta de perigosidade aos meios aéreos foi utilizando a ferramenta “Cell Statistics” da extensão “Spatial Analyst” do ArcGIS 10.5, que comparou os valores de cada camada, permitindo extrair os valores máximos de *input* de cada célula.

Esta carta foi confrontada com a carta de recursos hídricos, fazendo-se uma interceção de dados. Apenas as superfícies de água que se encontravam nos valores de perigosidade baixo (2) e muito baixo (1) foram consideradas para a próxima análise.

Com a carta de recursos hídricos filtrada, foi criado um centróide em cada ponto. Após a criação do centróide foram criados três zonas concêntricas a cada centróide. Os diâmetros destas três zonas refletem os valores da tabela 3.10: 12,9 metros para o HEBL, 17,4 metros para o HEBM e

15,9 metros para o HEBP.

Na figura 3.27 apresenta-se um diagrama representando a metodologia utilizada. Repartiu-se em duas fases, representando duas análises espaciais diferentes em que da primeira análise foi possível obter a carta de perigosidade e da segunda análise a carta final dos pontos de água assim como a base de dados associada. É possível realimentar os dados iniciais, com os dados finais atualizados e validados e percorrer novamente o processo inteiro. Para além da base de dados, é possível também obter outras cartas ou exportar para outros formatos a informação inventariada.

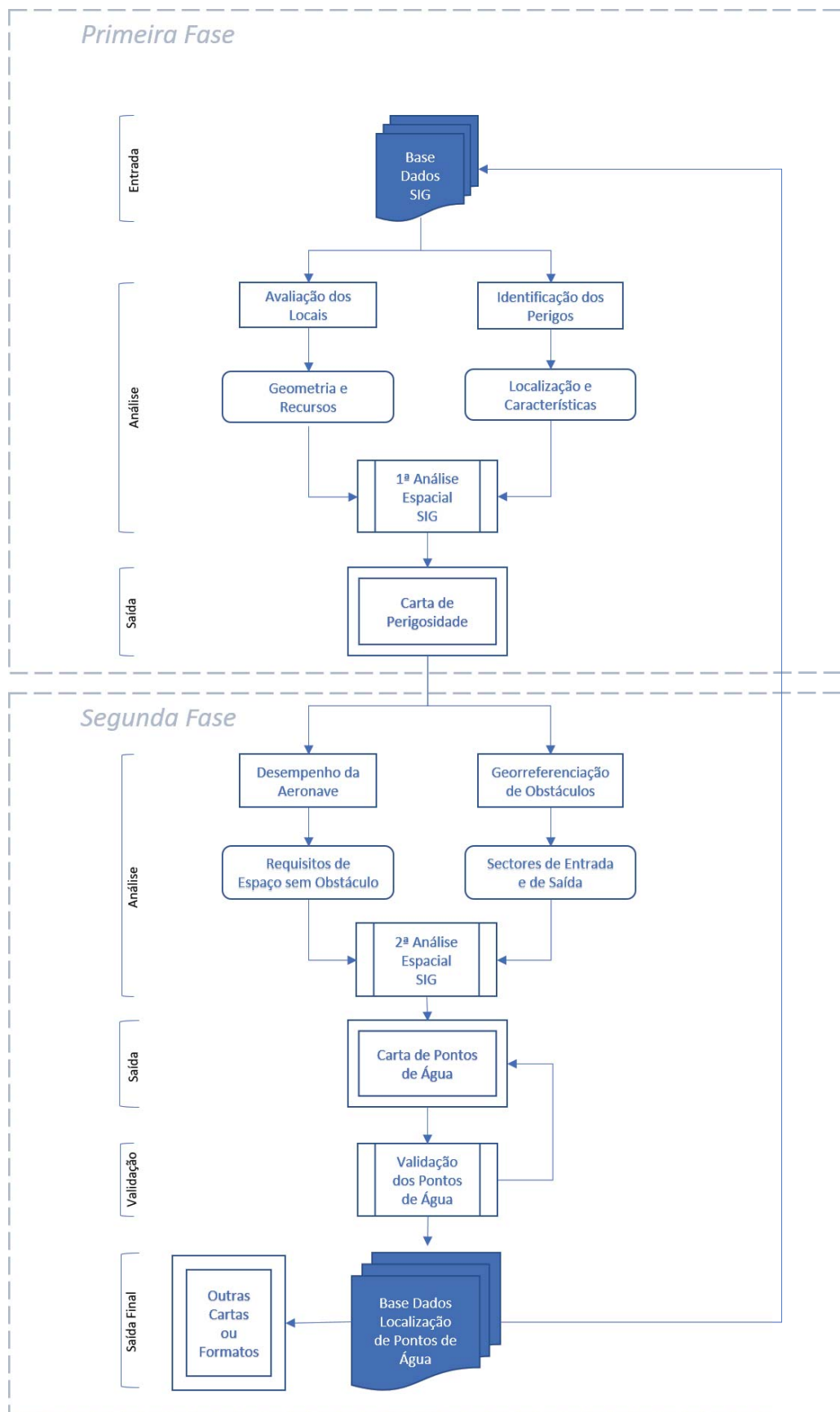


Figura 3.27: Diagrama da metodologia geral específica do modelo.

3.4.3 Validação dos Pontos de Água

Por forma a validar tanto os dados cedidos como também recolha adicional de outros dados, foram efetuadas duas visitas ao campo. A primeira serviu para conhecer os pontos de água já localizados e referenciados pela C.M. do Fundão. A segunda visita serviu para georreferenciar os pontos de águas bem como fazer o levantamento de qualquer objeto que pudesse influenciar o meio aéreo.

Por forma a validar o modelo e os dados cedidos, como também para a recolha adicional de novos dados, utilizou-se um método direto de observação de campo, sendo por isso efetuadas visitas com medição *in situ*, quer da altura da coluna de água, quer da geometria por forma a obter informação qualitativa e quantitativa de cada ponto de água e criar uma base de dados capaz de ser fornecida aos operadores dos meios aéreos na região.

Neste trabalho utilizou-se um veiculo todo-o-terreno bem como, equipamento de levantamento e georreferenciação. Recorreu-se à ajuda de GPS da marca South, com uma precisão planimétrica de 5 mm, composto por uma base South RTK S86T e um rover South RTK S82T (figura 3.28). Este equipamento foi cedido pelo Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade da Beira Interior.

É possível estimar que para outro território onde o estudo possa ser replicado, sejam necessários no mínimo dois técnicos, um veículo todo-o-terreno e equipamento de georreferenciação. Estima-se que a razão de área coberta por hora seja de $62 \pm 5 \text{ km}^2/\text{h}$.



Figura 3.28: Levantamento usando o GPS South S86T e S82T.

Ainda que para o final da segunda fase da metodologia fosse obtido um mapa de pontos de água, estes tiveram que ser validados com levantamento topográfico uma vez que a informação das cartas podia não corresponder à representação real no terreno. Na fotografia da figura 3.29 mostra-se um exemplo de um ponto de água que ao final da segunda análise poderia ser utilizado; porém, devido à dinâmica do terreno, a vegetação tornou-o agora inválido ao uso por parte dos meios aéreos.

Apesar de haver condicionantes, que pela sua natureza, tornam os pontos de água permanentemente (em termos práticos) inválidos, há outros, como o exemplo da figura 3.29, que basta uma

manutenção (limpeza da vegetação) para o tornar válido. É por isso também importante, saber a natureza da condicionante, por forma a ponderar as ações necessárias para o tornar válido em caso de necessidade.



Figura 3.29: Ponto de água típico condicionado por falta de manutenção.

Na figura 3.30, mostra-se um ponto de água que não foi validado por vários fatores, como por exemplo: linhas de baixa e alta tensão, e pela ocupação de solo envolvente (pomar de fruta fresca). Este é um dos casos que torna o ponto de água permanentemente inválido para a análise proposta.



Figura 3.30: Exemplo de obstáculos presentes à volta de um ponto de água.

3.5 Conclusão

Neste capítulo foi possível abordar a área de estudo, foi localizado geograficamente o Concelho do Fundão e caracterizado em relação à sua morfologia, uso e ocupação de solo, retirando alguns dados que foram usados posteriormente nas análises efetuadas.

Também foram abordados neste capítulo os meios aéreos utilizados neste trabalho, justificando o uso apenas de helicópteros em comparação com as características da área de estudo escolhida. Foram analisadas as características dos helicópteros, especialmente a nível dos limites geométricos, de performance e de operação, que posteriormente também foram utilizados por forma a estabelecer parâmetros necessários à análise realizada.

No final do capítulo, foi descrita a metodologia específica usada neste trabalho, descrevendo o trabalho de gabinete e de campo bem como o fluxograma, descrevendo as várias fases que permitiram chegar às conclusões que serão descritas no próximo capítulo.

Capítulo 4

Análise de Resultados

4.1 Introdução

Após aplicação do método descrito no capítulo 3, são agora apresentados neste capítulo os resultados obtidos. Inicialmente descrevem-se os resultados obtidos no inquérito efetuado aos pilotos. Nos três subcapítulos seguintes, apresentam-se as cartas obtidas após a análise efetuada. E por fim, apresenta-se a tabela de atributos dos pontos de recolha de água.

4.2 Dados Obtidos no Inquérito

Em relação ao inquérito, foram obtidas 24 respostas, o que de acordo com o capítulo anterior, cumpre os valores de significância, para 10% de margem de erro e 95% de nível de confiança. Descrevem-se nas cinco partes seguintes os resultados principais obtidos.

Primeira Parte

O primeiro grupo, como foi descrito no capítulo 3.4, é referente à experiência dos pilotos de helicópteros.

No gráfico da figura 4.1 podemos observar que a maior parte dos pilotos tem bastante experiência de voo e campanhas de combate a incêndios florestais, sendo que a grande maioria tem mais de 1.500 horas de voo e mais e metade dos pilotos têm um número de campanhas efetuadas superior a 5.

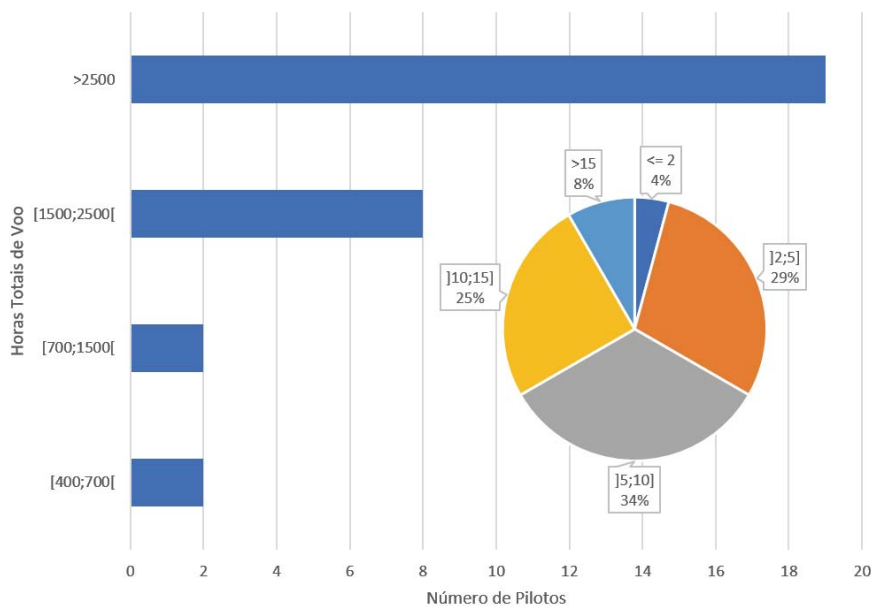


Figura 4.1: Experiência dos pilotos, em horas de voo totais, e número de campanhas de combate a incêndios voadas.

De referir que 91,7% dos pilotos voa Helicóptero Bombardeiro Ligeiro, repartindo-se o restante em partes iguais de 4,2% entre pilotos de Helicóptero Bombardeiro Médio e Pesado. Todos os pilotos usam como equipamento de supressão o *Bambi Bucket* referido nos capítulos anteriores.

Também importante referir que 85,7% dos pilotos inquiridos, operaram em Portugal, o resto da percentagem, divide-se equitativamente por Espanha, Itália e Brasil.

Segunda Parte

Na segunda parte, foram obtidas as respostas que se apresentam no gráfico da figura 4.2. Como se pode observar mais de 84% dos pilotos considera que a informação acerca dos pontos de água poderá reduzir o risco associado com as operações aéreas de combate a incêndios florestais. Mais de 90% considera uma vantagem ter acesso a essa informação antes de entrar no TO.

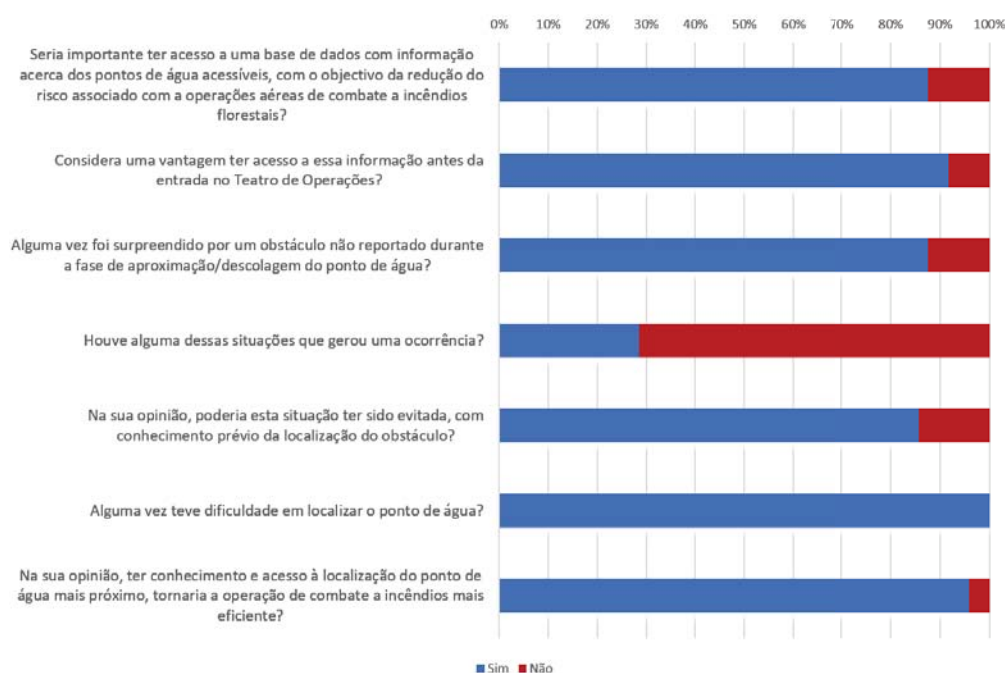


Figura 4.2: Percentagem de respostas Sim e Não, nas perguntas da segunda parte do inquérito.

Em relação a ocorrências, mais de 85% dos pilotos já foi surpreendido por um obstáculo não reportado durante a recolha de água e desta percentagem de pilotos, cerca de 30% foram reportadas como ocorrências. Destes reportes, 83% foram designados pelo GPIAA como incidentes e os restantes 17% como acidente.

Terceira Parte

Em termos de eficiência de operação, todos os pilotos já tiveram dificuldades em localizar o ponto de recolha de água e cerca de 95% afirma que a operação poderia ser mais eficiente caso a localização do ponto mais próximo fosse conhecida; esta informação encontra-se no gráfico da figura 4.2.

Quarta parte

Em relação à informação mais relevante para os pilotos, as respostas são apresentadas no gráfico da figura 4.3.

Claramente que os cabos e os postes são os obstáculos mais relevantes a serem referenciados,

seguindo-se a altura do obstáculo mais elevado e o melhor sector de descolagem/aterragem livre de obstáculos.

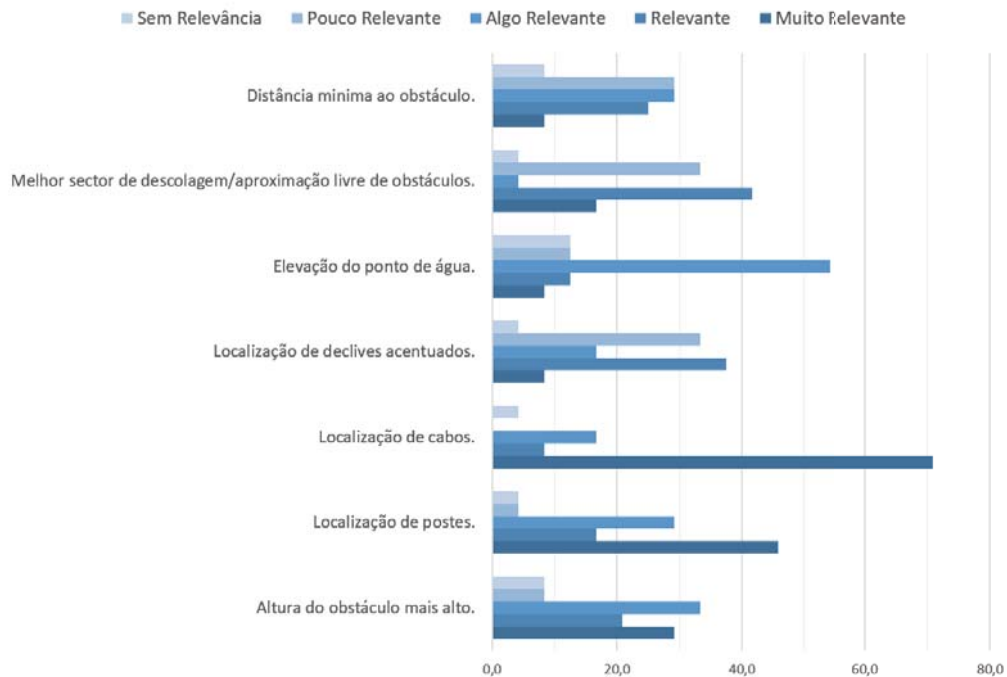


Figura 4.3: Informação mais relevante para os pilotos.

Em relação ainda a esta parte, foi efetuada uma pergunta de resposta aberta, em que alguns dos pilotos também consideram importante alguns dos seguintes pontos:

- Tipo de ponto de água, dimensões, geometria e características como permanente ou temporário, artificial ou natural;
- Quando foi abastecido pela última vez e o nível de água;
- Fotografia aérea à vertical e oblíqua;
- Classificação do ponto de água para o tipo de aeronave.

Fica ainda a ressalva, que uma das respostas abertas de um dos pilotos, indicava que as bases de dados devem ser obrigatoriamente atualizadas, com maior frequência na época estival, uma vez que a situação é altamente dinâmica, e que por isso, as características dos pontos de água rapidamente se alteram. Também é necessário ter alguns cuidados por forma a não saturar as unidades de GPS com pontos de água, o que foi facilmente evitado neste estudo, uma vez os pontos estão separados com uma distância de voo mínima 1 min o que sensivelmente se traduz em 2.500 metros.

Em termos do formato em que a informação deverá ser mostrada, 21 pilotos responderam em GPS (preferencialmente em formatos de GPS conhecidos, como o .gpx e .kmz/.kml), 13 respostas indicavam que deve ser apresentada em carta de grande formato na sala de *briefing*, 7 pilotos em formato de carta de papel.

Quinta Parte

Esta parte incluía apenas uma pergunta simples, com opções de resposta expressas numa escala de 1 a 5, onde o valor 5 corresponde ao valor de maior importância. A pergunta colocada era:

“Considera importante o uso de tanques de água permanentes/temporários em áreas onde este recurso não seja existente?”

91,7% dos pilotos responderam o valor de máxima importância (valor 5), dividindo-se o resto por partes iguais de 4,2% entre o valor 3 e 4.

4.3 Carta de Perigosidade

Seguindo a metodologia apresentada no capítulo 3, foi possível obter a carta de perigosidade para os meios aéreos apresentada na figura 4.4. Pela análise da carta, verifica-se que a área que apresenta maior perigosidade para os meios aéreos fica localizado nas zonas com topografia mais acidentada e de maior elevação; como descrito na tabela 3.14 para valores de inclinação maiores que 10° é aplicado um valor de 5, que representa maior perigosidade para a aeronave.

Em relação às infraestruturas da rede elétrica, como as linhas de alta e muito alta tensão, facilmente se pode verificar nesta carta que representam um nível de perigosidade elevado, encontrando-se assim representadas a vermelho.

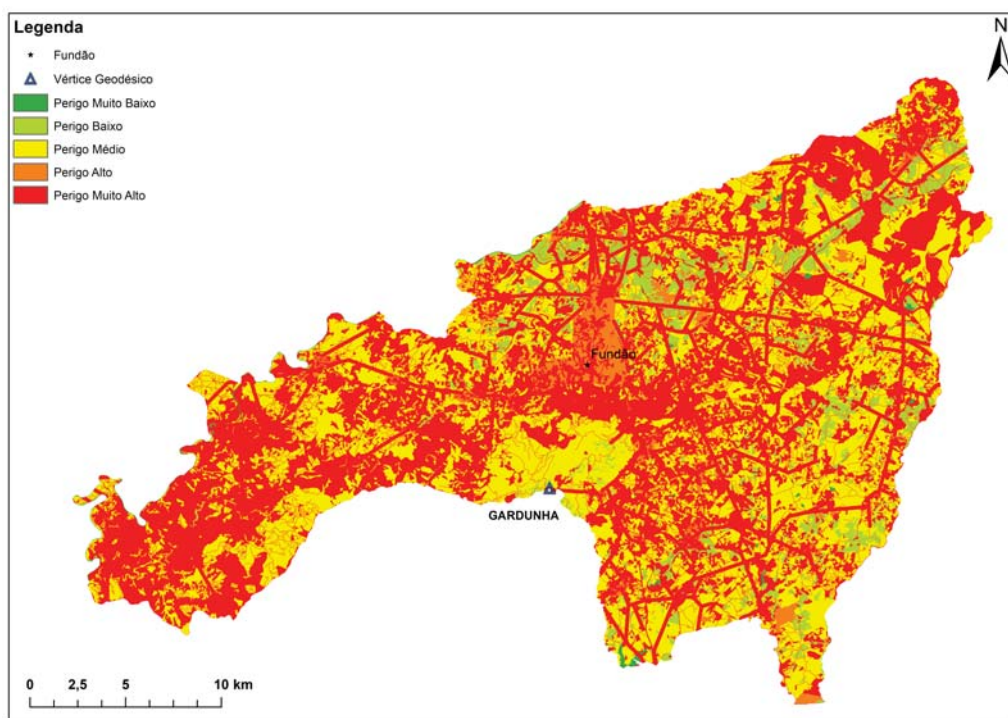


Figura 4.4: Carta de perigosidade para os meios aéreos.

4.4 Carta de Pontos de Água

Da conjugação da carta de perigosidade dos níveis 1 e 2, com a carta das superfícies aquáticas obteve-se a carta dos pontos de água que cumprem os perigos de baixa e muito baixa perigosidade. Dos 2.121 pontos inventariados da carta de superfícies aquáticas foi possível reduzir para 334 pontos. Neste 334 pontos foi criado um centróide e posteriormente foram criadas 3

zonas concêntricas de valor de diâmetro igual à **Dimensão Limite**, como mostrado nos valores da tabela 3.10 no capítulo 3.3.

Num segundo momento, da interceção das zonas anteriores com os limites de fronteira das superfícies aquáticas foi possível validar os pontos de água para cada tipo de aeronave. Assim obtiveram-se 183 pontos para o HEBL, 118 pontos para o HEBM e 131 para o HEBP.

Por forma a garantir o abastecimento das aeronaves no período estival, foi calculado o volume mínimo de cada ponto de abastecimento de água, usando a área do plano de água multiplicada pela altura da coluna de água, ambos valores mínimos para este período.

Com o volume mínimo calculado, foi possível dividir o mesmo pela capacidade de transporte de água de cada helicóptero resultando no número mínimo de enchimentos possíveis. Com esta operação foi possível reduzir ainda mais o número de pontos de água possíveis, chegando finalmente aos valores de 40 pontos para o HEBL, 30 pontos para o HEBM e 20 para o HEBP.

É possível observar que apesar de existir inicialmente um maior número de pontos de água para o HEBP em comparação com o HEBM, quando calculado o número de enchimentos, o valor mostra-se inferior.

Com os resultados assim obtidos, foi possível a elaboração de três cartas específicas para cada meio aéreo como se apresenta nas figuras 4.5, 4.6 e 4.7.

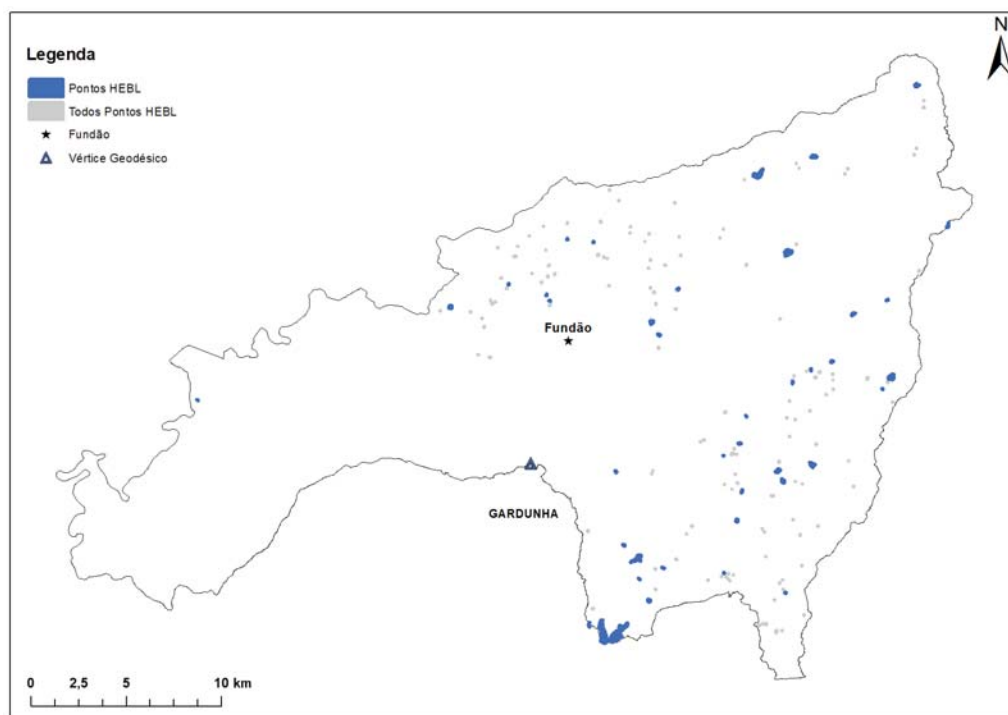


Figura 4.5: Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Ligeiro.

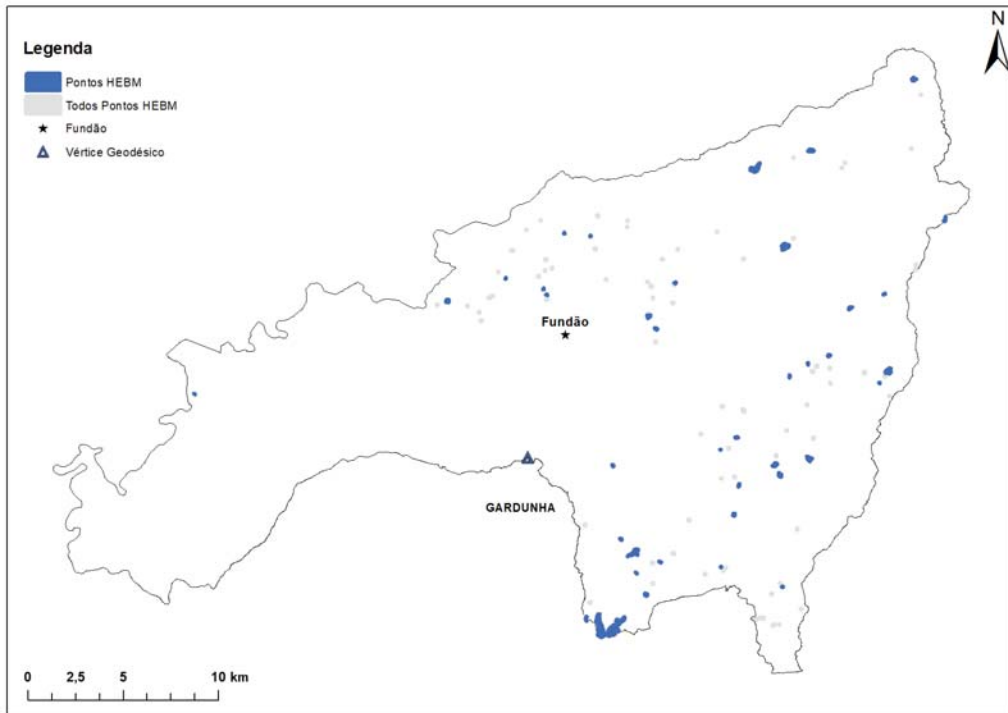


Figura 4.6: Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Médio.

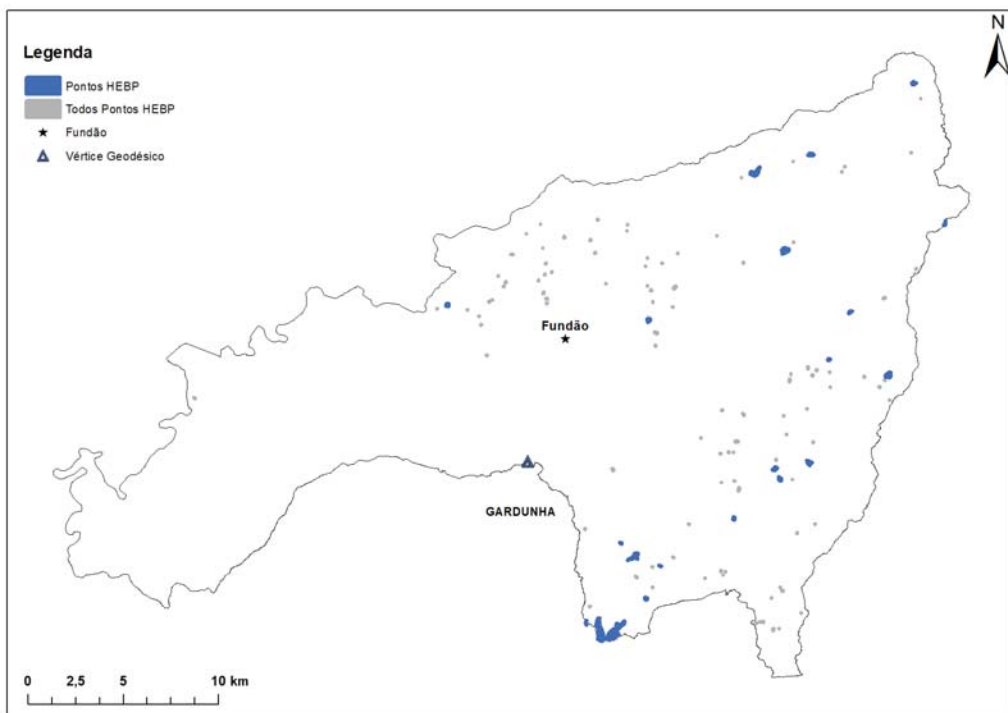


Figura 4.7: Carta de pontos de água para o Helicóptero Bombardeiro Pesado.

É possível encontrar três cartas de maior detalhe nos anexos A.5, A.6 e A.7.

4.5 Carta de Localização de Infraestruturas Propostas

Devido à falta de pontos de água em certas zonas críticas do concelho do Fundão, foi efetuada uma análise espacial por forma a obter-se os locais onde são propostos a localização de pontos de água, permanentes ou temporários por forma a auxiliar as operações de combate a incêndios florestais. Na figura 4.8 são mostrados estes pontos de água e a sua localização (tabela 4.1). Mostra-se também um modelo de um tanque com as marcas de alta visibilidade, código, elevação e as suas dimensões principais que devem constar na infraestrutura.

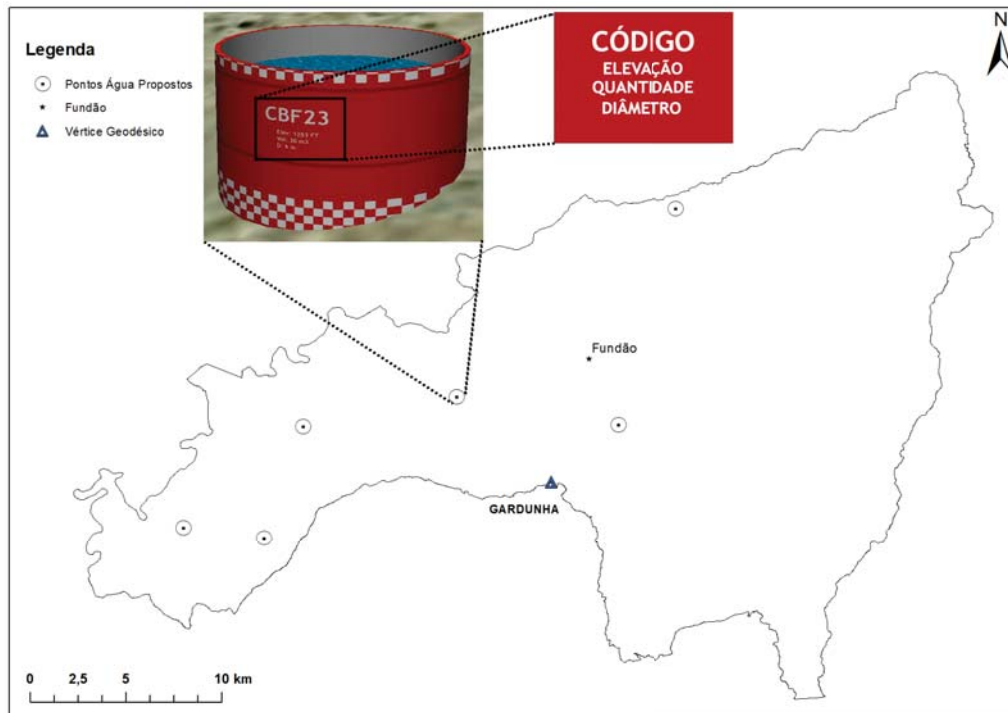


Figura 4.8: Carta de pontos de água propostos para o Concelho do Fundão.

Tabela 4.1: Tabela das coordenadas geográficas da localização dos pontos de água propostos.

Nome	Latitude	Longitude
Ponto 1	40° 03,58' N	007° 45,00' W
Ponto 2	40° 03,29' N	007° 42,06' W
Ponto 3	40° 06,44' N	007° 40,59' W
Ponto 4	40° 07,25' N	007° 34,94' W
Ponto 5	40° 06,43' N	007° 29,01' W
Ponto 6	40° 12,53' N	007° 26,79' W

No anexo A.8 é possível encontrar uma carta com maior detalhe.

4.6 Tabela de Pontos de Água

Por último, foi criada uma tabela de atributos (tabela 4.2) que permitiu a criação de uma carta final com todas as informações necessárias aos operadores. Pode encontrar-se no anexo A.9 a lista completa de todos os pontos considerados.

No anexo A.10 encontra-se a carta de pontos de água à escala 1:60 000, com todas as informações pertinentes à operação dos meios aéreos no concelho do Fundão.

A cada ponto de água foi atribuído um código GPS de 5 dígitos alfanuméricos, em que os dois primeiros dígitos representam o distrito, o terceiro o concelho e o dois últimos o número do ponto de água.

Para além desta informação, é possível encontrar no lado esquerdo inferior ao ponto de água, as siglas que informam que tipo de meio aéreo pode aceder ao local. A codificação é efetuada da seguinte forma em dois níveis; o primeiro indica que tipo geral de aeronave pode abastecer, e o segundo indica se é ligeiro, médio ou pesado:

T - indica que todos os meios aéreos podem abastecer.

A - indica que todos os anfíbios podem abastecer.

AM - indica que apenas os anfíbios médios podem abastecer.

AP - indica que apenas os anfíbios pesados podem abastecer.

H - indica que todos os helicópteros podem abastecer.

HL - indica que apenas os helicópteros ligeiros podem abastecer.

HM - indica que apenas os helicópteros médios podem abastecer.

HP - indica que apenas os helicópteros pesados podem abastecer.

Pode ainda existir uma conjugação dos três casos:

HLM - indica que apenas os helicópteros ligeiros e médios podem abastecer.

HLP - indica que apenas os helicópteros ligeiros e pesados podem abastecer.

HMP - indica que apenas os helicópteros médios e pesados podem abastecer.

No lado direito está colocada a informação da latitude e longitude em graus e minutos decimais, por forma a ser fácil a sua introdução na unidade GPS, caso não tenha sido previamente gravado.

4.7 Conclusão

Neste capítulo foi possível mostrar e analisar os resultados obtidos através da aplicação do método discutido no capítulo 3. Foram obtidos cinco cartas: um carta de risco, três cartas com pontos de água para cada um dos meios aéreos e um carta de pontos de água propostos.

No final foi ainda possível criar uma base de dados completa, com os códigos atribuídos. Na tabela 4.2, apresenta-se a estrutura da base de dados criada com os respetivos atributos.

Tabela 4.2: Tabela de atributos dos pontos de água selecionados.

Código GPS	Tipo	Volume	Nº Enchi. Ligeiro	Nº Enchi. Médio	Nº Enchi. Pesado	Latitude	Longitude
CBF0	H	56382	211	141	34	N40°0,19'	W7°28,12'
CBF1	H	461381	1730	1154	277	N39°59,96'	W7°28,7'
CBF2	H	16063	60	40	10	N40°0,92'	W7°27,17'
CBF3	HLM	2837	11	7	0	N40°1,11'	W7°22,14'
CBF4	HLM	2982	11	7	0	N40°1,54'	W7°27,53'
CBF5	HLM	2671	10	7	0	N40°1,69'	W7°24,4'
CBF6	H	6116	23	15	4	N40°1,84'	W7°26,65'
CBF7	H	66591	250	166	40	N40°2,12'	W7°27,6'
CBF8	H	7476	28	19	4	N40°2,5'	W7°28,09'
CBF9	H	16052	60	40	10	N40°3,17'	W7°23,91'
CBF10	HLM	4478	17	11	0	N40°3,98'	W7°23,73'
CBF11	HLM	3277	12	8	0	N40°4,03'	W7°23,72'
CBF12	H	21824	82	55	13	N40°4,28'	W7°22,2'
CBF13	HLM	5672	21	14	0	N40°4,59'	W7°28,36'
CBF14	H	28082	105	70	17	N40°4,58'	W7°22,38'
CBF15	H	37253	140	93	22	N40°4,74'	W7°21,12'
CBF16	HLM	3196	12	8	0	N40°5,03'	W7°24,39'
CBF17	HLM	2658	10	7	0	N40°5,36'	W7°23,82'
CBF18	HLM	2747	10	7	0	N40°5,36'	W7°23,76'
CBF19	HL	2592	10	0	0	N40°6,14'	W7°23,54'
CBF20	HLM	2625	10	7	0	N40°6,7'	W7°43,79'
CBF21	HLM	2939	11	7	0	N40°6,88'	W7°18,5'
CBF22	HLM	3352	13	8	0	N40°7,08'	W7°21,81'
CBF23	H	46029	173	115	28	N40°7,2'	W7°18,16'
CBF24	HLM	4057	15	10	0	N40°7,42'	W7°21,13'
CBF25	H	11182	42	28	7	N40°7,64'	W7°20,36'
CBF26	HLM	4967	19	12	0	N40°8,44'	W7°26,71'
CBF27	HLM	5411	20	14	0	N40°8,45'	W7°26,76'
CBF28	H	25527	96	64	15	N40°8,8'	W7°27'
CBF29	H	15561	58	39	9	N40°8,99'	W7°19,55'
CBF30	H	19128	72	48	11	N40°9,28'	W7°34,43'
CBF31	HLM	3357	13	8	0	N40°9,43'	W7°30,77'
CBF32	HLM	4468	17	11	0	N40°9,37'	W7°18,29'
CBF33	HLM	4859	18	12	0	N40°9,6'	W7°30,87'
CBF34	HLM	4454	17	11	0	N40°9,74'	W7°26,01'
CBF35	HLM	3363	13	8	0	N40°9,91'	W7°32,28'
CBF36	H	78672	295	197	47	N40°10,75'	W7°21,95'
CBF37	HLM	3039	11	8	0	N40°11,09'	W7°29,13'
CBF38	HLM	4087	15	10	0	N40°11,18'	W7°30,1'
CBF39	H	11515	43	29	7	N40°11,48'	W7°16,02'
CBF40	H	90777	340	227	54	N40°12,97'	W7°23,01'
CBF41	H	27959	105	70	17	N40°13,46'	W7°20,94'
CBF42	H	22382	84	56	13	N40°15,46'	W7°17,13'

Capítulo 5

Conclusões

5.1 Síntese da Dissertação

A presente dissertação teve por objetivo o desenvolvimento de um modelo a partir de uma base de dados de pontos de água por forma a ser disponibilizada informação acerca destes aos operadores de meios aéreos, mitigando assim os riscos associados à sua no combate a incêndios florestais. Paralelamente aumentando a eficiência dos meios aéreos no ataque inicial.

Para isso recorreu-se à aplicação do método descrito, recolhendo todas as informações necessárias e utilizando Sistemas de Informação Geográfica por forma a efetuar uma análise espacial. Foi obtido um mapa de risco, em que foi possível obter as localizações menos suscetíveis às condicionantes.

Efetuada uma segunda análise espacial, foi possível obter as localizações com os pontos de recolha de água que representam menor risco para o meio aéreo considerado. Foi também possível obter localizações para futuros pontos de água, onde os mesmos são inexistentes.

Em relação aos objetivos específicos, foi criada uma base de dados contendo as condicionantes no terreno relativas à operação aérea com helicópteros, possibilitando a elaboração de várias cartas que permitem a divulgação de informação relativa aos perigos em redor dos pontos de água. Por esta razão é esperada uma redução de risco da operação e é provável que a tomada de decisão dos intervenientes seja facilitada.

5.2 Considerações Finais

A importância do coberto florestal no concelho do Fundão é um fator de extrema importância para o desenvolvimento sócio económico desta região.

Verificou-se, num concelho onde a principal atividade económica pertence ao sector primário e a ocupação do solo é na ordem de 54% com mancha florestal, não foi contemplada em nenhum plano de ordenamento do território qualquer infraestrutura hidráulica capaz de servir de suporte aos meios aéreos no combate e prevenção a incêndios florestais.

Urge tomar medidas em termos de gestão dos recursos hídricos, nomeadamente no que toca ao armazenamento de água nos meses mais quentes do ano, dado que estes registam um défice hídrico, existindo uma maior vulnerabilidade ao incêndio florestal.

É também possível concluir através do inquérito efetuado aos pilotos, que existe uma grande necessidade em ter acesso a informação fiável relativamente aos pontos de água, tanto em termos de localização como de características e obstáculos.

Por forma a mitigar o problema encontrado, falta de informação aos tripulantes, foi criada uma base de dados georreferenciada, por forma a dar conhecimento das coordenadas, geometria e obstáculos dos pontos de recolha de água.

Foi também criada uma carta de perigosidade à escala de 1:100.000 em formato digital, com a informação das condicionantes no concelho do Fundão, assim como uma carta à mesma escala para cada um dos tipos de helicópteros utilizados pelo DECIF, relativos a pontos de recolha de água.

Algumas das limitações encontradas relacionam-se com a falta de informação existente específica de determinadas áreas de um mesmo território. Essa informação pode ser escassa e/ou não georreferenciada, o que dificulta o levantamento das informações necessárias para proceder à análise espacial ou limita a precisão dos resultados obtidos. Esta limitação pode ser colmatada com visitas ao terreno, fazendo o levantamento e georreferenciação das condicionantes necessárias.

5.3 Trabalhos Futuros e Recomendações

Como trabalhos futuros seria interessante a aplicação do método aqui exposto ao resto do território da CIM-BSE ou mesmo nacional, por forma a criar uma base de dados regional e nacional de pontos de água, especialmente nas zonas mais afetadas por maior número de condicionantes, uma vez que o modelo obtido no Concelho do Fundão, pode ser replicado pelo País.

Seria também interessante colocar a informação em prática no DECIF e avaliar se o trabalho feito conduziu a uma maior mitigação do risco e eficácia nas operações de combate a incêndios florestais.

Outro trabalho futuro sugerido seria a implementação desta base de dados num sistema integrado de partilha de informação entre todos os intervenientes, com georreferenciação dos meios aéreos, terrestres e equipas no terreno bem como a partilha de informação relevante em tempo real, como por exemplo a frente de fogo ativa ou pontos de água; deste modo, ajudando à decisão e tornando as operações aéreas e terrestres mais eficazes.

Embora tenha havido um esforço para identificar os pontos de água por parte dos Gabinetes Técnicos das Câmaras Municipais, é contudo recomendado à Autoridade Nacional de Proteção Civil classificar os meios aéreos não apenas baseados na sua capacidade de carga de água mas também na suas dimensões e desempenho de voo, por forma a escolher melhor os locais de recolha de água considerando o meio aéreo em utilização.

Para o Concelho do Fundão, sugere-se a implantação de novos pontos de abastecimento de água, em especial nas zonas de maior mancha florestal a Oeste da região (fronteira com o concelho da Pampilhosa da Serra), uma vez que foi concluído que os recursos hídricos nesta zona são bastante escassos ou inacessíveis. Posteriormente seria também interessante avaliar a utilidade prática desta medida.

Fica também a recomendação aos Gabinetes Técnicos, que possam atualizar e produzir os dados anualmente, por forma a manter a base de dados atualizada anualmente antes do começo do empenho de meios aéreos. Devido à natureza extremamente dinâmica, tanto das alterações do terreno, como da operação de combate a incêndios florestais, é importante a atualização da base de dados, por forma a refletir o estado do terreno. Hoje em dia já é possível utilizar aeronaves não tripuladas e autónomas, por forma a tornar o levantamento mais rápido, económico e fiável, podendo aquelas ser uma alternativa interessante. Por fim a produção e divulgação dessa informação em formato de papel ou digital, deveria posteriormente ser distribuída pelos CMAs e entregue às tripulações empenhadas no DECIF pela ANPC.

Referências Bibliográficas

- [1] F. F. dos Reis, “Relatório de Incidente com Aeronave 12/INCID/2011,” Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2011, pp. 1-5.
- [2] N. Neto, “Meios Aéreos num Sistema Integrado de Vigilância e Combate a Incêndios no Interior do País. O Caso do Concelho do Fundão.,” tese de doutoramento, Universidade da Beira Interior, p. 64.
- [3] Autoridade Nacional de Protecção Civil, *Diretiva Operacional Nacional nº 2 - DECIF. Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais*, 1ª ed., Autoridade Nacional de Protecção Civil, ed. Carnaxide, 2016, p. 135.
- [4] Autoridade Nacional de Protecção Civil, *Manual Operacional Emprego dos Meios Aéreos em Operações de Protecção Civil*, 1º, Autoridade Nacional de Protecção Civil, ed. Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009, p. 167.
- [5] M. of Flight e A. Firefighting. (2016). Our Planes and Their Histories. *Último acesso à página a 22 maio 2016*, URL: <http://www.museumofflight.us/ourhistory.html>.
- [6] California Fire Pilots Association, “CFPA News N°4/2011,” *CFPA News*, vol. 4, n.º October, 2011.
- [7] N. A. Conference, “The Use of Water Scooping Airplanes for Combating Forest Fires,” 2011.
- [8] B. C. F. Service, “History of Aviation in the Part 3 : Helicopters,” n.º July, 2012.
- [9] T. Janney, “Airtankers An Historic Overview,” *California Fire Pilots Association*,
- [10] EASA, “Type-Certificate Data Sheet No.:R.008,” EASA, rel. téc. 07, 2014, pp. 1-42.
- [11] Óscar Rodrigues, *Assas Rotativas*, 2011.
- [12] N. Z.C. A. Authority, “Type Acceptance Report Bell 205A-1,” New Zealand Civil Aviation Authority, rel. téc. TAR 5/21B/5, 2004, pp. 1-8.
- [13] Department of the Army Headquarters, *Bell UH1H Flight Manual*. 1988.
- [14] EASA, “Type-Certificate Data Sheet No. EASA.IM.R.106,” EASA, rel. téc. March, 2017, pp. 1-37.
- [15] —, “Type-Certificate Data Sheet No.:IM.R.133,” EASA, rel. téc. 02, 2011, pp. 1-12.
- [16] —, “PZL M 18 Type Certificate Data Sheet,” EASA, rel. téc., 2005.
- [17] Air Tractor, *AT-802F: Initial Attack Firefighter*, 2017.
- [18] T. S. Archive. (2016). Canadair CL-215 Scooper, Firefighting amphibious aircraft, Canada. *Último acesso à página a 15 janeiro 2017*, URL: http://www.skytamer.com/Canadair_CL-215.html.
- [19] F. Marsaly, “Sécurité Civile le Canadair,” *Aviation Française Magazine*, n.º 2, p. 28, 2005.
- [20] J. Olafson, *Canadair CL-215-V (CL-215-1A10) - Buffalo Airways*, *Último acesso à página a 5 agosto 2017*, 2017. URL: <http://www.airliners.net/photo/Buffalo-Airways/Canadair-CL-215-V-CL-215-1A10/1912196/L>.
- [21] A. Figueira e Lusa, “Um dos Beriev já está operacional e vai para S. Pedro do Sul.,” *Jornal de Notícias*, n.º Agosto, 2016.

- [22] B. A. Company. (2016). Beriev Be-200 Multipurpose Amphibious Aircraft Characteristics. *Último acesso à página a 15 janeiro 2017*, URL: http://www.beriev.com/eng/Be-200_e/Be-200_e.html.
- [23] K. Armstrong. (2007). Buckets or Belly Tanks? *Último acesso à página a 3 maio 2017*, URL: <https://www.helicoptersmagazine.com/procedures/buckets-or-belly-tanks-111>.
- [24] SEI Industries, *Torrentula Operations and Service Manual*. 2016, p. 152.
- [25] S. P. Limited, *Simplex announces Japanese STC for Fire Attack system*, *Último acesso à página a 23 agosto 2017*, 2017. URL: <https://www.shephardmedia.com/news/rotorhub/simplex-announces-japanese-stc-fire-attack-system/>.
- [26] B. B. S. Industries, *Bambi Bucket*, *Último acesso à página a 5 agosto 2017*, 2017. URL: <http://www.sei-ind.com/>.
- [27] Garmin. (2017). Garmin GPSMAP 295. *Último acesso à página a 3 maio 2016*, URL: <https://www.gpscocity.com/garmin-gpsmap-295>.
- [28] J. S. dos Santos. (2017). Kamov KA32. Cockpit HESA 01. *Último acesso à página a 7 junho 2017*, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=JrHw-2-PezY>.
- [29] C. F. D. Castro, G. Serra, J. Parola, J. Reis, L. Lourenço e S. Correia, *Combate a Incêndios Florestais*. 2003, vol. XIII, pp. 1-94, ISBN: 9728792131.
- [30] E. F.C. G. Alexandrian D., “Forest Fires in The Mediterranean Area.,” pp. 35-41, 1999.
- [31] Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, “9º Relatório Provisório de Incêndios Florestais,” Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, Lisboa, rel. téc., 2016, p. 17.
- [32] M. de Freita, B. Tavares, H. Almeida, J. Ruas, N. Bernardo e F. Pissarra, *Análise da Problemática dos Incêndios Florestais*, Assembleia da República Divisão de Edições, ed. Lisboa, 2015, pp. 2-3, ISBN: 9789725566435.
- [33] M. Rahn, “Initial Attack Effectiveness: Wildfire Staffing Study,” San Diego State University, rel. téc. 2, 2010, p. 50.
- [34] R. Luke e A. McArthur, *Bushfires in Australia*. Canberra: Australian Government Publishing Service. 1978.
- [35] G. J. McCarthy, “Effectiveness of aircraft operations by the Department of Natural Resources and Environment and The Country Fire Authority.,” Forest Science Centre, rel. téc. 52, 2003, p. 32.
- [36] GISGeography. (2017). What is Geographic Information Systems (GIS)? *Último acesso à página a 3 maio 2017*, URL: <http://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>.
- [37] —, (2017). The Remarkable History of GIS. *Último acesso à página a 3 maio 2017*, URL: <http://gisgeography.com/history-of-gis/>.
- [38] T Sutton, O Dassau e M Sutton, *A Gentle Introduction to GIS*. Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape., 2009, p. 114.
- [39] C. Gai, W. Weng e H. Yuan, “GIS-based Forest Fire Risk Assessment and Mapping,” *Proceedings - 4th International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, CSO 2011*, pp. 1240-1244, 2011.
- [40] ESRI, “Fire Mapping with ArcGIS Table of Contents,” *GIS Best Practices*, vol. 1, n.º November, p. 85, 2009.

- [41] ICAO International Civil Aviation Organization, *Doc 9859, Safety Management Manual (SMM)*. 2013, p. 251, ISBN: 9789292492144.
- [42] F. A. Authority. (2016). Safety Management System (SMS). *Último acesso à página a 23 maio 2017*, URL: <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/>.
- [43] B. B. Smith e S. M. S. Workgroup, “Real World SMS: Hazard Reporting,” *Rotor*, n.º Summer, pp. 1-4, 2015.
- [44] European Helicopter Safety Team, *EHEST Safety Management Toolkit*, 2ª ed. 2016, p. 34.
- [45] Parlamento Europeu, *Regulamento (UE) N° 965/2012*, 2012.
- [46] B. B. Smith, “Real-World SMS : Risk Control,” *Rotor*, n.º Summer, 2016.
- [47] B. B. Smith e S. M. S. Workgroup, “Real-World SMS : Risk Assurance,” *Rotor*, n.º Fall, p. 4, 2016.
- [48] I. S. H. Team, *Helicopter Accidents: Statistics , Trends and Causes*, 2016.
- [49] EHEST, “EHEST Analysis of 2000-2005 European Helicopter Accidents,” EASA, rel. téc., 2010, p. 43. DOI: 10.2822/100.
- [50] European Helicopter Safety Team, “Analysis of 2006-2010 European Helicopter Accidents,” EASA, rel. téc., 2015, p. 26.
- [51] E. D.A. S. Infraestruturas, “Nota informativa de acidente com aeronave OR-XTM Castro Daire,” GPIAA, rel. téc., 2017, p. 4.
- [52] EASA, “Annual Safety Review 2016,” EASA, rel. téc., 2016, p. 96. DOI: 10.2822/541561.
- [53] GPIAA, “Estatísticas 2010,” Gabinete de Prevenção de Incidêntes e Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2010, p. 60.
- [54] —, “Relatório Anual de Segurança Operacional 2011,” Gabinete de Prevenção de Incidêntes e Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2011, p. 114.
- [55] —, “Relatório Anual de Segurança Operacional 2012,” Gabinete de Prevenção de Incidêntes e Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2012, p. 128.
- [56] —, “Relatório Anual de Segurança Operacional 2013,” Gabinete de Prevenção de Incidêntes e Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2013, p. 138.
- [57] —, “Relatório Anual de Segurança Operacional 2014,” Gabinete de Prevenção de Incidêntes e Acidentes com Aeronaves, rel. téc., 2014, p. 163.
- [58] D. Aerospace. (2017). AW139 CABLE CUTTER SYSTEM, SHORT. *Último acesso à página a 27 julho 2017*, URL: <http://www.dartaerospace.com/aw139-cable-cutter-system-short>.
- [59] S. A. Inc. (2017). ST3400H HeliTAWS Terrain Awareness and Warning System. *Último acesso à página a 7 junho 2017*, URL: <http://www.sandel.com/sandel-avionics-products/item/helicopter/st3400h-helitaws-3-ati-terrain-safety-system-3>.
- [60] P. T. World. (2017). Helicopters Elevate Efficiency of Field Crews. *Último acesso à página a 7 junho 2017*, URL: <http://www.tdworld.com/electric-utility-operations/california-utility-constructs-peak-shaving-storage-facility>.
- [61] M. Mccarthy, “Obstacle Collision Avoidance System (OCAS ®),” Vestas, rel. téc., 2010.
- [62] Vestas. (2017). OCAS - our Obstacle Collision Avoidance System. *Último acesso à página a 14 junho 2017*, URL: <https://plus.google.com/+vestas/posts/gEmGrqfXgxT>.
- [63] S. Lau, “A Plan for Reducing Wire Strike Accidents,” *Professional Pilot*, vol. 46, n.º 11, pp. 84-87, 2012.

- [65] I.P., Instituto Nacional de Estatística, “Censos 2011 Resultados Definitivos - Região Centro,” Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, rel. téc., 2011, p. 386.
- [66] G. Euverte, *Les climats e l’agriculture*. P.U.F.-Paris, 1967.
- [67] R. Heras, *Hidrologia e recursos hidráulicos*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Tomol, 1976.
- [68] W. Köppen e Gerger, *Handbuck der Klimatologie*. Gebruder Borntraeger, 1930, vol. 5.
- [69] J. Mendes e M. Bettencourt, *Contribuição para o estudo do balanço climatológico de água no solo e classificação climática de Portugal continental*. INMG, 1980.
- [70] I. P. do Mar e da Atmosfera. (2017). Portal do Clima. *Último acesso à página a 26 julho 2017*, URL: <http://portaldoclima.pt/pt/>.
- [72] D. G. de Serviços Hidráulicos. DGSH- Ministério das Obras Públicas, XXXX.
- [73] Eurocopter, *AS 350 B3 Arriel 2B1 Flight Manual*, 2012.
- [74] Bell Helicopter Textron, *Bell 212 Flight Manual*, August 1995. Bell Helicopter Textron Inc., 1998, p. 586, ISBN: 0039033171.
- [75] Kamov Company, *Ka-32A11BC Flight Manual*. 2005, p. 500, ISBN: 9788126635818.
- [76] SEI Industries, *Bambi Bucket Operations Manual*, Delta, B.C. Canada, 2013.
- [77] International Civil Aviation Organization, *Annex 14 - Aerodromes. Volume I - Aerodrome design and operations. 6th edition*. July. 2013, vol. 2, p. 98, ISBN: 9789292492816. DOI: 10.2116/analsci.3.283.
- [91] S. R. Rao e P. M. Rao. (2009). Sample Size Calculator. R. Inc., ed. *Último acesso à página a 15 julho 2017*, URL: <http://www.raosoft.com/>.
- [92] A. Benigno, “Ataque Inicial Com Meios Aéreos - Proposta de Sectores Prioritários de Intervenção,” tese de doutoramento, Instituto Superior de Educação e Ciências, 2012.

Referências Cartográficas

- [64] D.-G. do Território, *Carta de Uso e Ocupação de Solos (COS, CLC e Copernicus)*. 2010.
- [71] C. M. do Fundão, *Cartografia Geológica*. 2010.
- [78] I. G. do Exército, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 235. Covilhã*. 4ª ed. I.G.E., 2000.
- [79] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 236. Benquerença, Belmonte*. 3ª ed. I.G.E., 1998.
- [80] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 245. Silvares, Fundão*. 2ª ed. I.G.E., 1991.
- [81] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 246. Fundão*. 3ª ed. I.G.E., 1999.
- [82] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 247. Capinha, Fundão*. 3ª ed. I.G.E., 1999.
- [83] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 254. Vidual, Pampilhosa da Serra*. 2ª ed. I.G.E., 1991.
- [84] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 255. Barroca, Fundão*. 3ª ed. I.G.E., 2016.
- [85] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 256. Alpedrinha, Fundão*. 4ª ed. I.G.E., 2016.
- [86] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 257. Pedrogão, Penamacor*. 3ª ed. I.G.E., 1998.
- [87] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 266. Orvalho, Oleiros*. 2ª ed. I.G.E., 1993.
- [88] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 267. Almacena, Castelo Branco*. 3ª ed. I.G.E., 2016.
- [89] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 268. Lardosa, Castelo Branco*. 4ª ed. I.G.E., 2016.
- [90] —, *Carta militar de Portugal 1:25 000. Continente, série M888, folha 269. São Miguel da Acha, Idanha-a-Nova*. 3ª ed. I.G.E., 1998.

Apêndice A

Anexos

A.1 Quadro Resumo dos Meios Aéreos Usados no ANPC

Tabela A.1: Características dos Meios Aéreos de Acordo com a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) [92].

Modelo	AS 350 Ecureil	Bell 205	Bell 212	Kamov Ka-32	Dromader	Airtractor 802F	Airtractor Fireboss	Canadair 215	Canadair 415
Tipo	Helicóptero Ligeiro	Helicóptero Médio	Helicóptero Médio	Helicóptero Pesado	Avião Ligeiro	Avião Médio	Avião Médio	Avião Pesado	Avião Pesado
Velocidade Cruzeiro	225 km/h	180 km/h	195 km/h	185 km/h	237 km/h	240 km/h	230 km/h	240 km/h	333 km/h
Velocidade Operação	108 km/h		180 km/h		215 km/h				
Tempo Útil de Operação	1h30m	1h30m	1h40m	1h40m	1h30m	2h00m	3h30m	3h00m	4h00m
Cap. Água	900 l	1200 l	4000 l	4000 l	2200 l	3300 l	3100 l	5350 l	6140 l
Tripulação	1 piloto / 5 pax	1 ou 2 pilotos / 9 pax		2 pilotos / 9 pax	1 piloto				
Tempo Descolagem	10 min	15 min	25 min	25 min	10 min	15 min	15 min	30 min	N.A.
Tempo Médio de Abastecimento de Água	40 seg	30 seg		30 seg	10 min				
Tempo de Re-abastecimento Combustível	30 min								
Compr. Pista	N.A.			475 m	750 m	800 m	1200 m	1200 m	

A.2 Principais Problemas para Operações de Trabalho Aéreo com Helicópteros

Tabela A.2: Problemas Principais para Operações de Trabalho Aéreo com Helicópteros

Problemas Principais SPS	Problemas Principais HFACS
<ul style="list-style-type: none">• A missão envolve voar perto de perigos, obstáculos, cabos• A missão requer voo lento/baixo• Processo de tomada de decisão do piloto• Consideração inadequada relativa a obstáculos• Atenção desviada, distração• Selecção de local de aterragem impróprio• Voo baixo perto de cabos• Piloto inexperiente com a área e/ou missão• Helicóptero inadequadamente equipado para a missão• Pressão do cliente/empresa• Treino inadequado para evitar, reconhecer e recuperar de uma situação de <i>vortex ring state</i> ou LTE.	<ul style="list-style-type: none">• Avaliação do risco - durante a operação• Planeamento da missão• Atenção canalizada• Falta de atenção• Erro de procedimento• Falha de percepção da condição operacional• Tomada de decisão durante a operação• Erro por falha de percepção• Excesso de confiança• Fadiga - fisiológica/mental• Violação - Pontual/Generalizada• Excesso de controlo/Falta de controlo• Experiência total limitada• Motivação excessiva para ter sucesso

A.3 Código MATLAB Recomendado Para Calculo de Amostra de Inquérito

```
[
frame=lines,
framesep=2mm,
baselinestretch=1.2,
bgcolor=LightGray,
fontsize=\footnotesize,
linenos
]
a = {'Qual é a Margem de Erro:', 'Qual é o valor de Confiança:',
'Tamanho da População:', 'Número de Respostas Obtidas:'};
dlg_title = 'Calculo do Tamanho de Amostra';
num_lines = [1 50];
dataColleted = inputdlg(a,dlg_title,num_lines);

margem = str2num(dataColleted{1});
confidence = str2num(dataColleted{2});
population = str2num(dataColleted{3});
response = str2num(dataColleted{4});

PN = [0, -0.322232431088, -1.0, -0.342242088547, -0.0204231210245, -0.453642210148E-4];
QN = [0, 0.0993484626060, 0.588581570495, 0.531103462366, 0.103537752850, 0.38560700634E-2];

p = (confidence/100);

Pr = 0.5 - (p/2);

if (Pr <= 1.0E-8)
    HOLD = 6;
elseif (Pr == 0.5)
    HOLD = 0;
else
    Y = sqrt(log(1.0/(Pr * Pr)));
    Real1 = PN(5);
    Real2 = QN(5);
    for i = 4:-1:1
        Real1 = Real1 * Y + PN(i);
        Real2 = Real2 * Y + QN(i);
    end
    HOLD = Y +Real1/Real2;
end

pcn = HOLD;
d1 = pcn * pcn * response * (100 - response);
```

```
d2 = (population - 1) * (margin * margin) + d1;  
if (d2 > 0)  
    samplesize = ceil(population * d1/d2);  
else  
    samplesize = 0;  
end
```

```
e1 = pcn * pcn * response * (100 - response);  
e2 = e1 * (population - samplesize) / (samplesize * (population - 1.0));  
if (e2 > 0.0)  
    marginerror = sqrt(e2);  
else  
    marginerror = 0;  
end
```

samplesize

marginerror

A.4 Inquérito aos Pilotos

Informação Pessoal

1. Horas de Voo Totais.

2. Horas de Voo Totais.

3. Horas de voo totais como PIC.

4. Horas de Voo Totais em Combate a Incêndios.

5. Número de campanhas efectuadas em operações de combate a incêndios florestais.

6. Em que país opera/operou?

7. Alguma vez operou num segundo país? Se sim, qual?

8. Que tipo de aeronave voa actualmente? Caso não se encontre a voar, que aeronave voou durante a última campanha?

- Avião Bombardeiro Ligeiro
- Avião Bombardeiro Médio
- Avião Bombardeiro Pesado
- Avião Super Bombardeiro Pesado
- Helicóptero Bombardeiro Ligeiro
- Helicóptero Bombardeiro Médio
- Helicóptero Bombardeiro Pesado
- Helicóptero Bombardeiro Super Pesado

9. Seria importante ter acesso a uma base de dados com informação acerca dos pontos de água acessíveis, com o objectivo da redução do risco associado com a operações aéreas de combate a incêndios florestais?

- Sim.
- Não.

10. Considera uma vantagem ter acesso a essa informação antes da entrada no Teatro de Operações?
- Sim.
 - Não.
11. Alguma vez foi surpreendido por um obstáculo não reportado durante a fase de aproximação/descolagem do ponto de água?
- Sim.
 - Não.
12. Houve alguma dessas situações que acabou em ocorrência?
- Sim.
 - Não.
13. Como foi classificada a ocorrência pela autoridade competente?
- Acidente.
 - Incidente.
14. Na sua opinião, poderia esta situação ter sido evitada, com conhecimento prévio da localização do obstáculo?
- Sim.
 - Não.
15. Alguma vez teve dificuldade em localizar o ponto de água?
- Sim.
 - Não.
16. Na sua opinião, ter conhecimento e acesso à localização do ponto de água mais próximo, tornaria a operação de combate a incêndios mais eficiente?
- Sim.
 - Não.

17. Acerca dos pontos de água, que informação julga ter mais relevância para o piloto?

	Nada Relevante	Pouco Relevante	Relevante	Algo Relevante	Muito Relevante
Localização do Obstáculo mais Alto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Localização de Postes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Localização de Cabos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Localização de Encostas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Altitude do Ponto de Água.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhor sector de aproximação/descolagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distância Mínima Entre Obstáculos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Que outros aspectos considera serem muito relevantes que deveriam ter sido incluídos na lista anterior?

19. Em que formato deverá ser apresentada a localização dos pontos de água ao piloto?

- Base de Dados GPS
- Carta em Papel
- Mapa na Sala de Briefing
- Outro: _____

20. Considera importante o uso de tanques de água permanentes/temporários em áreas onde este recurso não seja existente?

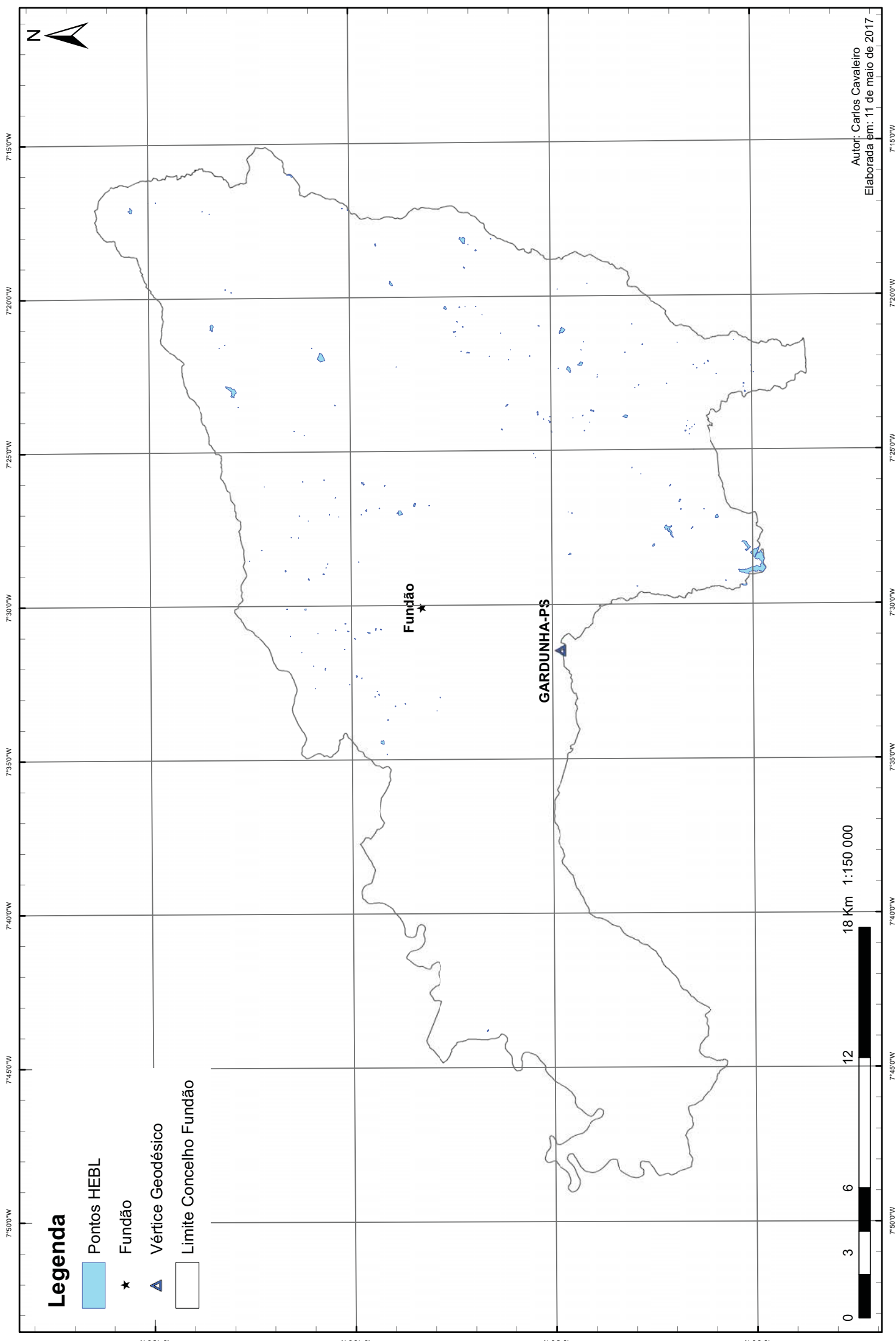
	1	2	3	4	5	
Nada Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Importante

21. Insira o seu endereço de e-mail. (Não Obrigatório)





A.5 Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBL

Carta produzida à escala 1:150 000, dos pontos de recolha de água para o Helicóptero Bombardeiro Ligeiro (HEBL), AS350 B3.

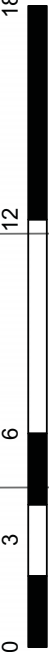
Carta da Localização dos Pontos de Água HEBL Concelho do Fundão



Legenda

-  Pontos HEBL
-  Fundão
-  Vértice Geodésico
-  Limite Concelho Fundão

0 3 6 12 18 Km 1:150 000



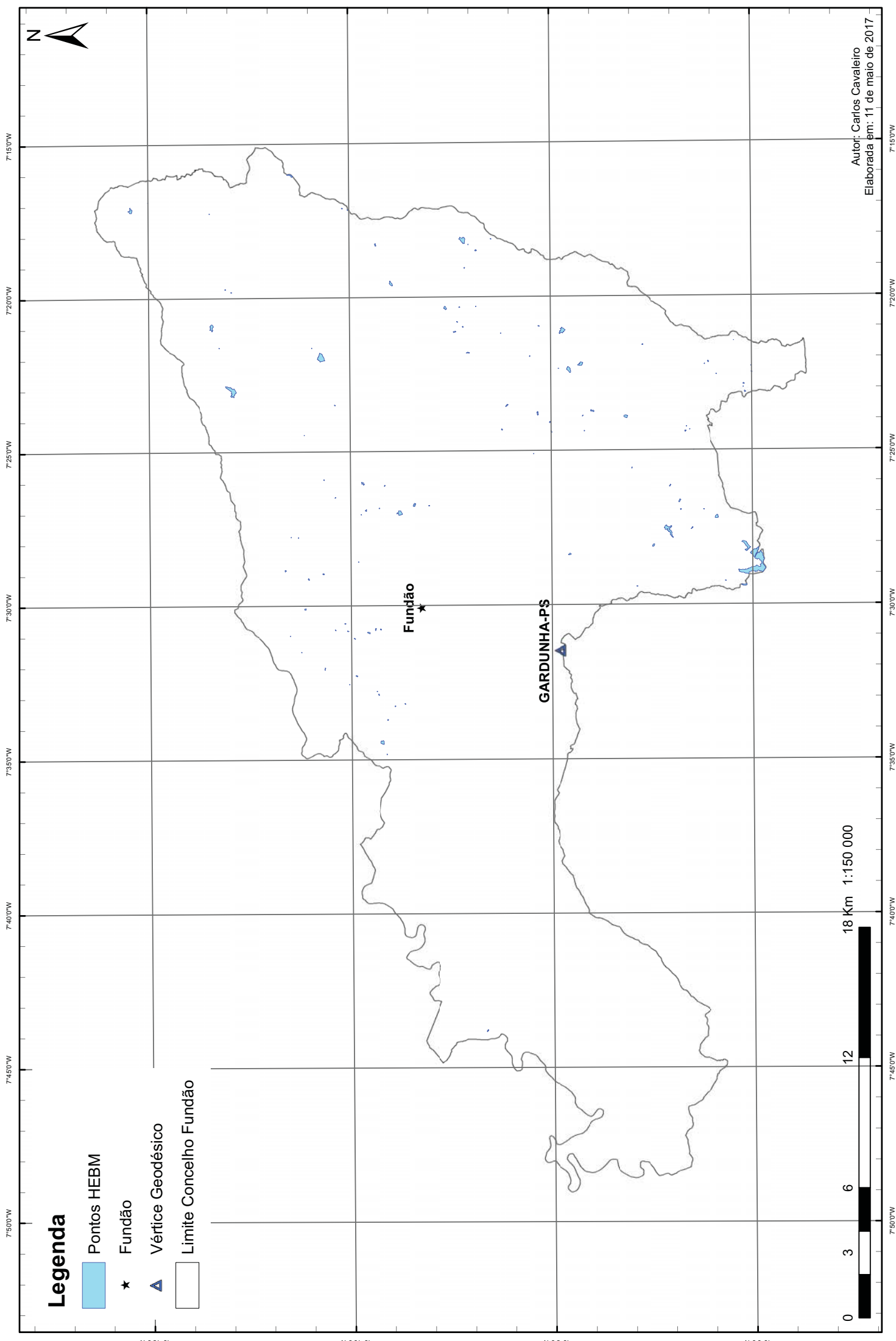
Autor: Carlos Cavaleiro
Elaborada em: 11 de maio de 2017

7°50'0"W 7°45'0"W 7°40'0"W 7°35'0"W 7°30'0"W 7°25'0"W 7°20'0"W 7°15'0"W
40°15'0"N 40°10'0"N 40°5'0"N 40°0'0"N

A.6 Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBM

Carta produzida à escala 1:150 000, dos pontos de recolha de água para o Helicóptero Bombardeiro Médio (HEBM), Bell 205/212/412.

Carta da Localização dos Pontos de Água HEBM Concelho do Fundão



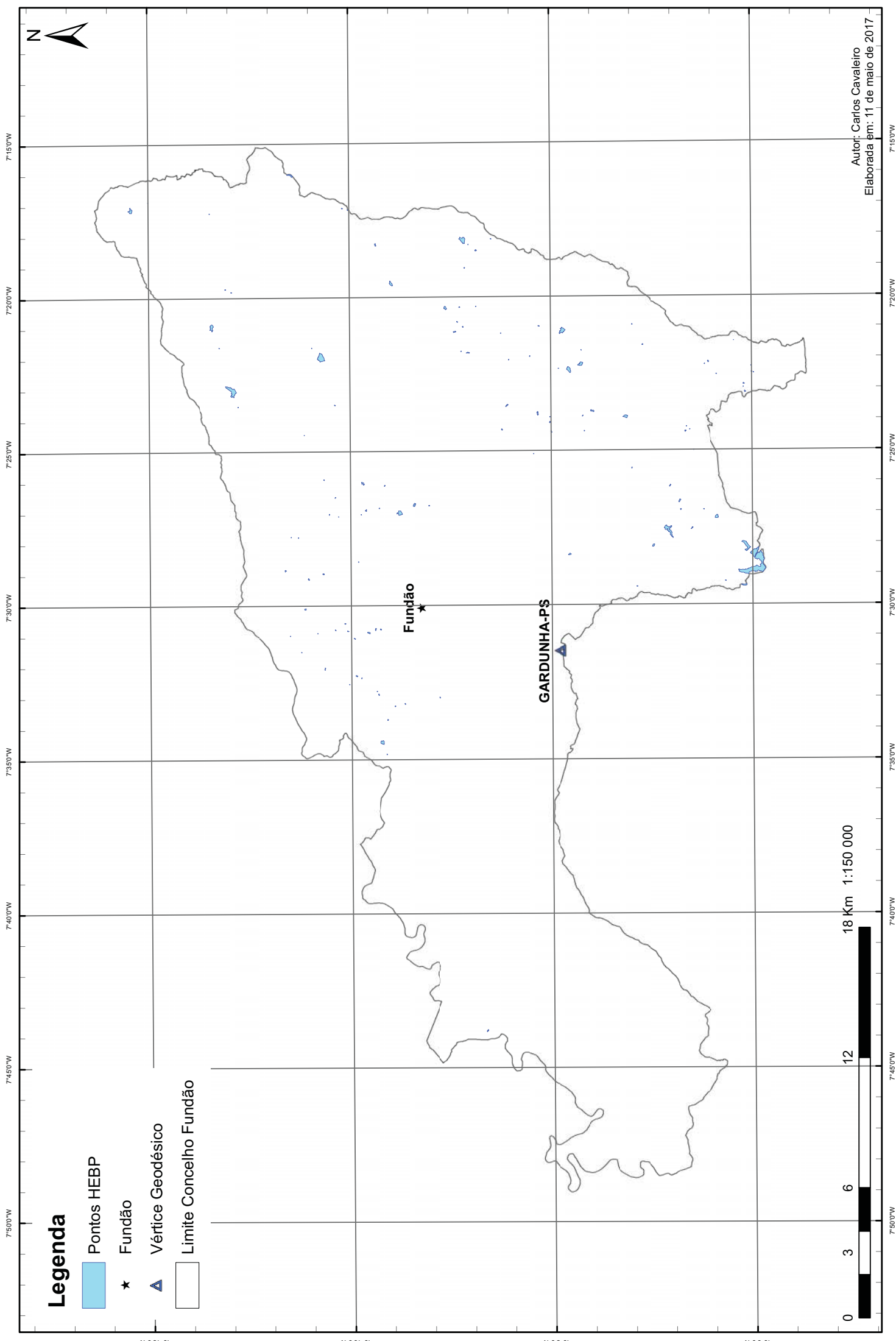
0 3 6 12 18 Km 1:150 000

Autor: Carlos Cavaleiro
Elaborada em: 11 de maio de 2017





A.7 Carta da Localização de Pontos de Água Para o HEBP

Carta produzida à escala 1:150 000, dos pontos de recolha de água para o Helicóptero Bombardeiro Pesado (HEBP), Kamov Ka-32 A11BC.

Carta da Localização dos Pontos de Água HEBP Concelho do Fundão



Legenda

-  Pontos HEBP
-  Fundão
-  Vértice Geodésico
-  Limite Concelho Fundão

0 3 6 12 18 Km 1:150 000

Autor: Carlos Cavaleiro
Elaborada em: 11 de maio de 2017

A.8 Carta da Localização das Infraestruturas Propostas

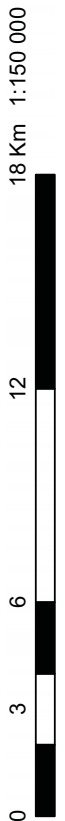
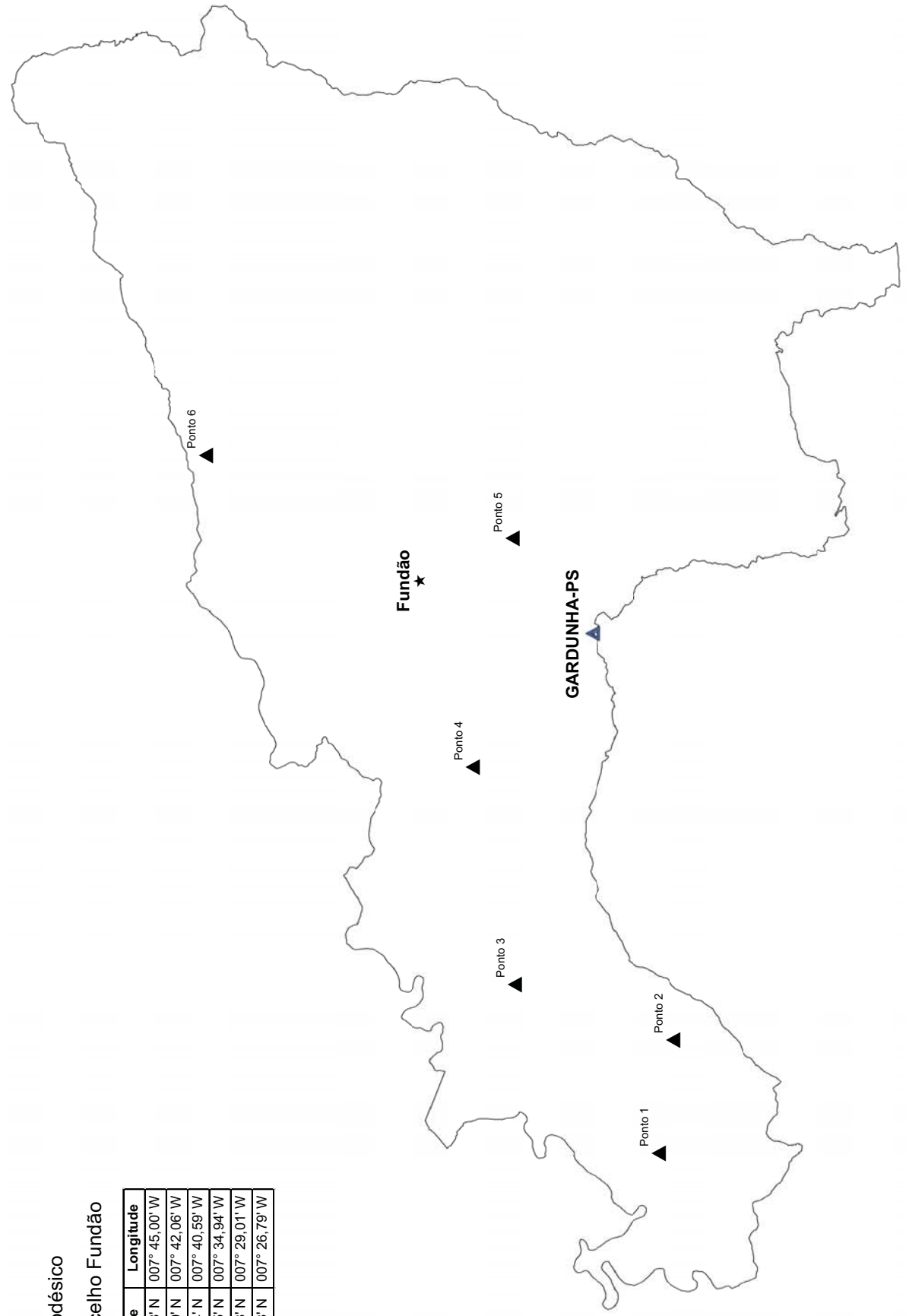
Carta produzida à escala 1:150 000, dos pontos de infraestruturas propostas para recolha de água propostos para o Concelho do Fundão.

Carta da Localização dos Pontos de Água Recomendados Concelho do Fundão

Legenda

- ▲ Pontos de Água Propostos
- ★ Fundão
- ▲ Vértice Geodésico
- Limite Concelho Fundão

Nome	Latitude	Longitude
Ponto 1	40° 03,58' N	007° 45,00' W
Ponto 2	40° 03,29' N	007° 42,06' W
Ponto 3	40° 06,44' N	007° 40,59' W
Ponto 4	40° 07,25' N	007° 34,94' W
Ponto 5	40° 06,43' N	007° 29,01' W
Ponto 6	40° 12,53' N	007° 26,79' W



A.9 Tabela de Todos os Pontos de Recolha de Água

Tabela A.3: Tabela de pontos de água.

Código GPS	Tipo	Coordenadas		Número de Enchimentos Mínimos		
		Latitude	Longitude	HEBL	HEBM	HEBP
CBF00	H	40° 00,19' N	007° 28,12' W	211	141	34
CBF01	H	39° 59,96' N	007° 28,70' W	1730	1153	277
CBF02	H	40° 00,92' N	007° 27,17' W	60	40	10
CBF03	H	40° 01,11' N	007° 22,14' W	11	7	2
CBF04	H	40° 01,54' N	007° 27,53' W	11	7	2
CBF05	H	40° 01,69' N	007° 24,40' W	10	7	2
CBF06	H	40° 01,84' N	007° 26,65' W	23	15	4
CBF07	H	40° 02,12' N	007° 27,60' W	250	166	40
CBF08	H	40° 02,50' N	007° 28,09' W	28	19	4
CBF09	H	40° 03,17' N	007° 23,91' W	60	40	10
CBF10	H	40° 03,98' N	007° 23,73' W	17	11	3
CBF11	H	40° 04,03' N	007° 23,72' W	12	8	2
CBF12	H	40° 04,28' N	007° 22,20' W	82	55	13
CBF13	H	40° 04,59' N	007° 28,36' W	21	14	3
CBF14	H	40° 04,58' N	007° 22,38' W	105	70	17
CBF15	H	40° 04,74' N	007° 21,12' W	140	93	22
CBF16	H	40° 05,03' N	007° 24,39' W	12	8	2
CBF17	H	40° 05,36' N	007° 23,82' W	10	7	2
CBF18	H	40° 05,36' N	007° 23,76' W	10	7	2
CBF19	H	40° 06,14' N	007° 23,54' W	10	6	2
CBF20	H	40° 06,70' N	007° 43,79' W	10	7	2
CBF21	H	40° 06,88' N	007° 18,50' W	11	7	2
CBF22	H	40° 07,08' N	007° 21,81' W	13	8	2
CBF23	H	40° 07,20' N	007° 18,16' W	173	115	28
CBF24	H	40° 07,42' N	007° 21,13' W	15	10	2
CBF25	H	40° 07,64' N	007° 20,36' W	42	28	7
CBF26	H	40° 08,44' N	007° 26,71' W	19	12	3
CBF27	H	40° 08,45' N	007° 26,76' W	20	14	3
CBF28	H	40° 08,80' N	007° 27,00' W	96	64	15
CBF29	H	40° 08,99' N	007° 19,55' W	58	39	9
CBF30	H	40° 09,28' N	007° 34,43' W	72	48	11
CBF31	H	40° 09,43' N	007° 30,77' W	13	8	2
CBF32	H	40° 09,37' N	007° 18,29' W	17	11	3
CBF33	H	40° 09,60' N	007° 30,88' W	18	12	3
CBF34	H	40° 09,74' N	007° 26,01' W	17	11	3
CBF35	H	40° 09,91' N	007° 32,28' W	13	8	2
CBF36	H	40° 10,75' N	007° 21,95' W	295	197	47
CBF37	H	40° 11,09' N	007° 29,13' W	11	8	2
CBF38	H	40° 11,18' N	007° 30,11' W	15	10	2
CBF39	H	40° 11,48' N	007° 16,02' W	43	29	7
CBF40	H	40° 12,97' N	007° 23,01' W	340	227	54
CBF41	H	40° 13,46' N	007° 20,94' W	105	70	17
CBF42	H	40° 15,46' N	007° 17,13' W	84	56	13
CBF43	H	40° 11,67' N	007° 28,85' W	9	6	1
CBF44	H	40° 09,65' N	007° 26,91' W	9	6	1
CBF45	H	40° 09,71' N	007° 26,06' W	9	6	1
CBF46	H	40° 00,20' N	007° 23,12' W	8	5	1
CBF47	H	40° 02,08' N	007° 26,16' W	8	5	1
CBF48	H	40° 09,31' N	007° 30,77' W	7	5	1
CBF49	H	40° 05,06' N	007° 24,08' W	7	5	1

Tabela A.4: Tabela de pontos de água (continuação).

Código GPS	Tipo	Coordenadas		Número de Enchimentos Mínimos		
		Latitude	Longitude	HEBL	HEBM	HEBP
CBF50	H	40° 06,25' N	007° 24,31' W	7	4	1
CBF51	H	40° 10,72' N	007° 28,96' W	7	4	1
CBF52	H	40° 08,87' N	007° 27,00' W	6	4	1
CBF53	H	40° 00,23' N	007° 22,87' W	6	4	1
CBF54	H	40° 09,36' N	007° 32,89' W	6	4	1
CBF55	H	40° 08,08' N	007° 26,76' W	6	4	1
CBF56	H	40° 10,12' N	007° 30,82' W	6	4	1
CBF57	H	40° 01,82' N	007° 26,93' W	6	4	1
CBF58	H	40° 09,95' N	007° 31,06' W	5	4	1
CBF59	H	40° 10,19' N	007° 30,58' W	5	3	1
CBF60	H	40° 00,03' N	007° 22,49' W	5	3	1
CBF61	H	40° 10,19' N	007° 17,10' W	5	3	1
CBF62	H	40° 08,71' N	007° 33,19' W	5	3	1
CBF63	H	40° 02,91' N	007° 29,42' W	5	3	1
CBF64	H	40° 06,11' N	007° 23,51' W	5	3	1
CBF65	H	40° 09,14' N	007° 33,70' W	5	3	1
CBF66	H	40° 05,32' N	007° 20,96' W	5	3	1
CBF67	H	40° 07,21' N	007° 20,97' W	5	3	1
CBF68	H	40° 13,12' N	007° 19,71' W	4	3	1
CBF69	H	40° 10,43' N	007° 30,79' W	4	3	1
CBF70	H	40° 08,96' N	007° 33,26' W	4	3	1
CBF71	H	40° 09,19' N	007° 26,11' W	4	3	1
CBF72	H	40° 04,24' N	007° 23,88' W	4	3	1
CBF73	H	40° 07,35' N	007° 20,81' W	4	3	1
CBF74	H	40° 02,74' N	007° 21,58' W	4	3	1
CBF75	H	40° 00,71' N	007° 29,25' W	4	3	1
CBF76	H	40° 07,16' N	007° 19,06' W	4	3	1
CBF77	H	40° 07,29' N	007° 20,33' W	4	3	1
CBF78	H	40° 09,32' N	007° 26,84' W	4	3	1
CBF79	H	40° 12,97' N	007° 19,81' W	4	3	1
CBF80	H	40° 03,02' N	007° 25,58' W	4	3	1
CBF81	H	40° 10,41' N	007° 23,49' W	4	2	1
CBF82	H	40° 10,69' N	007° 25,91' W	4	2	1
CBF83	H	40° 06,50' N	007° 18,13' W	4	2	1
CBF84	H	40° 10,42' N	007° 26,49' W	4	2	1
CBF85	H	40° 10,70' N	007° 32,06' W	3	2	1
CBF86	H	40° 00,91' N	007° 22,55' W	3	2	0
CBF87	H	40° 10,69' N	007° 32,02' W	3	2	0
CBF88	H	40° 01,48' N	007° 25,00' W	3	2	0
CBF89	HLP	40° 09,79' N	007° 32,35' W	3	2	0
CBF90	H	40° 04,84' N	007° 22,34' W	3	2	0
CBF91	H	40° 01,24' N	007° 26,93' W	3	2	0
CBF92	H	40° 05,55' N	007° 21,94' W	3	2	0
CBF93	HLP	40° 07,84' N	007° 32,99' W	3	2	0
CBF94	HL	40° 02,84' N	007° 22,90' W	3	2	0
CBF95	HLP	40° 10,88' N	007° 30,89' W	2	2	0
CBF96	H	40° 00,24' N	007° 22,97' W	2	2	0
CBF97	HLP	40° 10,57' N	007° 27,03' W	2	2	0
CBF98	H	40° 09,85' N	007° 28,58' W	2	2	0
CBF99	HL	40° 09,46' N	007° 32,95' W	2	2	0

Tabela A.5: Tabela de pontos de água (continuação).

Código GPS	Tipo	Coordenadas		Número de Enchimentos Mínimos		
		Latitude	Longitude	HEBL	HEBM	HEBP
CBFA0	H	40° 13,28' N	007° 21,61' W	2	2	0
CBFA1	HL	40° 01,48' N	007° 22,25' W	2	2	0
CBFA2	H	40° 13,49' N	007° 17,25' W	2	2	0
CBFA3	H	40° 09,40' N	007° 32,78' W	2	2	0
CBFA4	H	40° 07,06' N	007° 18,30' W	2	2	0
CBFA5	HLP	40° 03,00' N	007° 20,92' W	2	2	0
CBFA6	HL	40° 14,83' N	007° 16,87' W	2	2	0
CBFA7	H	40° 06,88' N	007° 20,31' W	2	1	0
CBFA8	HL	40° 04,53' N	007° 27,04' W	2	1	0
CBFA9	H	40° 10,09' N	007° 32,55' W	2	1	0
CBFB0	H	40° 05,47' N	007° 25,10' W	2	1	0
CBFB1	HL	40° 10,62' N	007° 28,63' W	2	1	0
CBFB2	HL	40° 04,07' N	007° 24,10' W	2	1	0
CBFB3	HLP	40° 07,25' N	007° 21,77' W	2	1	0
CBFB4	H	40° 04,21' N	007° 24,37' W	2	1	0
CBFB5	HL	40° 05,09' N	007° 24,04' W	2	1	0
CBFB6	H	40° 01,20' N	007° 22,22' W	2	1	0
CBFB7	H	40° 11,34' N	007° 27,78' W	2	1	0
CBFB8	H	40° 10,97' N	007° 21,63' W	2	1	0
CBFB9	H	40° 09,17' N	007° 34,82' W	2	1	0
CBFC0	HL	40° 12,26' N	007° 28,18' W	2	1	0
CBFC1	HLP	40° 05,06' N	007° 23,91' W	2	1	0
CBFC2	H	40° 10,06' N	007° 17,15' W	2	1	0
CBFC3	HLP	40° 06,08' N	007° 22,05' W	2	1	0
CBFC4	HL	40° 05,21' N	007° 23,99' W	2	1	0
CBFC5	H	40° 11,18' N	007° 24,46' W	2	1	0
CBFC6	HL	40° 11,43' N	007° 24,32' W	2	1	0
CBFC7	H	40° 01,58' N	007° 24,33' W	2	1	0
CBFC8	H	40° 01,66' N	007° 24,24' W	2	1	0
CBFC9	HL	40° 13,14' N	007° 21,50' W	2	1	0
CBFD0	HLP	40° 03,23' N	007° 23,92' W	2	1	0
CBFD1	H	40° 11,52' N	007° 27,76' W	2	1	0
CBFD2	H	40° 09,77' N	007° 27,05' W	2	1	0
CBFD3	HL	40° 04,11' N	007° 19,60' W	2	1	0
CBFD4	H	40° 06,27' N	007° 21,19' W	2	1	0
CBFD5	HL	40° 03,87' N	007° 22,63' W	2	1	0
CBFD6	HL	40° 07,18' N	007° 19,04' W	2	1	0
CBFD7	HLP	40° 04,27' N	007° 21,75' W	2	1	0
CBFD8	HLP	40° 12,82' N	007° 23,53' W	2	1	0
CBFD9	HL	40° 01,39' N	007° 22,36' W	2	1	0
CBFE0	H	40° 11,56' N	007° 30,97' W	2	1	0
CBFE1	H	40° 00,04' N	007° 22,28' W	2	1	0
CBFE2	H	40° 15,02' N	007° 16,87' W	2	1	0
CBFE3	HL	40° 09,92' N	007° 32,32' W	2	1	0
CBFE4	HL	40° 04,48' N	007° 23,95' W	2	1	0
CBFE5	HL	40° 03,18' N	007° 21,84' W	1	1	0
CBFE6	H	40° 11,28' N	007° 31,50' W	1	1	0
CBFE7	HL	40° 07,92' N	007° 33,42' W	1	1	0
CBFE8	HL	40° 06,55' N	007° 21,94' W	1	1	0
CBFE9	HL	40° 04,21' N	007° 21,49' W	1	1	0
CBFF0	HL	40° 11,32' N	007° 27,07' W	1	1	0

Tabela A.6: Tabela de pontos de água (continuação).

Código GPS	Tipo	Coordenadas		Número de Enchimentos Mínimos		
		Latitude	Longitude	HEBL	HEBM	HEBP
CBFF1	HL	40° 05,42' N	007° 25,24' W	1	1	0
CBFF2	HL	40° 10,21' N	007° 31,41' W	1	1	0
CBFF3	HL	40° 03,19' N	007° 23,96' W	1	1	0
CBFF4	HL	40° 03,87' N	007° 22,56' W	1	1	0
CBFF5	HLP	39° 59,98' N	007° 22,51' W	1	1	0
CBFF6	HL	40° 01,52' N	007° 24,27' W	1	1	0
CBFF7	HL	40° 02,15' N	007° 22,86' W	1	1	0
CBFF8	HL	40° 01,88' N	007° 21,53' W	1	1	0
CBFF9	HL	40° 01,59' N	007° 24,50' W	1	1	0
CBFG0	HL	40° 02,94' N	007° 22,99' W	1	1	0
CBFG1	HL	40° 04,85' N	007° 19,77' W	1	1	0
CBFG2	HL	40° 10,66' N	007° 28,76' W	1	1	0
CBFG3	HL	40° 12,19' N	007° 26,11' W	1	1	0
CBFG4	HL	40° 02,81' N	007° 25,79' W	1	1	0
CBFG5	HL	40° 08,87' N	007° 22,26' W	1	1	0
CBFG6	HL	40° 11,62' N	007° 30,09' W	1	1	0
CBFG7	HL	40° 01,46' N	007° 24,20' W	1	1	0
CBFG8	HLP	40° 10,34' N	007° 27,11' W	1	1	0
CBFG9	HL	40° 06,02' N	007° 21,73' W	1	1	0
CBFH0	HL	40° 13,67' N	007° 17,16' W	1	1	0
CBFH1	HL	40° 11,64' N	007° 30,09' W	1	1	0
CBFH2	H	40° 00,47' N	007° 21,46' W	1	1	0
CBFH3	HL	40° 10,99' N	007° 31,94' W	1	1	0
CBFH4	HL	40° 06,73' N	007° 20,58' W	1	1	0
CBFH5	HL	40° 10,94' N	007° 32,68' W	1	1	0
CBFH6	HL	40° 01,63' N	007° 24,07' W	1	1	0
CBFH7	HL	40° 07,15' N	007° 20,32' W	1	1	0
CBFH8	HL	40° 11,23' N	007° 25,96' W	1	1	0
CBFH9	HL	40° 11,09' N	007° 27,23' W	1	1	0
CBF10	HL	40° 04,62' N	007° 27,00' W	1	1	0
CBF11	HL	40° 12,56' N	007° 28,52' W	1	0	0
CBF12	HL	40° 07,38' N	007° 21,29' W	1	0	0

A.10 Carta de Localização de Pontos de Água

Carta produzida à escala 1:100 000 dos pontos de água seleccionados.

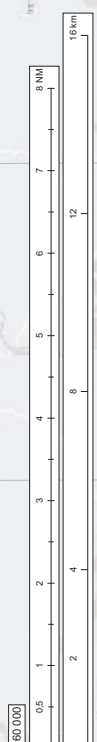
Carta da Localização de Pontos de Recolha de Água

Concelho do Fundão

Legenda

- Pontos Friaes Água
- ★ Fundão
- ▲ Vértice Geodésico
- Rede Eléctrica
- ▲ Antena Telecomunicações
- Linha Caminho Ferro
- A23
- IP2
- Aglomerados Urbanos

Código	Tipo	Coordenadas		Número de Enchimentos		
		Latitude	Longitude	Repl.	Repl.	Repl.
CBF00	H	40° 03'08"N	1007° 25'37"W	1750	1053	277
CBF01	H	40° 03'08"N	1007° 25'37"W	60	40	2
CBF02	H	40° 03'02"N	1007° 25'17"W	60	40	2
CBF03	MLM	40° 01'11"N	1007° 25'44"W	11	7	2
CBF04	MLM	40° 01'54"N	1007° 27'53"W	11	7	2
CBF05	MLM	40° 01'59"N	1007° 24'40"W	10	7	2
CBF06	H	40° 01'84"N	1007° 26'05"W	23	15	4
CBF07	H	40° 02'12"N	1007° 27'00"W	250	108	40
CBF08	H	40° 02'25"N	1007° 26'03"W	28	15	0
CBF09	H	40° 02'25"N	1007° 26'03"W	28	15	0
CBF10	MLM	40° 03'08"N	1007° 25'37"W	17	11	3
CBF11	MLM	40° 04'03"N	1007° 25'27"W	12	8	2
CBF12	H	40° 04'26"N	1007° 22'20"W	82	55	13
CBF13	MLM	40° 04'59"N	1007° 26'36"W	21	14	3
CBF14	H	40° 04'58"N	1007° 22'38"W	105	70	17
CBF15	H	40° 04'74"N	1007° 21'12"W	140	98	22
CBF16	MLM	40° 05'03"N	1007° 24'39"W	12	8	2
CBF17	MLM	40° 05'36"N	1007° 23'56"W	10	7	2
CBF18	MLM	40° 05'36"N	1007° 23'56"W	10	7	2
CBF19	MLM	40° 05'36"N	1007° 23'56"W	10	7	2
CBF20	MLM	40° 06'16"N	1007° 23'54"W	10	6	2
CBF21	MLM	40° 06'16"N	1007° 23'54"W	10	7	2
CBF22	MLM	40° 06'38"N	1007° 18'50"W	11	7	2
CBF23	MLM	40° 07'08"N	1007° 21'81"W	13	8	2
CBF24	H	40° 07'20"N	1007° 18'16"W	173	115	28
CBF25	MLM	40° 07'42"N	1007° 21'13"W	15	9	2
CBF26	H	40° 07'04"N	1007° 20'36"W	42	28	7
CBF27	H	40° 07'04"N	1007° 20'36"W	42	28	7
CBF28	H	40° 07'04"N	1007° 20'36"W	42	28	7
CBF29	H	40° 08'06"N	1007° 22'00"W	98	64	15
CBF30	H	40° 08'06"N	1007° 19'55"W	58	39	9
CBF31	H	40° 09'26"N	1007° 34'43"W	72	48	11
CBF32	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF33	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF34	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF35	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF36	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF37	MLM	40° 09'45"N	1007° 30'77"W	13	8	2
CBF38	MLM	40° 11'06"N	1007° 20'13"W	11	8	2
CBF39	MLM	40° 11'18"N	1007° 30'11"W	15	9	2
CBF40	H	40° 11'48"N	1007° 16'02"W	43	29	7
CBF41	H	40° 12'37"N	1007° 23'01"W	340	227	54
CBF42	H	40° 13'46"N	1007° 20'04"W	105	70	17



Apêndice B

Publicações

B.1 24º Congresso da APDR, julho de 2017

ABSTRACT

Risk Analysis and Mitigation During Low Level Helicopter Operations in Firefighting Environments

Carlos Cavaleiro, João Neves, Jorge Silva

Universidade da Beira Interior, Aerospace Sciences Department, Covilhã, Portugal

CERIS, CESUR, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

The performed research aims to effectively reduce the risk associated with helicopters in low level firefighting operations, particularly during water collection and simultaneously to improve the operation's efficiency in the initial attack against wildfires. Although helicopter's safety is increasing, mainly due to technological breakthroughs and new maintenance practices, there are still accidents and incidents occurring each year during firefighting season. The cause of the occurrences can be mainly addressed to cable or terrain impacts during low level operations, either during the approach or departure flight phases from the water collection points. In most of those cases, the hazards are invisible to the pilot, by not having the awareness of the hazard location or presence. Not only are these problems present, but pilots also face regularly lack of awareness to the location of safe and accessible water collection points, making the operation less efficient during the initial attack, which is a fundamental step to prevent further development and progression of the wildfire.

The work starts with a data collection stage. In this phase, information related to the terrain features, obstacles/resource locations, aircraft's performance, procedures and points/areas of interest is collected. Once it is gathered, a set of conditions with the retrieved data is created and implemented in a geographic information system, allowing the software to analyse and find the safest and most accessible water collection points in each protected territory.

This analysis allows to assess the risk, by developing a risk map in which all the relevant factors to helicopter operation are displayed. It is also possible to identify the accessible water collection points, as well as the location of hazards which can then be used for risk assessment and management. It will also be possible to export the data in GPS format so all the accessible water collection points could be displayed or selected by the pilot during operations, reducing the pilot's workload and increasing its situational awareness.

With this method, it is expected to reduce the firefighting operation risk and simultaneously increase the efficiency in the initial attack.

Key Words: Firefighting; Helicopters; Management; Operations; Risk.
