



Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes
com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
*Office for the Prevention and Investigation of Accidents
in Civil Aviation and Rail (SIA/NIB PT)*

AVIAÇÃO CIVIL

Sobrado, Valongo - PORTUGAL

05 de setembro de 2019, 15:24 UTC

Colisão com linhas de alta tensão - LALT

CIVIL AVIATION

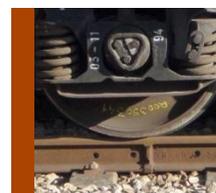
Sobrado, Valongo - PORTUGAL

2019, Sept 05th, 15:24 UTC

Collision with power-lines - LALT

AIRBUS HELICOPTERS AS350 B2

HELIBRAVO / CS-HFT



RELATÓRIO FINAL DE
INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA
DE ACIDENTE

ACCIDENT
SAFETY INVESTIGATION
FINAL REPORT

[2019/ACCID/13]



REPÚBLICA
PORTUGUESA
INFRAESTRUTURAS
E HABITAÇÃO

Publicação || Published by:

GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários

Endereço || Postal Address:

Praça Duque de Saldanha, 31 – 4.º
1050-094 Lisboa
Portugal

Telefones || Telephones:

Geral || General: (+ 351) 21 273 92 30

Notificação de acidentes/incidentes || Accident/incident notification (24/7):
(+ 351) 915 192 963 / (+351) 212 739 255

Fax: + 351 21 791 19 59

E-mail: geral@gpiaaf.gov.pt

Internet: www.gpiaaf.gov.pt

No interesse de aumentar o valor da informação contida nesta publicação, com a exceção de fins comerciais, é permitido imprimir, reproduzir e distribuir este material, mencionando o GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários como a fonte, o título, o ano de edição e a referência “Lisboa - Portugal”, e desde que a sua utilização seja feita com exatidão e dentro do contexto original.

No entanto, direitos de autor sobre o material obtido a partir de outras agências, indivíduos ou organizações privadas, pertencem às entidades originárias. Onde for pretendido usar esse material o interessado deverá contactá-las diretamente.

In the interest of enhancing the value of the information contained in this publication, and with the exception of commercial uses, you may print, reproduce and distribute this material acknowledging the GPIAAF – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e Acidentes Ferroviários as the source, along with the publication title, date and the reference “Lisbon – Portugal”, and provided that its use is made with accuracy and within the original context.

However, copyright in the material obtained from other agencies, private individuals or organizations, belongs them. Where you want to use their material, you will need to contact them directly.

Nota: fotografia na capa por Tony Osborne || **Note:** cover photo by Tony Osborne.

Controlo documental || Document control

Informações sobre a publicação original Original publication details	
Título Title	Colisão com cabos durante combate incêndio Wire strike during firefighting
Tipo de Documento Document title	Relatório de investigação de segurança Safety Investigation Report
N.º do Documento Document ID	AC_2019/ACCID/13_RF
Data de publicação Publication date	2020-07-08

Registo de alterações no caso do Relatório ter sido alterado após a sua publicação original Record of revisions, in case the report has been amended after its original publication		
N.º da vers. Rev. ID	Data Date	Resumo das alterações Summary of changes
-	-	-
-	-	-

PREFÁCIO || FOREWORD

O Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários (GPIAAF) é o organismo do Estado Português que tem por missão, entre outras, investigar os acidentes, incidentes e outras ocorrências relacionadas com a segurança da aviação civil e dos transportes ferroviários, visando a identificação das respetivas causas, bem como elaborar e divulgar os correspondentes relatórios.

No exercício das suas atribuições, o GPIAAF funciona de modo inteiramente independente das autoridades responsáveis pela segurança, de qualquer entidade reguladora da aviação civil e do transporte ferroviário e de qualquer outra parte cujos interesses possam colidir com as tarefas que estão confiadas ao Gabinete.

A investigação de segurança é um processo técnico conduzido com o único propósito da prevenção de acidentes o qual inclui a recolha e análise da informação, a determinação das causas e, quando apropriado, a formulação de recomendações de segurança.

Em conformidade com o Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, Chicago 1944, com o Regulamento (UE) n.º 996/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20/10/2010, e com o n.º 3 do art.º 11º do Decreto-lei n.º 318/99, de 11 de agosto, a investigação e o relatório correspondente não têm por objetivo o apuramento de culpas ou a determinação de responsabilidades.

Nos termos do n.º 4 do art.º 16.º do Regulamento (UE) n.º 996/2010, e em conformidade com as secções 6.3 e 6.4 do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional, o GPIAAF remeteu, para obtenção de comentários, uma versão preliminar do relatório final às seguintes entidades:

AFOCELCA
ANAC (Portugal)
ANEPC
BEA (França)
EASA (UE)
FAP
Operador - Helibravo

Foram recebidos comentários do Operador, FAP, EASA e BEA, os quais foram devidamente

The Office for the Prevention and Investigation of Accidents in Civil Aviation and Rail (GPIAAF) is the Portuguese State body with the mission of investigating accidents, incidents and other occurrences related to the safety of civil aviation and rail transportation, in order to identify their respective causes, as well as to produce and disseminate the corresponding reports.

In the exercise of its functions, GPIAAF is fully independent from any authority responsible for safety and the regulation of civil aviation and rail transportation, as well as from any other party whose interests may conflict with the tasks assigned to this Office.

Safety investigation is a technical process conducted only for the purpose of accidents prevention and comprises the gathering and analysis of evidences, in order to determine the causes and, when appropriate, to issue safety recommendations.

In accordance with Annex 13 to the International Civil Aviation Organisation Convention (Chicago 1944), EU Regulation No. 996/2010 from the European Parliament and Council (20th OCT 2010) and article 11, No. 3 of Decree-Law nr. 318/99 (11th AUG 1999), it is not the purpose of any safety investigation process and associated investigation report to apportion blame or liability.

According to section 16.4 of Regulation (EU) 996/2010 and to sections 6.3 and 6.4 of Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, GPIAAF has sent a draft version of the final report seeking comments from the following entities:

AFOCELCA
ANAC (Portugal)
ANEPC
BEA (France)
EASA (EU)
FAP
Operador - Helibravo

GPIAAF received comments from the Operator, FAP, EASA and BEA, which were duly analysed

analisados e, quando aceites, integrados no texto do presente relatório final.

No âmbito de processo do GPIAAF para melhoria contínua e monitorização de independência, o presente relatório foi sujeito a revisão metodológica pelo organismo homólogo do Reino Unido, AAIB – Air Accidents Investigation Branch. Contudo, o seu conteúdo é da exclusiva responsabilidade do Gabinete.

NOTA IMPORTANTE:

Este relatório foi preparado, somente, para efeitos de prevenção de acidentes. O seu uso para outro fim pode conduzir a conclusões erradas.

Notas para o Leitor:

Neste relatório, a representação das unidades e números é feita em conformidade com o Sistema Internacional de Unidades (SI), com o disposto nas normas da série ISO/IEC 80000 e com a norma portuguesa NP 9:1960. Nos casos especiais, em que outra unidade seja correntemente utilizada no meio aeronáutico, esta será indicada acompanhada da sua correspondência no SI.

Sempre que relevante, as abreviaturas, acrónimos e termos técnicos são explicados no glossário.

Este relatório é publicado em duas línguas, Português e Inglês. Em caso de discrepâncias entre as duas versões, prevalece o texto em Português.

Todas as referências temporais mencionadas neste relatório, salvo indicação em contrário, são apresentadas em Tempo Universal Coordenado (UTC).

and, if accepted, integrated into the text of this final report.

Within GPIAAF's process for continuous improvement and independence monitoring, this report was peer-reviewed by its UK counterpart, AAIB – Air Accidents Investigation Branch. However, its final content is of the sole responsibility of GPIAAF.

IMPORTANT NOTE:

The only aim of this report is to collect lessons which may help to prevent future accidents. Its use for other purposes may lead to incorrect conclusions.

Notes to the Reader:

In this report units and numbers are normally represented accordingly to the International System of Units (SI), to the criteria in the ISO/IEC 80000 series standards and to Portuguese norm NP 9:1960. In special cases where a different unit is commonly used in the aeronautical sector, this will be preferably indicated, with the corresponding equivalence to SI.

When relevant, abbreviations, acronyms and technical terms are explained in the glossary.

This report is published in two languages, Portuguese and English. In the event of any discrepancy between these versions, the Portuguese text shall prevail.

All the times mentioned in this report, unless otherwise indicated, are given in Coordinated Universal Time (UTC).

ÍNDICE || INDEX

	Sinopse Synopsis	09
	Glossário Glossary	13
1.	INFORMAÇÃO FACTUAL FACTUAL INFORMATION	14
1.1.	História do voo History of the flight	14
1.2.	Lesões Injuries to persons	16
1.3.	Danos na aeronave Damage to aircraft.....	17
1.4.	Outros danos Other damage	17
1.5.	Pessoas envolvidas Personnel information	18
1.5.1.	Tripulação técnica de voo Flight crew	18
1.6.	Informação sobre a aeronave Aircraft information	19
1.6.1.	Generalidades General.....	19
1.6.2.	Certificação Certification	21
1.6.3.	Aeronavegabilidade e Manutenção Airworthiness and Maintenance.....	22
1.6.4.	Sistema de armazenamento de combustível Fuel storage system	22
1.6.5.	Massa e Centragem Weight and Balance.....	23
1.6.6.	Combate a incêndios com sistema de balde Firefighting bucket system	23
1.7.	Informação meteorológica Meteorological information	24
1.8.	Ajudas à navegação Aids to navigation	24
1.9.	Comunicações Communications	24
1.10.	Informação do aeródromo Aerodrome information.....	25
1.11.	Gravadores de voo Flight recorders	25
1.12.	Destroços e informação sobre os impactos Wreckage and impact information	26
1.13.	Informação médica e patológica Medical and pathological information	27
1.14.	Fogo Fire	27
1.15.	Aspetos de sobrevivência Survival aspects	28
1.16.	Ensaio e Pesquisas Tests and Research	28
1.17.	Informação sobre organização e gestão Organizational and management information	29
1.17.1.	AFOCELCA AFOCELCA	29
1.17.2.	O operador aéreo, Helibravo The air operator, Helibravo.....	30
1.18.	Informação adicional Additional information	31
1.18.1.	Distribuição de energia nacional National energy distribution lines	31
1.19.	Técnicas de investigação úteis ou eficazes Useful or effective investigation techniques	33

2.	ANÁLISE ANALYSIS	34
2.1.	O combate aéreo aos incêndios florestais Aerial firefighting mission	34
2.1.1.	Planeamento e execução da missão Mission planning and accomplishment ...	34
2.1.2.	Avaliação do risco Risk assessment.....	36
2.1.3.	Linhas aéreas de transporte de energia Aerial power transmission lines	37
2.1.4.	A gestão dos meios aéreos de combate aos incêndios Aerial firefighting assets management	40
2.2.	AS350 B2 e as consequências de uma colisão AS350 B2 crashworthiness	41
3.	CONCLUSÕES CONCLUSIONS.....	47
3.1.	Constatações da investigação Findings	47
3.1.1.	A aeronave The aircraft	47
3.1.2.	Tripulação Crew.....	47
3.1.3.	Operações de voo Flight operations	48
3.1.4.	Sobrevivência Survivability.....	48
3.2.	Causas/fatores contributivos Causes/contributing factors.....	48
3.2.1.	Causas prováveis Probable causes	48
3.2.2.	Fatores contributivos Contributing factors	49
4.	Recomendações Recommendations.....	50
5.	APENDICES APPENDIXES	53
5.1.	Anexos com os comentários não adotados ou parcialmente adotados Appendixes with not adopted or partial adopted comments.....	53
5.1.1.	Comentários do BEA não adotados ou parcialmente adotados BEA not adopted or partial adopted comments.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS || FIGURE INDEX

Figura 1	15
Sequência de eventos Event sequence	
Figura 2	17
Danos nos cabos de transporte de energia Power lines wire damage	
Figura 3	20
Detalhes de configuração da aeronave Aircraft configuration detail	
Figura 4	23
Arranjo do projeto do sistema de armazenamento de combustível Fuel storage system design arrangement	
Figura 5	23
Folha de massa e centragem da aeronave acidentada Accident aircraft mass and balance sheet	
Figura 6	25
Base Afocelca de Valongo e distância ao incêndio Valongo Afocelca base and fire distance	
Figura 7	26
Mapa de destroços Wreckage mapping	
Figura 8	30
Cobertura aérea e terrestre afocelca Afocelca aerial and terrestrial area coverage	
Figura 9	32
Rede distribuição energia – detalhe grande Porto Energy distribution – Porto area	
Figura 10	34
Trajatórias e pontos de descarga (perspetiva do ponto de impacto) Trajectories and water drop spots (wire strike view)	
Figura 11	35
Detalhe da envolvente do acidente e esteiras dos apoios Accident boundaries and electrical posts configuration	
Figura 12	39
Limitação da zona de operação Operational zone limitation	
Figura 13	43
Análise da dinâmica de colisão de aeronaves de asa rotativa para desenvolvimento de critérios de projeto melhorados Analysis of rotorcraft crash dynamics for development of improved crashworthiness design criteria - DOT/FAA/CT-85/11	

Página intencionalmente em branco || Page intentionally blank

SINOPSE || SYNOPSIS

PROCESSO GPIAAF GPIAAF PROCESS ID 2019/ACCID/13		Classificação Classification Acidente Accident	
		Tipo de evento Type of event LALT - Colisão com cabos Power line collision	
OCORRÊNCIA OCCURRENCE			
Data Date 05-SET-2019	Hora Time 15:24 UTC	Local Location Sobrado, Valongo, Portugal	Coordenadas Coordinates 41°13'07.9"N 8°28'04.0"W
AERONAVE AIRCRAFT			
Aeronave Aircraft AS350 B2		N.º de série Serial Nr. 2097	Matrícula Registration CS-HFT
Categoria Category Helicóptero pequeno porte Small rotorcraft		Operador Operator Helibravo	
VOO FLIGHT			
Origem Origin Valongo - heliporto privado Valongo - private helipad		Destino Destination Valongo - heliporto privado Valongo - private helipad	
Tipo de voo Type of flight Trabalho Aéreo (Combate aos incêndios) Aerial Work (Fire fighting)		Tripulação Crew 01	Passageiros Passengers 00
Fase do voo Phase of flight Em rota En-route		Condições de luminosidade Lighting conditions Diurno Daylight	
CONSEQUÊNCIAS CONSEQUENCES			
Lesões Injuries	Tripulação Crew	Passageiros Passengers	Outros Other
Fatais Fatal	1	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	N/A
Nenhuma None	0	0	N/A
Danos na aeronave Aircraft damage Destruída Destroyed		Outros danos Other damage Danos em linha de energia Damaged power cables	

No dia 5 de setembro de 2019 um helicóptero Eurocopter AS350 B2, com matrícula CS-HFT, realizava operações de combate a um incêndio florestal na localidade do Sobrado, no município de Valongo.

Quando se aproximava para efetuar a segunda largada de água sobre o incêndio, ao transpor um obstáculo constituído por linhas de alta tensão, o balde suspenso e rotor de cauda da aeronave tocaram nos cabos, levando à perda de controlo do helicóptero, despenhando-se a poucos metros.

Após o embate com o solo, de imediato deflagrou um incêndio que consumiu a aeronave e causou ferimentos fatais ao piloto e único ocupante.

On September 5, 2019, a Eurocopter AS350 B2 helicopter, registered CS HFT, carried out wild firefighting operations at Sobrado, in the Valongo municipality.

On the approach to perform the second water dump over the fire line, when crossing an obstacle made up of high voltage powerlines, the suspended bucket and the aircraft tail rotor touched the power cables, leading to the helicopter loss of control and crashing few meters.

After the ground collision, an immediate fire broke out that consumed the aircraft and caused fatal injuries to the pilot and sole occupant.

Tipo de ocorrência || Occurrence type

LALT: Colisão com obstáculos enquanto em voo intencional próximo do terreno.

F-POST: Fogo em resultado do impacto com o terreno.

LALT: Collision with obstacles while intentionally operating near the surface.

F-POST: Fire resulting from ground impact.

Principais conclusões da Investigação || Investigation main conclusions

A investigação evidenciou, à semelhança de outros acidentes com aeronaves em combate a incêndios ocorridos no passado, que este tipo de operação aérea, autorizado fora dos normais padrões internacionais de segurança que regulam a navegação aérea, pelas suas características específicas de condições adversas, motivação, foco no objetivo e auxílio às equipas no solo, conduz à tomada de riscos adicionais, cuja avaliação e controlo ficam unicamente no piloto.

Em particular, tal resulta frequentemente numa aproximação excessiva às linhas aéreas de transporte de energia, com resultados muitas vezes fatais, mesmo quando estas estão devidamente assinaladas, como era o presente caso. Desta forma, a investigação deixa patente a necessidade de uma reavaliação contratual das missões e dos seus objetivos primários quando em operação próxima daqueles obstáculos, fixando zonas interditas.

Por outro lado, a investigação aos factos do acidente, revelou também a necessidade de adoção, nas aeronaves de asa rotativa, de soluções técnicas disponíveis que incrementam a probabilidade de sobrevivência dos ocupantes em caso de colisão com o solo.

The investigation showed, similar to other aircraft accidents in firefighting that occurred in the past, that this type of aerial operation, authorized outside the normal international safety standards that regulate the air navigation, due to its specific adverse conditions characteristics, motivation, focus on the objective and ground teams assistance, leads to the taking of additional risks, which the assessment and control are left solely to the pilot.

In particular, this frequently results in power lines excessive approach, with results that are often fatal, even when the lines are properly marked, as it was the event case. In this way, the investigation highlights the need for a mission's primary objectives contractual reassessment when operating close to those obstacles, establishing restricted areas.

On the other hand, the investigation into the accident facts also revealed the need to adopt, in rotary wing aircraft, available technical solutions that increase the probability of occupants' survival in case of collision with the ground.

Recomendações e seus destinatários || Recommendations and their addressees

As conclusões da investigação conduziram à emissão de recomendações de segurança aos contratantes de meios aéreos para o combate aos incêndios em Portugal, a AFOCELCA e a FAP, no sentido de definirem contratualmente com os operadores aéreos limites de operação em

As a result of the investigation conclusions, safety recommendations were issued to the contractors of aerial firefight in Portugal, AFOCELCA and FAP, aiming to set contractual operating limits with air operators so that aircraft do not operate near power transmission lines, defining a protection

relação aos cabos de transporte de energia elétrica, fixando uma envolvente de proteção considerada como segura pela respetiva análise de risco ao tipo de aeronave.

À EASA foi recomendado que sejam emanadas regras que exijam a aplicação retroativa de soluções técnicas disponíveis no mercado para aumentar a resistência à colisão dos tanques de combustível para aeronaves de asa rotativa, em especial nos helicópteros usados em operações comerciais.

E por fim, ao operador, foi recomendado que estabeleça um procedimento operacional para tornar obrigatório o uso de capacete de proteção pelos pilotos envolvidos nas atividades de combate aos incêndios.

envelope considered as safe by the respective risk assessment for the aircraft type used on the fire-fighting operation.

It was recommended to EASA to produce rulemaking documentation requiring retrofit of technical available improvements on fuel tank crash resistance for rotorcraft, specially the helicopters used in commercial operations.

To the operator, it was issued a recommendation to establish an operational procedure to make the use of protective helmets mandatory by the pilots involved in firefighting activities.

Página intencionalmente em branco || Page intentionally blank

GLOSSÁRIO || GLOSSARY

ANAC	Autoridade Nacional da Aviação Civil National Civil Aviation Authority
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil Emergency and Civil Protection National Authority
ARC	Certificado de Revisão da aeronavegabilidade Airworthiness review certificate
ARO	Serviço de reporte de tráfego aéreo Air traffic services reporting office
CAMO	Organização de Gestão da Continuidade de Aeronavegabilidade Continuing Airworthiness Management Organisation
CNOS	Centro Nacional de Operações de Socorros Rescue Operations National Center
EASA	Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação European Union Aviation Safety Agency
FH	Horas de voo Flight hours
fps	Pés por Segundo Feet per Second
ft	Pé ou Pés (unidade de medida) Feet (dimensional unit)
g	Aceleração da Gravidade (9,81 m/s ²) Acceleration due to Earth's gravity
GPIAAF	Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários
hPa	Hectopascal
ICAO	International Civil Aviation Organization
kt	Nó (= 1 milha náutica/hora = 1,852 km/h) Knot (= 1 NM/hour = 1,852 km/h)
LH	Lado esquerdo Left hand
METAR	Comunicado Meteorológico de Rotina Meteorological Aerodrome Report
MTOW	Peso máximo de descolagem Maximum takeoff weight
OEM	Fabricante de equipamento original Original Equipment Manufacturer
OM	Manual de operações Operations Manual
PIC	Piloto Comandante Pilot In Command
P/N	Número identificação do componente Part Number
RH	Lado direito Right hand
STC	Certificado Suplementar de Tipo Supplemental type certificate
TSN	Tempo desde fabrico Time Since New
TSO	Período de tempo desde grande inspeção Time Since Overhaul
UTC	Tempo Universal Coordenado Universal Time Coordinated
VDL	O piloto deverá usar lentes corretivas e ter consigo um par de óculos de reserva The pilot shall wear corrective lenses and carry a spare set of spectacles

1. INFORMAÇÃO FACTUAL || FACTUAL INFORMATION

1.1. História do voo || History of the flight

Às 15:04 (UTC) do dia 5 de setembro de 2019 um helicóptero Eurocopter AS350 B2, com matrícula CS-HFT, usando a designação de rádio CELCA02, ao serviço da AFOCELCA e operado pela Helibravo, foi chamado a iniciar o combate a um incêndio florestal, na localidade do Sobrado, no município de Valongo.

O voo teve início às 15:10 a partir da base privada de Valongo, a 1,2NM a Oeste do local do acidente, transportando, para além do piloto, uma equipa de 5 bombeiros e o equipamento de combate a incêndios, cesto e balde tipo *Bambi bucket*.

Após largar a equipa de intervenção, e de lhe ter sido posicionado o balde, o piloto regressou à base e ponto de recolha de água para o primeiro abastecimento e descarga no incêndio.

Repetido o ciclo em menos de 5 minutos, na segunda aproximação ao local do incêndio e em coordenação com um outro meio aéreo (indicativo operacional H8), o piloto, conhecedor da existência e localização das linhas aéreas de transporte de energia existentes no local, define a trajetória para a segunda largada.

Após transpor uma primeira linha devidamente sinalizada de muito alta tensão (400 kV) composta por 14 condutores, a aeronave e o balde suspenso colidiram com uma segunda linha. Esta segunda linha, composta por 8 condutores com tensão de 220 kV, estava posicionada a uma cota inferior e a cerca de 45 metros de distância horizontal da primeira.

O troço da segunda linha envolvido no evento caracteriza-se por um vão não sinalizado de 400 metros, suportado por um poste a Este (A na figura abaixo) de esteira vertical e um outro a Oeste de esteira horizontal (B na figura). A linha é constituída por seis condutores (duas linhas de três fases) de alumínio/aço e dois cabos de guarda superiores em alumínio com dois tubos internos para serviço de fibra ótica. O ponto de impacto foi a 159 metros do poste Oeste (B).

At 15:04 (UTC), on September 5th, 2019, an Eurocopter AS350 B2 helicopter registered CS-HFT, using callsign CELCA02, on duty to AFOCELCA and operated by Helibravo, was called for a forest firefighting near Sobrado, in Valongo municipality.

The flight began at 15:10 from Valongo's private base, 1.2NM west of the crash site, carrying the pilot, a team of 5 firefighters and the firefighting equipment, a basket and a Bambi bucket.

After dropping the intervention team and the Bambi bucket positioned, the pilot returned to the base for water collection and subsequent drop over the fire area.

After repeating the cycle in less than 5 minutes, on the second approach to the fire site and in coordination with another helicopter (operational call H8), the pilot, aware and position of the power lines at the scene, established the aircraft trajectory for the second water drop.

After crossing a first signalized very high voltage (400 kV) line, consisting of 14 conductors, the aircraft's and the suspended bucket collided with the second line. This second line, mad of 8 conductors with 220 kV voltage, is positioned at a lower elevation and at 45 meters horizontal distance from the first one.

The second event line and non-signalized segment is characterized by a 400 meters line supported by an east vertical configuration pole (A in the figure below) and a west horizontal configuration pole (B in the figure). The line consists of six aluminium/steel conductors (two three-phase lines) and two aluminium top guard cables with two internal optic fibber plumbing. The impact point occurred 159 meters from the west pole (B).

No momento em que o estabilizador vertical e o rotor de cauda atingem o cabo de guarda (a verde na figura), por proximidade do sistema de suspensão do balde ao condutor amarelo, ocorreu uma primeira descarga elétrica (curto circuito). Em sequência, 120ms mais tarde, o balde colide com o condutor mais afastado da linha (representado a vermelho na figura) de onde resulta uma nova descarga elétrica utilizando o helicóptero e seus acessórios como condutor entre os dois cabos vermelho e verde.

When the vertical stabilizer and the tail rotor reach the guard cable (green in the figure), due to the proximity of the bucket suspension system to the yellow conductor, a first electrical discharge (short circuit) occurred. In sequence, 120ms later, the bucket collides with the line furthest conductor (shown in red in the figure), resulting in a new electrical discharge using the helicopter and its accessories as a conductor between the two red and green cables.

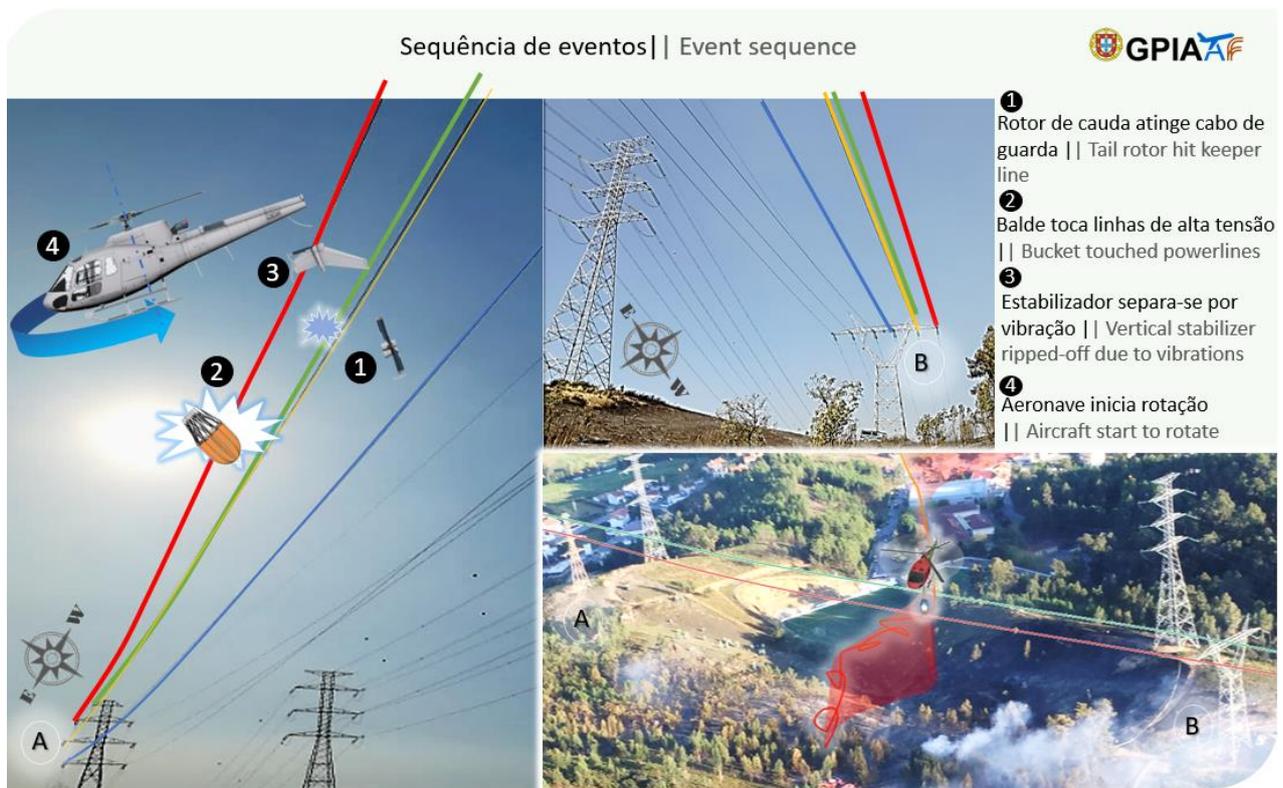


Figura 1 || Figure 1
Sequência de eventos || Event sequence

Os cabos de aço e o *sling* de suporte do balde à aeronave fundam pelas descargas elétricas, permitindo a queda do balde. O rotor de cauda ao tocar no cabo de guarda, produziu um arco elétrico intenso, coerente com relatos de testemunhas sobre o impacto iluminado da aeronave nos cabos, também suportado nas evidências de danos nos cabos e confirmado pelos dados registados pela empresa de transporte de energia.

The steel cables and the bucket support sling system melted by the electric discharges, allowing the bucket to fall. The tail rotor, when touching the guard cable, produced an intense electric arc, consistent with witnesses' reports about the aircraft flash impact on the cables, supported by cable damage evidence and confirmed by the energy company records.

Com as pás do rotor de cauda destruídas, as vibrações induzidas por este potenciam uma rápida separação da caixa redutora (TGB), do próprio rotor de cauda, assim como o

With the tail rotor blades destroyed and consequent induced vibrations, it promotes a rapid separation of transfer gear box (TGB), the

estabilizador vertical, comportamento típico em eventos de desbalanceamento severo de rotor.

Já sem rotor de cauda e sem estabilizador vertical, a aeronave inicia uma rotação no sentido anti-horário por efeito do torque aplicada ao rotor principal.

A perda de controlo da aeronave foi inevitável e consequente queda em rotação, percorrendo uma distância total de 84 metros até se imobilizar sobre o seu lado esquerdo, seis segundos após o impacto com os cabos. Após o embate com o solo, de imediato deflagrou um incêndio intenso que consumiu a aeronave na totalidade. Neste processo, o piloto e único ocupante da aeronave, foi ferido fatalmente.

O serviço de tráfego aéreo foi de imediato alertado do acidente pelo piloto do segundo meio aéreo no teatro de operações (H8).

Os meios de combate ao incêndio já no terreno foram, entretanto, reforçados a fim de apagar o incêndio e tentar socorrer o piloto.

Devido à intensidade e carga térmica do incêndio na aeronave, bem como pela dificuldade de acessos dos meios ao local, não foi possível extinguir o incêndio em tempo útil.

O GPIAAF foi notificado às 15:38, tendo de imediato deslocado uma equipa de investigação de aviação civil para Valongo; iniciou a coordenação da investigação com as autoridades locais às 19:20, com o objetivo de recolha de evidências.

Os trabalhos de investigação no terreno prosseguiram no dia seguinte, tendo os destroços da aeronave sido recolhidos e transportados para o hangar de investigação do GPIAAF para prossecução das perícias técnicas.

tail rotor and the vertical stabilizer, typical behaviour on severe tail rotor unbalance events.

Without the tail rotor and the vertical stabilizer, the aircraft starts a counter clockwise rotation due to the main rotor applied torque.

The aircraft loss of control was inevitable and consequent fall in rotation, flying a total distance of 84 meters to laid down over the left side, six seconds after the wire strike. After the ground crash, it immediately set off an intense fire that completely consumed the aircraft.

In this process, the pilot and sole occupant of the aircraft was fatally injured.

The air traffic service was immediately alerted about the accident, by the second helicopter pilot in the firefighting operation (H8).

The firefighting teams already on the ground were reinforced in order to extinguish the fire and try to rescue the pilot.

Due to the fire intensity and thermal load in the aircraft, associated with the difficulty to access the crash site, it was not possible to have the fire extinguished in due time.

The GPIAAF was notified at 3:38 PM, and a civil aviation investigation team immediately travelled to Valongo, arriving at 19:20 when it began the coordination with the local authorities, with the purpose of evidence gathering on the crash site.

Investigation work continued through the next day. The wreckage was recovered and transported to the GPIAAF's investigation premises for further detailed analysis.

1.2. Lesões || Injuries to persons

Lesões Injuries	Tripulantes Crew	Passageiros Passengers	Outros Others
Fatais Fatal	1	0	0
Graves Serious	0	0	0
Ligeiras Minor	0	0	0
Nenhumas None	0	0	n/a
TOTAL	1	0	0

1.3. Danos na aeronave || Damage to aircraft

A aeronave ficou totalmente destruída em resultado do fogo pós-impacto.

The aircraft was completely destroyed as a result of the post-impact fire.

1.4. Outros danos || Other damage

Na colisão foram afetados três condutores da linha de transporte de energia Recarei – Custóias (220 kV), nomeadamente:

In the collision, three conductors of the Recarei - Custóias power transmission line (220 kV) were affected, namely:

- dois cabos condutores de alumínio/aço (54 fios de alumínio e 7 fios de aço), tendo cada cabo um diâmetro de 28,62 mm.
- um cabo de guarda (terra) de alumínio/aço (12 fios de alumínio, 7 fios de aço e 2 tubos de aço com 20 fibras óticas, cada), tendo um diâmetro total de 15,80 mm.

- two aluminium/steel conducting cables (54 aluminium wires and 7 steel wires), each cable having a diameter of 28.62 mm.
- an aluminium/steel guard (ground) cable (12 aluminium wires, 7 steel wires and 2 steel tubes with 20 optical fibres each), having a total diameter of 15.80 mm.

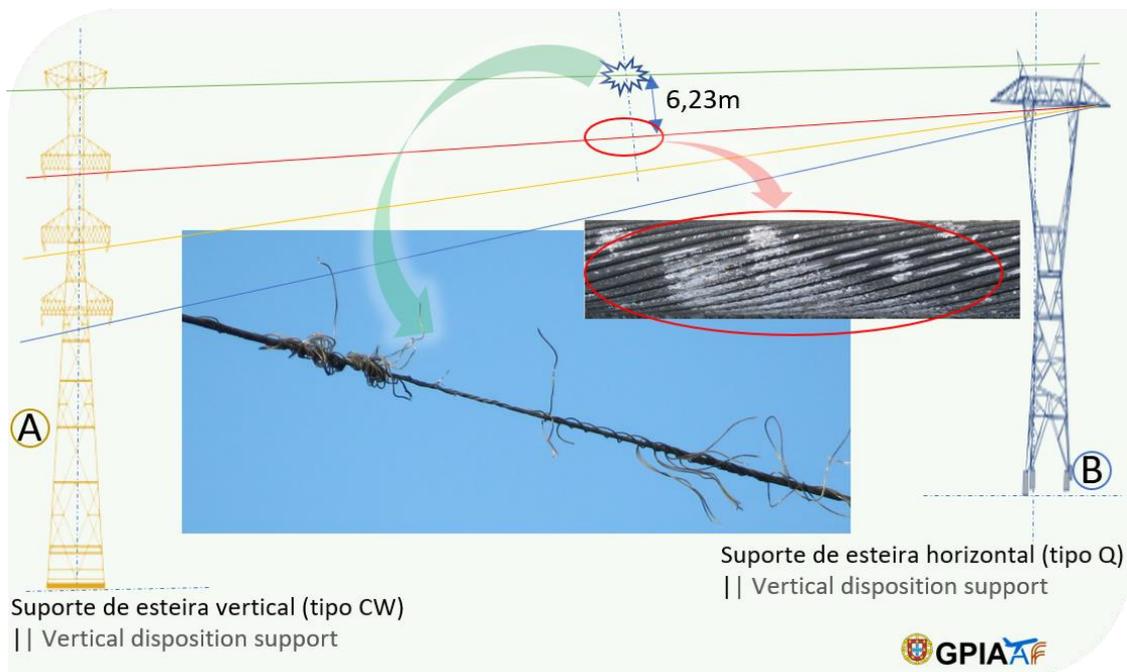


Figura 2 || Figure 2
Danos nos cabos de transporte de energia || Power lines wire damage

De acordo com os registos do prestador de serviços de distribuição elétrica (REN), às 15:24 ocorreu um defeito (curto circuito) entre a fase 8 representado a amarelo da figura e a terra, representado a verde, o qual foi eliminado em 66 ms.

According to the electrical distribution service provider (REN) records, at 15:24 there was a defect (short circuit) between phase 8 shown in yellow in the figure and the ground, represented in green, which was eliminated in 66 ms.

Após 120 ms ocorreu novo defeito, desta vez entre a fase 0 (vermelho) e a terra (verde), eliminado em 65 ms.

After 120 ms, a new defect occurred, this time between phase 0 (red) and ground (green), eliminated in 65 ms.

Ainda de acordo com informação dos especialistas, sempre que a distância entre o potencial e a terra (cabo de guarda) é inferior à distância entre as hastes de descarga das cadeias de isoladores, neste caso de aproximadamente 1,75 m, estariam reunidas as condições para a ocorrência de um defeito entre a fase e a terra, não sendo, portanto, necessário contacto físico entre a fase 8 (amarelo) e o cabo de guarda.

Após uma inspeção às linhas, o cabo de guarda (verde) e o cabo fase 0 (vermelho) foram substituídos por apresentarem danos significativos por contacto físico e por arco voltaico. O outro cabo envolvido, fase 8 (amarelo), apresentava alguns danos menores com indicação de arco voltaico, tendo sido considerado operativo pelo prestador de serviços de transporte de energia.

According to expert’s information, whenever the distance between the potential and the ground (guard cable) is smaller than the distance between the insulator segments discharge rods, in this case approximately 1.75 m, the conditions would be met for the occurrence of a defect between the phase and the ground, therefore there is no need for physical contact between phase 8 (yellow) and the guard cable.

After power lines inspection, the guard cable (green) and the phase 0 cable (red) were replaced due to significant damage by physical contact and by arc flash. The other cable involved, phase 8 (yellow), had some minor damage with arc flash signs, having been considered operative by the electricity distribution service provider.

1.5. Pessoas envolvidas || Personnel information

1.5.1. Tripulação técnica de voo || Flight crew

	PILOTO PILOT
DETALHES PESSOAIS PERSONAL DETAILS	
Nacionalidade Nationality:	Portuguesa Portuguese
Idade Age:	36
LICENÇA DE TRIPULANTE TÉCNICO FLIGHT CREW LICENCE	
Tipo Type:	CPH
Habilitações Ratings:	AS350
Validade Validity:	(TR AS350)2020-06-30
Entidade Emissora Issuing Authority:	ANAC
Data do Último Exame Médico Last Medical Exam Date:	2018-10-31
Limitações Limitations:	VDL ¹
EXPERIÊNCIA DE VOO FLIGHT EXPERIENCE	Total Total
Horas de voo totais Total flight hours:	1.740h
Últimos 90 dias Latest 90 days:	26:45h (no tipo on type)
Últimos 28 dias Latest 28 days:	5:50h (no tipo on type)
Últimos 7 dias Latest 7days:	5:50h
Últimas 24 horas Latest 24 hours:	0:00h

¹ VDL - Uso de lentes corretivas || Correction for defective distant vision

O piloto registava 180 horas de experiência de tempo total de voo no tipo da aeronave acidentada, maioritariamente em operações de combate a incêndios, em que participava desde 2018. O último treino de refrescamento para esse tipo de operação foi concluído em maio 2019. O treino foi fornecido pelo operador da aeronave em conformidade com a CIA 20/13 e aprovado pela autoridade da aviação civil. No treino é reforçada a operação junto ou a cruzar a 45 graus as linhas de transporte de energia e sempre diretamente sobre os postes, pois é extremamente difícil a visualização e julgamento da altura relativa dos cabos entre postes.

Enquanto piloto militar, operava a aeronave EH-101, multi-piloto e multi-motor ao serviço da FAP na Esquadra 751 em tripulações de alerta permanente de Busca e Salvamento na Base Aérea n.º 6 no Montijo, no Aerodromo de Manobra n.º 3 em Porto Santo – Madeira ou ainda na Base Aérea n.º 4 nas Lajes – Açores.

O piloto servia ainda como comandante da corporação de bombeiros da localidade de Cete que, no momento do acidente, estava entre outras, a combater o incêndio no terreno.

Estava no seu sexto dia de trabalho com pouco menos de 6 horas de voo em todo o período. Não foi possível à investigação apurar objetivamente a carga de trabalho naquele período decorrente das atividades do piloto fora das funções de piloto comandante da aeronave acidentada.

The pilot logged 180h total flight time experience on the accidented aircraft type, mainly on firefighting operations that he had been participating since 2018.

The last recycle training for this type of operation was completed on May 2019. The training was provided by the aircraft operator following CIA 20/13 and approved by the civil aviation authority. On the training it is mentioned the operation near or across power lines at 45 degrees and always directly over a pylon or pole as it is extremely difficult to see and judge the relative height of the cables in between.

As military pilot, he operated the EH-101, multi-pilot and multi-engine aircraft serving on Portuguese Air Force - FAP at Squadron 751 on duty as Search and Rescue crews at Air Base No. 6 in Montijo, at Airfield No. 3 in Porto Santo - Madeira and at Air Base No. 4 in Lajes - Azores.

The pilot also served as commander of Cete's local fire brigade, which, at the time of the accident, was among others, fighting the fire on the ground.

He was on his sixth day of duty, with under 6 hours of flight time in the period. It was not possible for the investigation to objectively ascertain the workload in that period resulting from the pilot's activities out of pilot in command duties of the crashed aircraft.

1.6. Informação sobre a aeronave || Aircraft information

1.6.1. Generalidades || General

O helicóptero AS350 / EC130, comercialmente conhecido como *Ecureuil* ou Esquilo, teve o primeiro certificado de tipo emitido a 19 de junho de 1974 para o modelo AS350B que foi, ao longo das décadas, evoluindo com as versões B1, B2, B3, B3+ (e), B4, EC130T2 e ainda outras configurações militares.

A versão B2 incorpora um motor de controlo hidromecânico fabricado pela Safran Helicopter Engines (Turbomeca Arriel 1D1), acoplado a um rotor principal de três pás a rodar no sentido horário. É uma aeronave de duplo comando,

The AS350 / EC130 helicopter, commercially known as *Ecureuil* or *Squirrel*, had its first type certificate issued on June 19, 1974 for the AS350B model that has evolved over the decades to the versions B1, B2, B3, B3+ (e), B4, EC130T2 and other military configurations.

The B2 version incorporates a hydro-mechanical control engine manufactured by Safran Helicopter Engines (Turbomeca Arriel 1D1), coupled to a clockwise rotating three-blade main rotor. It is a dual control aircraft, operated as

operada por apenas um piloto, sendo a posição de pilotagem preferencial do lado direito conforme a maioria dos helicópteros e com capacidade para até 6 passageiros.

single pilot, being the preferred piloting position on the right side, as most helicopters, and with seat capacity for up to 6 passengers.



Figura 3 || Figure 3
 Detalhes de configuração da aeronave || Aircraft configuration detail

O AS350 / EC130 é uma aeronave com custos de operação reduzidos que permite executar um leque alargado de missões, onde o fabricante disponibiliza suplementos (SUPs) por forma a adaptar a aeronave às mais diversas necessidades do mercado e opções técnicas para aumento da segurança operacional.

The AS350 / EC130 is an aircraft with low operating costs that allows it to perform a wide missions scope, where the manufacturer provides supplements (SUPs) in order to adapt the aircraft to the different market needs and technical options to increase safety.

Um dos suplementos disponíveis, o SUP.12, prevê a instalação de um suporte por baixo da fuselagem para permitir o acoplamento de um sistema de carga suspensa, sendo possível, nomeadamente, instalar um sistema de balde comercialmente designado de *Bambi bucket* que era usado pela aeronave acidentada no transporte de água para combate aos incêndios florestais.

One supplement available, the SUP.12, foresees an under-fuselage support installation to allow the attachment of a suspended load system, facilitating and allowing a bucket system installation, commercially known as *Bambi bucket* used by the crashed aircraft for water transport and dump on wild firefighting.

O suplemento 11 permite a suspensão de cargas até 1160 kg (2557 lb) e o aumento da massa máxima de operação da aeronave dos 2250 kg (4961 lb) para os 2500 kg (5512 lb).

The supplement 11 allows loads suspension up to 1160 kg (2557 lb) and increases the aircraft maximum operating mass from 2250 kg (4961 lb) to 2500 kg (5512 lb).

Atendendo às condições atmosféricas do dia e à massa estimada da aeronave, o gráfico de performance referenciado no manual de voo (5.1), e considerando o cenário sem efeito de solo

Given the atmospheric conditions of the day and the estimated aircraft mass, the performance graph referenced in the flight manual (5.1), and considering the scenario without ground effect

(Hover performance out of Ground Effect - OGE), embora perto do limite máximo, permitia a operação da aeronave.

(Hover performance out of Ground Effect - OGE), although close to the limit, it allowed the helicopter to operate.

1.6.2. Certificação || Certification

O helicóptero acidentado AS350 SN: 2097 saiu de fábrica em 1988 tendo sido entregue como versão AS350 B1. Inicialmente registado como I-FLAO, foi posteriormente convertido em AS350 B2 pela aplicação de vários boletins de serviço, nomeadamente o n.º 01.26 que implicou a remotorização com um motor Turbomeca Arriel 1D1.

The accidented helicopter AS350 SN:2097 was delivered from factory in 1988 as AS350 B1 version. Initially registered as I-FLAO and later converted into AS350 B2 by application of several service bulletin, namely the n.º 01.26 that required a Turbomeca Arriel 1D1 engine installation.

A aeronave não cumpria com os atuais requisitos de certificação inicial da EASA, nomeadamente com o preconizado nas CS 27.561(b) Condições de aterragem em emergência e CS 27.952 - Sistema de combustível resistente à colisão. Tais requisitos não existiam em 1974, data da certificação do tipo.

The aircraft did not comply with the current EASA initial certification requirements, namely the CS 27.561 (b) Emergency landing conditions and CS 27.952 - Fuel system crash resistant. Such requirements did not exist at the first type certification in 1974.

Para cumprir contratualmente com a missão de combate aos incêndios florestais, quando ao serviço da ANEPC, entre outros requisitos, a aeronave tem de estar equipada com o sistema corta cabos (WSPS) instalado na parte da frente da carlinga. O sistema é composto por duas laminais de aço de alta resistência configuradas para cortar um cabo aéreo numa eventual colisão.

In order to contractually fulfil the wild firefighting mission, when working to the Civil Protection National Authority - ANEPC, among other requirements, the aircraft must be equipped with a wire strike protection system (WSPS) installed in the cockpit. The system consists of two high-strength steel blades arranged to cut the wire in the event of a collision.

Para que o sistema funcione, os cabos devem ter um diâmetro limitado e atingir a aeronave na sua parte frontal com um ângulo praticamente perpendicular à linha de voo; ainda assim, a aeronave terá de possuir uma velocidade mínima para permitir que os cabos ao passarem pela "tesoura" sejam cortados.

For the system to work properly, the cables must have a limited diameter and hit the aircraft on its front with an almost perpendicular flight path angle; even so, the aircraft must have a minimum speed to allow the cables to travel through the "scissors" to be cut.

Devido à posição relativa dos cabos envolvidos no acidente, o sistema de proteção e corte não foi utilizado. O WSPS não seria efetivo devido à dimensão dos cabos envolvidos no acidente.

Due to the accident wires relative position, the cut and protection system was not used. The WSPS would not be effective due to the size of wires involved in the accident.

Referência Reference	Aeronave Airframe	Motor Engine
Fabricante Manufacture	Aerospatiale	Turbomeca
Tipo/Modelo Type/Model	AS350 B2	Arriel 1D1
N.º de Série Serial Nr	2097	9520
Ano de construção Year of construction	1988	1997
Tempo desde Novo T S N	8705:14	6554:34
Tempo desde Revisão T S O	10:56 (last: 8694:10)	10:56 (last: 6543:30)
Data da última Inspeção Last Insp. Date	13/08/2019	13/08/2019

A análise à documentação evidenciou que a aeronave cumpria com os requisitos legais de certificação aplicáveis.

The documentation analysis evidenced that the aircraft complied with the applicable legal certification requirements.

1.6.3. Aeronavegabilidade e Manutenção || Airworthiness and Maintenance

A aeronave foi sujeita à sua última avaliação de aeronavegabilidade com a respetiva emissão do seu ARC em 16/11/2018.

The last aircraft airworthiness review was conducted on 16/11/2018 with the respective ARC issuance.

A última ação de manutenção programada foi realizada a 13 de agosto de 2019 com uma intervenção 50/100 FH referente à aeronave e 100/200 FH ao motor com número de ordem 212-HFT-19. Não foram registadas anomalias significativas na referida intervenção ou reportados problemas de manutenção durante as semanas seguintes.

The last scheduled maintenance event was carried out on August 13, 2019 with the 50/100 FH check for the aircraft and 100/200 FH for the engine with order number 212-HFT-19. There were no significant discrepancies in the referred checks nor maintenance snags reported during the following weeks.

A documentação da aeronave evidenciava uma condição aeronavegável, devidamente mantida pelo operador e de acordo com os requisitos das Parte M e 145 dos regulamentos da EASA.

The documentation evidenced an airworthy condition and duly maintained aircraft by the operator in accordance with the Part M and 145 of the EASA requirements and regulations.

1.6.4. Sistema de armazenamento de combustível || Fuel storage system

A aeronave acidentada estava equipada com o tanque de combustível original de projeto, de fabrico em poliamida por processo de rotomoldagem.

The accident aircraft was equipped with the original design fuel storage system, manufactured using spin-molded polyamide fuel cell.

O tanque tinha uma capacidade de 540 litros, estava localizado na estrutura da fuselagem por baixo do compartimento do sistema de transmissão.

The fuel is contained in a 540 litres tank capacity located in the body structure beneath the transmission deck.

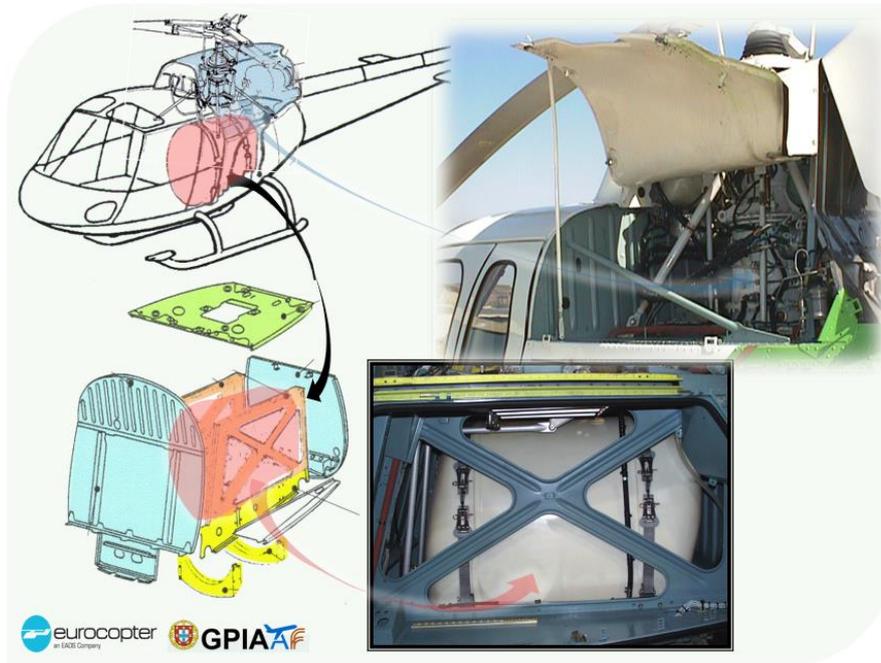


Figura 4 || Figure 4

Arranjo do projeto do sistema de armazenamento de combustível || Fuel storage system design arrangement

1.6.5. Massa e Centragem || Weight and Balance

A massa e centragem da aeronave estavam dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante, tendo em consideração as modificações (SUPs) incorporadas e aprovadas.

The aircraft weight and balance were within the manufacturer prescribed limits, when consider the embodied approved modifications (SUPs).

Em detalhe, abaixo estão evidenciados os cálculos para o voo do acidente:

In detail, the accident flight calculations are shown below:

CÁLCULO DE MASSA E CENTRAGEM EM COMBATE A INCÊNDIOS				
ITEM	WEIGHT	ARM	MOMENT	OBS.
B.E.W.	1225	3,54	4336,5	PESO VAZIO DA AERONAVE
PILOT	95	1,55	147,25	PESO DO OCUPANTE
BAMBI ON CARGO SWING	60	3,47	208,2	PESO DO BAMBI MONTADO
DART BASKET	10	0	0	PESO DO DART BASKET
DRY OPERATIONAL WEIGHT	1390	3,38	4691,95	PESO DA AERONAVE SEM COMBUSTÍVEL
FUEL (400 LTS)	320	3,475	355,45	PESO DO COMBUSTÍVEL
FULL BAMBI (750 LTS)	750	3,47	2602,5	PESO DA ÁGUA NO BAMBI
OPERATIONAL WEIGHT	2460	3,11	7649,9	PESO TOTAL PARA A MISSÃO À DESCOLAGEM

Figura 5 || Figure 5

Folha de massa e centragem da aeronave acidentada || Accident aircraft mass and balance sheet

1.6.6. Combate a incêndios com sistema de balde || Firefighting bucket system

O *Bambi bucket* é um sistema comumente utilizado no combate aéreo aos incêndios

The *Bambi bucket* is common usage on helicopters wild firefighting water dumping

florestais com balde de água suspenso, aplicado à já referida modificação de carga suspensa.

O balde em operação no momento do acidente era o modelo *Bambi bucket* 1821 com capacidade máxima de 820 litros, com uma extensão total de 4,7 metros.

A restrição de enchimento do balde aos autorizados 700 kg (ref.) de água por forma a perfazer o valor máximo de 750 kg autorizados para a carga suspensa, era assegurada através do mecanismo de cinta interna que era ajustada por forma a limitar a quantidade de água no balde.

Para uma ação efetiva de combate ao incêndio utilizando o sistema de balde suspenso, o piloto deve, dentro do possível, seguir um conjunto de práticas e técnicas na aproximação tendo em conta a direção da descarga, velocidades e altitudes.

bucket system, applying the above referred suspension load modification.

The Bambi bucket in operation at the time of the accident was the model 1821 with 820 litres water capacity and an overall length of 4.7 meters.

The bucket water capacity restriction to the authorized 700 kg (ref.), in order to achieve the 750 kg authorized maximum value for the suspended load, was ensured through the internal cinch strap mechanism that was adjusted in order to limit the amount of water in the bucket.

For an effective firefighting action using the suspended bucket system, the pilot should, as far as possible, follow a set of practices and techniques in the approach taking into account the water dump direction, speed and altitude.

1.7. Informação meteorológica || Meteorological information

O céu estava sem nuvens, com visibilidade superior a 10 km, a temperatura do ar estimada no local rondaria os 32°C, o vento de NE com 8 nós com condições locais para turbulência moderada.

The sky was clear, with visibility above 10 km and an estimated local air temperature around 32°C, 8 kt NE wind with local conditions for moderate turbulence.

1.8. Ajudas à navegação || Aids to navigation

Não aplicável.

Not applicable.

1.9. Comunicações || Communications

A área de operação é categorizada como espaço aéreo G, com serviço de informação de voo iniciado com a ativação de plano de voo genérico pelo ARO do Porto, mantendo comunicações bilaterais quando fora do teatro de operações ou a cada 30 minutos para reportar operações normais.

Foi garantida a monitorização radar da aeronave, sempre que a cobertura local o permitiu.

The operation area is categorized as airspace G, with a flight information service initiated with generic flight plan activation to Porto ARO, maintaining bilateral communications when outside firefighting operations or contact every 30 minutes for normal operations reporting.

The aircraft's radar tracking was provided, whenever local coverage allowed so.

1.10. Informação do aeródromo || Aerodrome information

A operação era realizada a partir da base operacional do contratante Afocelca, sendo um local preparado para as operações de aterragem e descolagens, bem como para o enchimento do balde em charca dedicada.

The operation was carried out from Afocelca contractor operational base, being a place prepared for take-off and landing operations, as well as for bucket water filling in a dedicated pond.

As referidas instalações distavam pouco mais de 1,2NM do incêndio e local do acidente, sendo utilizadas como ponto de recolha de água.

These facilities were slightly more than 1.2NM from the fire and the accident site, being used as a water filling spot.



Figura 6 || Figure 6
 Base Afocelca de Valongo e distância ao incêndio || Valongo Afocelca base and fire distance

1.11. Gravadores de voo || Flight recorders

A aeronave não estava equipada com gravadores de voo (FDR) ou de voz (CVR), nem tais equipamentos são um requisito da atual regulamentação.

The aircraft was not equipped with a flight data recorder (FDR) or a cockpit voice recorder (CVR), neither equipment was required by current regulation.

1.12. Destroços e informação sobre os impactos || Wreckage and impact information

A disposição e estado dos diversos componentes da aeronave permitiu determinar a sequência de eventos:

- Cabos de suspensão do balde fundidos pela descarga elétrica, permitindo a queda vertical do mesmo;
- Rotor de cauda e TGB separados do cone de cauda por desbalanceamento das pás, sendo que uma das pás sofreu desintegração também por descarga elétrica;
- Separação do estabilizador vertical do cone de cauda;
- Separação do sistema de carga suspensa (*cargo sling*) da fuselagem;
- Queda de pequenos objetos soltos da aeronave;
- Contacto da aeronave com o solo sobre o seu lado esquerdo com deformações do habitáculo, sem comprometer o espaço de sobrevivência do piloto.

The several aircraft wreckage components layout and condition allowed to determine the events sequence:

- Melted bucket suspension wires as result of the electric discharge, permitting the bucket vertical fall;
- Tail rotor and TGB separated from the tail cone by blades unbalancing, with one of the blades suffering disintegration due to electrical discharge;
- Vertical stabilizer separation from the tail cone;
- Cargo suspension system (cargo sling) separation from the fuselage;
- Small loose objects falling from the aircraft;
- Aircraft contact with the ground on its left side with passenger compartment deformations, without compromising the pilot's survival space.

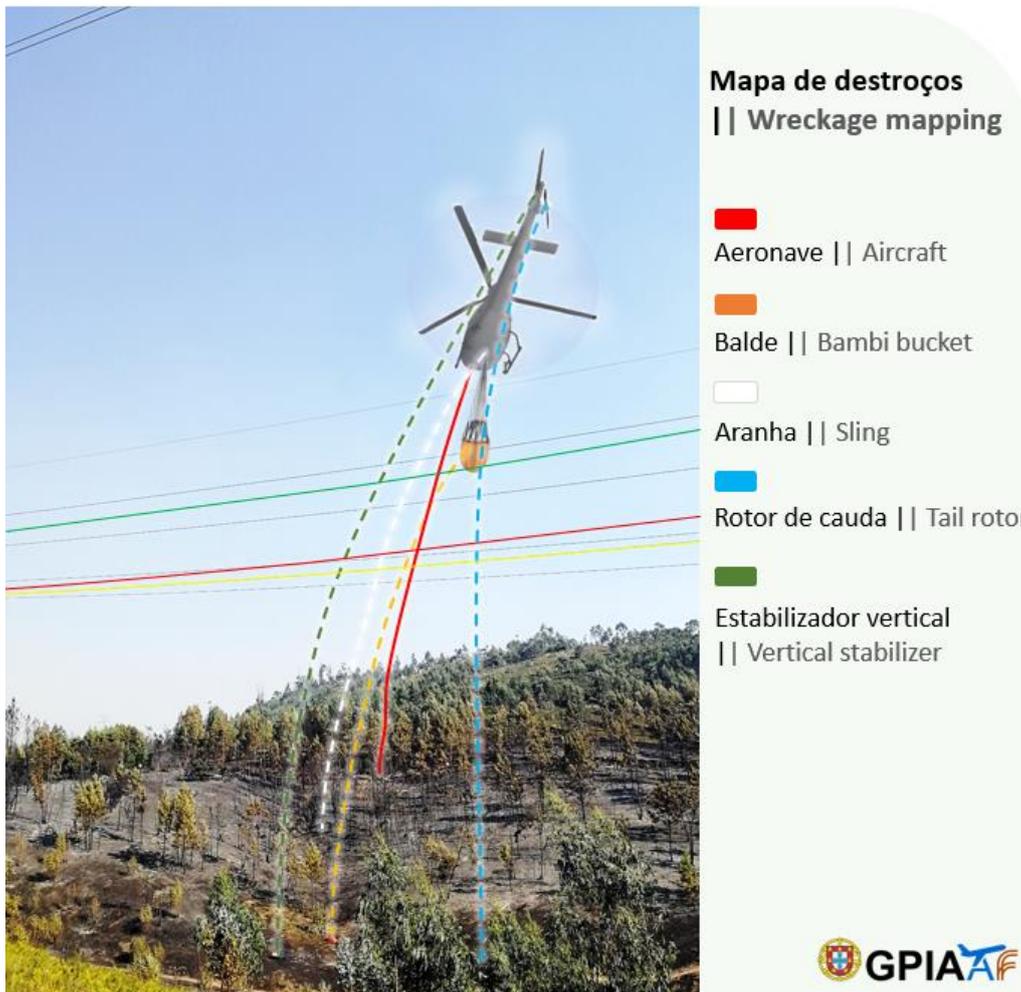


Figura 7 || Figure 7
Mapa de destroços || Wreckage mapping

Pela análise da área envolvente aos destroços, foi possível constatar uma dissipação significativa de energia durante a dinâmica de desaceleração da aeronave na vegetação e no solo.

No movimento de rotação da aeronave em contacto com as árvores ocorreu a separação do cone de cauda e sistema de transmissão traseiro motivado pelo momento inercial de rotação da aeronave sobre o seu eixo vertical.

As evidências disponíveis mostram que o motor da aeronave encontrava-se em funcionamento no momento da colisão com o solo, permanecendo em operação por cerca de 20 segundos, não incluindo os 5 segundos em desaceleração (*spin-down*) até parar por completo.

Vários componentes do kit de comandos de voo duplo (comandos para segundo piloto) amovíveis foram encontrados queimados a cerca de oito metros dos destroços principais da aeronave, em solo não consumido pelo fogo. O referido kit era habitualmente transportado na bagageira esquerda da aeronave.

O facto indicia a ocorrência de explosão e fragmentação de componentes após o início da deflagração do incêndio na aeronave.

A explosão configura-se como uma rotura instantânea do tanque de combustível da aeronave, com efeitos mais pronunciados sobre o seu lado direito.

By the wreckage surrounding area analysis, it was possible to perceive a significant energy dissipation during the aircraft's deceleration dynamics in the vegetation and on the ground.

In the aircraft rotation movement when in contact with the trees, separation of the tail cone and rear transmission system occurred due to the aircraft inertial rotation moment over its vertical axis.

The available evidences show that the aircraft's engine was running at the time of ground collision and operating for additional 20 seconds until it stopped completely (not including 5 seconds spin-down time).

Several components of the removable dual flight controls kit (co-pilot controls) were found burned about eight meters from the aircraft's main wreckage and on ground not burned. This kit was usually carried on the left aircraft luggage compartment.

This fact suggests a high-energy release (explosion) and fragmentation of aircraft components after the aircraft fire outbreak.

The explosion is configured as an instantaneous rupture of the aircraft's fuel tank, with pronounced effects on its right side.

1.13. Informação médica e patológica || Medical and pathological information

O relatório anátomo-patológico revelou a causa de morte do piloto como tendo sido devida às lesões de queimadura em resultado de ação de agente térmico.

O exame toxicológico realizado não revelou sinais de substâncias psicoativas.

The anatomopathological report revealed that the pilot's cause of death was due to burn injuries as a result of the action of a thermal agent.

The toxicology examination exhibited no sign of psychoactive substances.

1.14. Fogo || Fire

Não foi encontrada nenhuma evidência de fogo no pré-evento da colisão com a linha de alta tensão. O intenso fogo que destruiu a aeronave iniciou-se após o embate com o solo.

It was not found any evidence of fire prior to the power lines contact. The intense fire that destroyed the aircraft started after the ground collision.

1.15. Aspetos de sobrevivência || Survival aspects

Foram usados dados de um vídeo capturado por uma câmara da equipa que combatia o incêndio no terreno, por forma a estimar a trajetória, velocidade e dinâmica do helicóptero após a colisão com os cabos. Foi estimado que o helicóptero terá colidido com o solo com pequenos ângulos de arfagem e pranchamento, com uma velocidade de colisão combinada (horizontal e vertical) máxima de 42 ft/s.

Nota: Este cenário estimado não prevê todos os fatores de dissipação de energia, tendo sido considerada a combinação mais penalizadora.

Foi ainda estimado que a razão média de rotação do helicóptero durante os primeiros dois segundos de voo, após a colisão com os cabos, foi de 180 graus por segundo, atingindo o valor máximo um pouco acima dos 360 graus por segundo no final do sexto segundo desde o contacto com os cabos até ao momento de colisão com o solo.

O piloto não usava um capacete de proteção no momento do acidente, conforme as boas práticas e recomendações em resultado de acidentes passados (ex. recomendação GPIAA nº 11/2008).

O corpo do piloto foi encontrado a 5 metros à direita do assento do cockpit, sobre o cone de cauda e estabilizador horizontal, situação que não pode ter resultado da queda nem da explosão, evidenciando assim movimentação autónoma do mesmo após a queda.

Os registos de acidentes indicam uma elevada percentagem de mortes em acidentes quando está envolvido fogo no pós-acidente. O padrão muda drasticamente quando se consideram apenas aeronaves que incorporam sistemas de combustível resistentes a colisões, reduzindo significativamente as taxas de mortalidade e de ferimentos.

A video captured by a camera carried by the fire crew was used to determine the helicopter's trajectory, speed and crash dynamics. It was estimated that the helicopter impacted the ground with small pitch and roll angles at a maximum combined speed (horizontal and vertical) of 42ft/s.

Note: This estimated scenario does not foresee all energy dissipation factors, being considered the worst-case scenario.

It was further estimated that the average yaw rate of the helicopter during the first two seconds of flight, after the wire strike, was 180 degrees per second, reaching the maximum value slightly above 360 degrees per second toward the end of the 6th second flight time from the wire strike until it crashed.

The pilot did not wear a protective helmet at the time of the accident, as best practices and recommendations as a result of past accidents (ex. GPIAA Safety Recommendation 11/2008).

The pilot's body was found 5 meters to the right of the cockpit seat, over the tail cone and horizontal stabilizer, a condition that could not have resulted from the crash or explosion, thus evidencing its own movement after the fall.

Studies of accident records have indicated that a high percentage of fatalities occur in accidents involving post-crash fire. The pattern changed dramatically for aircraft containing crashworthy fuel systems, where the fire death and injury rates are significantly reduced.

1.16. Ensaios e Pesquisas || Tests and Research

A pesquisa do evento centrou-se no:

- estudo de um vídeo (3 segundos de vídeo e 30 segundos de áudio) disponibilizado pela equipa de solo em combate ao incêndio;

The event's research was focused on:

- a video study (3 seconds of video and 30 seconds of audio) made available by the ground firefighting team;

- estudo das evidências dos destroços e cabos elétricos;
- estudo e análise das condições e aspetos de sobrevivência.

- electrical wires debris evidence study;
- survival aspects conditions analysis and study.

1.17. Informação sobre organização e gestão | | Organizational and management information

1.17.1. AFOCELCA | | AFOCELCA

A Afocelca é um agrupamento complementar de empresas do grupo The Navigator Company e do grupo ALTRI que, com uma estrutura profissional, tem por missão apoiar o combate aos incêndios florestais nas propriedades das empresas agrupadas, em estreita coordenação e colaboração com a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil – ANEPC.

Afocelca is a complementary grouping of companies in the The Navigator Company group and the ALTRI group, whose mission is to support the forest fires fighting over the grouped companies' properties, in close coordination and collaboration with the National Emergency Authority and Civil Protection – ANEPC.

Tem como objetivos a redução de custos de proteção e minimizar os prejuízos que os incêndios florestais representam para as empresas do grupo, detentoras de mais de 215 mil hectares de floresta em Portugal.

Its objectives are to reduce protection costs and minimize the losses that forest fires represent for the group's companies, which own more than 215 thousand hectares of forest in Portugal.

Compete à Afocelca, como entidade locatária dos meios, a determinação das missões a cumprir pelos seus helicópteros, aplicados prioritariamente no combate a incêndios nas áreas de interesse das empresas associadas, e bem assim, nas áreas limítrofes quando assoladas por incêndios que poderão, previsivelmente, colocar em risco os seus interesses. Em situações de emergência, poderá a ANEPC requisitar através do CNOS e obter o apoio dos helicópteros da Afocelca, desde que estes estejam disponíveis, mediante o pagamento a esta entidade dos tempos de voo efetuados, num valor correspondente à hora extra, estabelecida no contrato entre a Afocelca e o operador aéreo.

It is Afocelca responsibility, as assets lessee, to determine the missions to be carried out by its helicopters, applying primarily in fires in the interest areas of the associated companies, as well as in the neighbouring areas when plagued by fires that may, predictably, put its interests at risk.

In emergency situations, ANEPC may request through CNOS and obtain Afocelca helicopters' support, as long as they are available, upon the performed flight hours payment, in an amount corresponding to the overtime, established in the contract between Afocelca and the air operator.

A Afocelca dispunha em 2019 dos seguintes meios:

In 2019, Afocelca had the following resources:

- Uma central de operações (COA) - Comando único com ligação à rede nacional de alerta;
- Três helicópteros ligeiros, denominados “Celcas”, para combate com água;
- Três equipas de combate helitransportadas (ECH);

- An operation centre (COA) - Single command with connection to the national alert network;
- Three light helicopters, called “Celcas”, for water firefighting;
- Three heli transported combat teams (ECH);
- Twenty-nine ground combat teams (ECT);

- Vinte e nove equipas de combate terrestre (ECT);
- Dezassete unidades de prevenção e vigilância (UPV);
- Sete equipas de máquinas de rasto (EMR);
- Dezoito oficiais de ligação nos distintos CDOS.

O agrupamento definiu geograficamente a sua operação no território nacional por forma a garantir um tempo de resposta adequado aos interesses do grupo.

- Seventeen prevention and surveillance units (UPV);
- Seven teams with bulldozers' machines (EMR);
- Eighteen liaison officers at the different CDOS.

The group geographically defined its operation in the national territory in order to guarantee a response time appropriate to the group's interests.

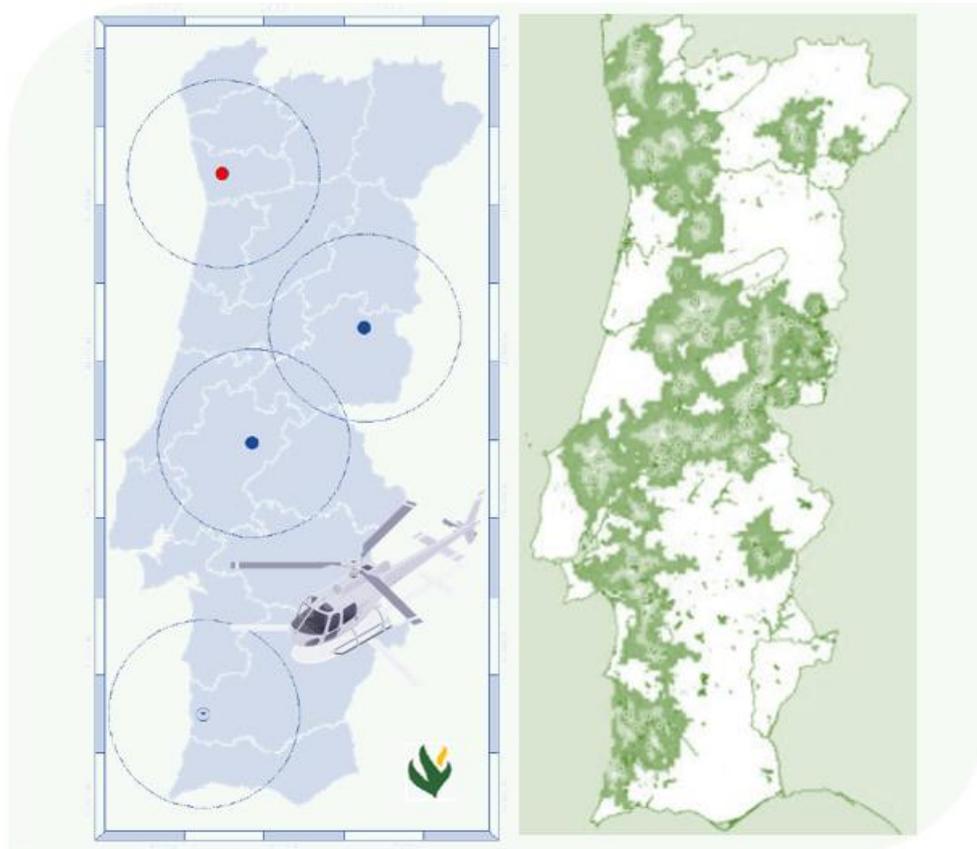


Figura 8 || Figure 8
 Cobertura aérea e terrestre Afocelca || Afocelca aerial and terrestrial area coverage

1.17.2. O operador aéreo, Helibravo || The air operator, Helibravo

A Helibravo Aviação integra o Grupo Sodarca que é gerido por uma família com tradições na área da aviação desde meados do século XX e enquanto agente dos fabricantes Boeing, Dornier e Bell. Em 1992 iniciou a representação para Portugal da Robinson Helicopter Company com o modelo Robinson R44, dando maior visibilidade ao negócio de asa rotativa. Sediada no Aeródromo Municipal de Cascais, dispõe de uma frota de 14 helicópteros e um avião executivo.

Helibravo Aviação is part of the Sodarca Group, which is run by a family with aviation traditions since the mid-20th century as an agent for Boeing, Dornier and Bell manufacturers. In 1992, it started to represent the Robinson Helicopter Company Portugal with the Robinson R44 model, giving greater visibility to the rotary wing business. Headquartered at the Cascais Municipal Aerodrome, it has a fleet of 14 helicopters and an executive aircraft.

A Helibravo, à data do evento, para além do contrato com a Afocelca, fornecia também aeronaves e tripulações à ANEPC.

Os helicópteros dedicados a missões de combate a incêndios rurais, com contrato revisto e de gestão atual pela FAP, prevê o fornecimento de 12 aeronaves AS350 B3, 4 aeronaves AS350 B2 e 12 aeronaves Bell 212/412.

Os contratos são válidos até 2022 inclusive, para os períodos compreendidos entre maio e outubro.

O contrato atual entre a Helibravo e a Afocelca tem a duração de 3 anos, tendo iniciado em 2018 e término previsto em 2020, cuja disponibilização para missões ao serviço da ANEPC é coordenada diretamente entre as duas entidades, sem que seja feita qualquer comunicação ao operador aéreo.

O operador tinha definido no seu manual de operações os procedimentos específicos de combate a incêndios, contudo reemitiu e sublinhou as principais preocupações numa nota informativa aos seus operacionais (SIN.04-2019 de Set/2019).

Helibravo, at the date of the event, in addition to the contract with Afocelca, also supplied aircraft and crews to ANEPC.

The helicopters dedicated to rural firefighting missions, with a revised contract and currently managed by Portuguese Air Force - FAP, provide for the supply of 12 AS350 B3 aircraft, 4 AS350 B2 aircraft and 12 Bell 212/412 aircraft.

The contracts are valid until 2022 inclusive, for periods between May and October.

The current 3 years Helibravo - Afocelca contract, initiated in 2018 will end in 2020, whose availability for missions to ANEPC is coordinated directly between the two entities (Afocelca – ANEPC), without any communication being made to the air operator Helibravo.

The operator had defined specific fire-fighting procedures in its operations manual, it reissued however and underlined the main activity concerns in a service information note to its operational staff (SIN.04-2019 of Sep / 2019).

1.18. Informação adicional || Additional information

1.18.1. Distribuição de energia nacional || National energy distribution lines

Segundo um relatório publicado pela EDP Distribuição - Energia, S.A. em 31 de março de 2019, a rede de distribuição (excluindo as linhas de muito alta tensão 400/200kV apresentadas na figura 9 à direita) a 31 de dezembro 2018 totalizava 83089 km de linhas de alta e média tensão, dos quais 15169 km (18%) são referentes a cabos subterrâneos ou submersos.

É, portanto, expectável uma densidade significativa de linhas aéreas em Portugal com os restantes 67920 km compostos por 9008 km em linhas de alta tensão (60/130kV) e 58912 km com linhas de média tensão (6/10/15/30kV).

Não sendo geograficamente uniforme, existem áreas particularmente densas, nomeadamente a zona do vale do Tejo e na zona Norte junto ao grande Porto.

According to a report published by EDP Distribuição - Energia, SA on March 31, 2019, the distribution network (excluding the 400/200kV very high voltage lines of figure 9 right) on December 31, 2018 totalled 83089 km of high and medium voltage lines, of which 15,169 km (18%) refer to underground or submerged cables.

Therefore, it is expected a significant overhead lines density in Portugal, with the remaining 67,920 km composed of 9008 km on high voltage lines (60 / 130kV) and 58912 km with medium voltage lines (6/10/15 / 30kV).

Not being geographically uniform, there are particularly dense areas, namely the area of Lisbon and in the North next to Porto.

As linhas de distribuição de energia na sua forma aérea constituem um risco para as atividades de voo, estando o balizamento de tais obstáculos previstos numa CIA da ANAC, a 10/2003 - Limitações em altura e balizagem de obstáculos artificiais à navegação aérea.

The power distribution lines in their aerial form constitute a risk for flight activities, with the signalling of such obstacles provided in an ANAC CIA, 10/2003 - Limitations in height and artificial obstacles to air navigation signalling.

Para a sinalização aérea das linhas de alta tensão são usadas bolas coloridas de vermelho/laranja ou branco, que são fixas às linhas de alta tensão por forma a torná-las mais visíveis.

Coloured red/orange and white balls are used for aerial signalling of high voltage powerlines, which are attached to the high voltage lines in order to make them more visible.

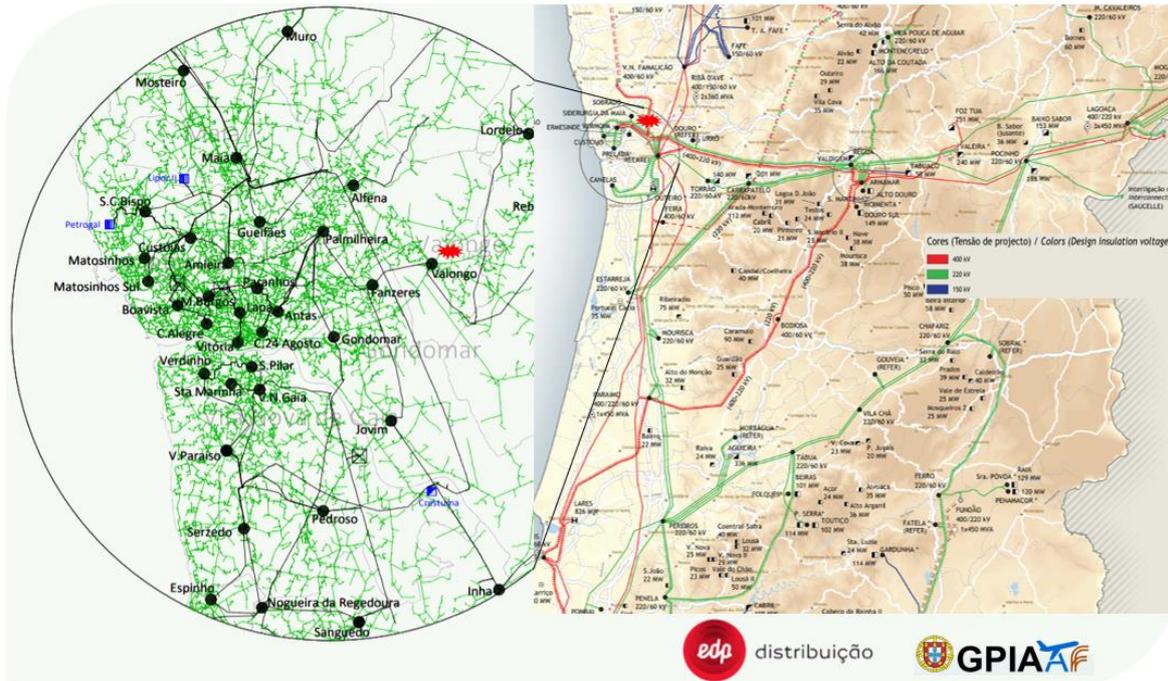


Figura 9 || Figure 9
 Rede distribuição energia – detalhe grande Porto || Energy distribution – Porto area

As linhas de alta tensão que foram atingidas pela aeronave não estavam sinalizadas, e atendendo à atual regulamentação, tal sinalização não é requisito, uma vez que estavam na área de influência de outra linha mais alta sinalizada.

The powerlines that were struck by the aircraft were not marked, nor were they required by current regulation, as they were near to other higher signalized powerlines.

A colisão com este tipo de obstáculos inflige danos catastróficos nas aeronaves devido às características físicas dos cabos condutores de alumínio/aço, neste caso, com diâmetros de 28,62 e 15,8 mm.

The collision with these obstacles inflicts catastrophic damage to aircraft due to the physical characteristics of aluminium/steel conductor cables, in this case, with diameters of 28.62 and 15.8 mm.

1.19. Técnicas de investigação úteis ou eficazes || Useful or effective investigation techniques

Apesar de não existirem imagens disponíveis da colisão com os cabos, bem como dos momentos finais (últimos 3 segundos) antes do impacto no solo, foi possível determinar com exatidão o momento da colisão por reflexão da luz no meio envolvente produzida nos instantes das descargas elétricas, bem como pela análise do espectro sonoro dos impactos e funcionamento dos vários componentes da aeronave (rotor principal e motor).

Relativamente aos cabos elétricos, a equipa da REN fez uma análise detalhada aos registos das anomalias das fases e à condição dos três segmentos das linhas envolvidas no acidente, que permitiu confrontar as hipóteses iniciais e confirmar a dinâmica do acidente.

Although there are no images available for the wire strike, as well as of the final moments (last 3 seconds) before the ground impact, it was possible to accurately determine the collision moment by light reflection in the surrounding environment produced in the electrical discharges moments, as well as the analysis of the impacts sound spectrum and operation of the several aircraft components (main rotor and engine).

Regarding to the powerlines, REN team made a detailed analysis of the records of the phases anomalies (short-circuits) and the condition of the three segments of the accident involved wires, which made it possible to confront the initial hypotheses and confirm the accident dynamics.

2. ANÁLISE || ANALYSIS

2.1. O combate aéreo aos incêndios florestais || Aerial firefighting mission

2.1.1. Planeamento e execução da missão || Mission planning and accomplishment

A circular de informação aeronáutica 10/99 da ANAC sobre as práticas de utilização do balde nas operações de combate aos incêndios florestais, usado como referência nas formações de combate aos incêndios, menciona:

“Velocidade e altura acima do solo afetam diretamente o comprimento e concentração de água na área a “combater”. As largadas devem ser feitas na linha de fogo, na cabeça do fogo se com chamas não muito elevadas ou nos flancos trabalhando para a cabeça do fogo se as chamas aí forem grandes. Largadas com velocidades de translação inferiores a 15 – 20 Kts nunca devem ser feitas em fogos ativos. (...) Em fogos nascentes, as largadas são muito mais eficientes se executadas em suporte aos bombeiros no chão; coordenação com o chefe da brigada é absolutamente essencial.”

The ANAC aeronautical information circular 10/99 on the bucket operation practices in wild firefighting operations, used as a reference in the firefighting training, mentions:

“Speed and height above the ground directly affect the length and concentration of water in the area to be “covered”. The dump must be made over the fire line, in the fire head if not in high flames or in the sides through the fire head when in high flames. For active fires do not use horizontal speeds below 15 - 20 Kts. (...) In new ignition/small fires, water dumps are much more efficient if performed as requested by the ground firefighters; coordination with the ground firefighter leader is absolutely essential.”



Figura 10 || Figure 10

Trajatórias e pontos de descarga (perspetiva do ponto de impacto) || Trajectories and water drop spots (wire strike view)

Como se mostra na figura acima, o ângulo de aproximação para a segunda largada seria visivelmente mais aberto, praticamente perpendicular às linhas elétricas com zona de largada mais próxima das mesmas, relativamente à primeira largada efetuada com sucesso.

Com base nas imagens recolhidas e nas práticas de combate aéreo aos incêndios, foi traçado um cenário provável para os últimos segundos de voo:

No segundo circuito, a aeronave terá realizado uma aproximação a baixa velocidade para permitir a largada sobre a frente de chama localizada próxima das linhas de energia. O piloto, sentado à direita, terá obtido as referências visuais das linhas através da posição dos suportes das mesmas, conforme as práticas recomendam.

Ao ultrapassar a primeira linha de obstáculos e enquanto comunica via rádio com a equipa de terra a eminente descarga de água, o piloto ajusta a trajetória da aeronave tendo em conta a observação do suporte/poste de esteira vertical (tipo CW) à sua direita. Define a atitude da aeronave por forma a ganhar alguma velocidade de translação e prepara-se para a descarga.

As shown in the figure above, the approach angle for the second water dump would be noticeably more open, nearly perpendicular to the power lines with the water dump zone closest to them, if compared to the first successful dump.

Based on the collected images and considering the aerial firefighting practices, a probable scenario was drawn for the last few seconds of flight:

In the second circuit, the aircraft, probably performed a low speed approach to allow the water dump over the flame front located near the power lines. The pilot, seated on the right, obtained the visual cues/references of the power lines through the position of their supports, as the practices recommend.

When overcoming the first obstacles line and while radio communicating with the ground team informing eminent water dump, the pilot adjusted the aircraft's trajectory taking into account the observed vertical disposition support/pole (type CW) on his right. Fine-tuned the aircraft attitude in order to increase horizontal speed and preparing for the dump.

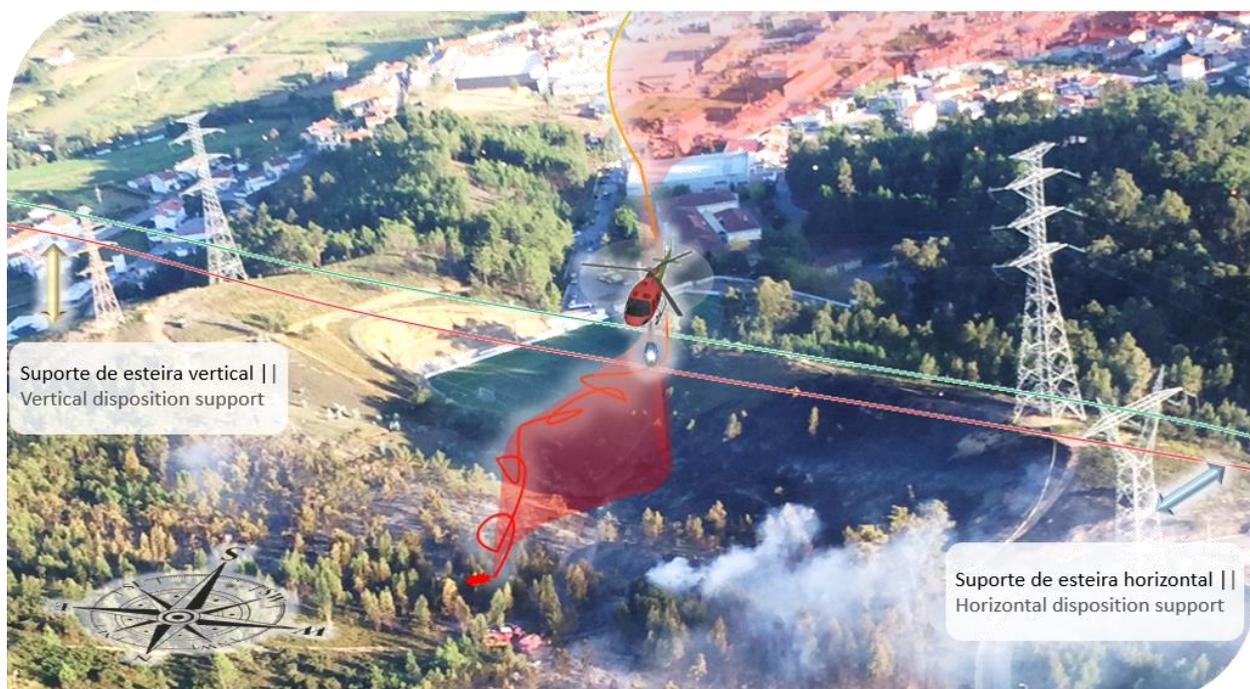


Figura 11 || Figure 11

Detalhe da envolvente do acidente e esteiras dos apoios || Accident boundaries and electrical posts configuration

O espaço disponível para a entrada e largada apresenta-se significativamente reduzido em cerca de 8 metros na horizontal à sua esquerda, pela geometria do suporte (tipo Q) de configuração horizontal, em relação à configuração de esteira vertical à sua direita e mais próxima do seu campo de visão.

Não sendo situação única ou pouco frequente, a envolvente do incêndio apresentava-se com múltiplos constrangimentos orográficos, obstáculos artificiais, posição e progressão da frente de fogo, constituindo uma operação de risco elevado.

2.1.2. Avaliação do risco || Risk assessment

Ao cenário físico e às condicionantes já mencionadas, não se pode excluir que para o acidente em análise tenha contribuído um outro fator adicional, nomeadamente que o piloto sentisse um ou vários dos tipos de pressão caracterizados na circular 240-AN/144 da ICAO: pressão mental decorrente da operação, pressão motivacional e pressão dos pares.

A equipa de análise de segurança de helicópteros (JHSAT)² estabeleceu que o fator contribuinte mais vezes mencionado nos relatórios de acidentes para as categorias identificadas é "julgamento e ações do piloto".

Seja na forma de pressão interna ou externa, a pressão é um fator psicossocial de performance humana, caracterizado como "intangível" que relaciona as pressões exercidas sobre um indivíduo pelo sistema social, onde se incluem relacionamentos com outras pessoas (família, amigos e colegas).

Será sempre difícil traçar uma relação direta causa – efeito, mensurar ou avaliar quantitativamente o contributo de um fator humano ou comportamental num evento, em particular nas ações de um profissional habituado a lidar com situações de pressão elevadas.

A demonstrada experiência em tarefas de defesa da vida e auxílio médico enquanto bombeiro voluntário e enquanto piloto de busca e

The space available for entry and water dump was significantly reduced by about 8 meters horizontally on his left, due to the line support geometry (type Q) using horizontal configuration, if compared to the vertical disposition configuration on the right and closest to his field of view.

Not being a unique or uncommon situation, the fire surrounding presented multiple constraints as orographic, artificial obstacles, position and progression of the front fire, constituting a highly risk operation.

To the physical scenario and the aforementioned conditions, it cannot be excluded that another additional factor contributed to the accident under analysis, namely that the pilot felt one or more pressure types, characterized in ICAO circular 240-AN/144: mental pressure resulting from the operation, motivational pressure and peer pressure.

Joint Helicopter Safety Analysis Team (JHSAT)², has established that the most commonly cited contributory factor in accident reports for the identified categories is "pilot judgement and actions".

Whether internal or external format, pressure is a psychosocial factor of human performance, characterized as "intangible" that relates the pressures exerted on an individual by the social system, where relationships with other people are included (family, friends and colleagues).

It will always be difficult to draw a direct cause-and-effect relationship, to measure or evaluate quantitatively the contribution of a human or behavioural factor in an event, particularly in the actions of a professional used to dealing with high pressure situations.

The demonstrated experience in life preserving tasks and medical assistance as volunteer firefighter and as pilot on aerial search and rescue

² From the International Helicopter Safety Team (IHST), an international industry-wide effort to improve helicopter safety.

salvamento aéreo em ambiente militar poderia, à partida, levar a excluir o referido fator pressão.

A referida circular ICAO refere vários estudos na área de fatores humanos e sugere uma abordagem determinística sobre a envolvimento dos fatores humanos num acidente.

O documento refere que respondendo afirmativamente à questão abaixo enunciada, entre outras, então, é provável que o fator em análise tenha de alguma forma influenciado a sequência de eventos:

Os fatores psicossociais motivaram ou influenciaram a abordagem do indivíduo a uma situação ou à capacidade de lidar com stress ou eventos imprevistos?

Estando o piloto a combater um incêndio por via aérea quando no terreno estava uma corporação de bombeiros voluntários em relação à qual, para além da partilha do espírito de missão e de uma relação de companheirismo, havia também uma ligação hierárquica onde o piloto era o comandante dessa corporação, não se pode excluir que pudesse haver, em determinado grau, uma propensão para desvalorizar ou relativizar os riscos, em busca do melhor sucesso no rápido domínio do incêndio.

No entanto, a atitude mental com foco nas condições do voo é determinante nas necessárias e constantes avaliações do risco requeridas a um piloto com as inúmeras ameaças apresentadas no cenário vivenciado, especialmente em situações de voo em que não existem regras concretas e rigorosas de atuação, como é o caso destas operações junto a linhas aéreas.

in a military environment, would lead to exclude the pressure factor.

The mentioned ICAO circular refers several studies in human factors and suggests a deterministic approach to the involvement of human factors in an accident.

The document states that answering affirmatively to the question below, and among others, then, it is likely that the factor under analysis has somehow influenced the sequence of events:

Did psychosocial factors motivate or influence the individual's approach to a situation or the ability to deal with stress or unforeseen events?

Being the pilot on a firefighting operation, when on the ground, was a firefighters' volunteer corporation to which, in addition to mission goals and companionship, there was also a hierarchical connection where the pilot was the corporation commander, it cannot be excluded that there could be, in a certain degree, a tendency to diminish or relativize the risks, aiming the fastest and successful fire control.

The mental attitude with focus on flight conditions is decisive in the necessary and constant risk assessments required to a pilot with the numerous threats presented in the experienced scenario, especially in situations where there are no specific and strict rules of action, as these operations near power lines.

2.1.3. Linhas aéreas de transporte de energia || Aerial power transmission lines

As entidades nacionais responsáveis por elaborar e aprovar políticas e estratégias para a rede nacional de distribuição publicam anualmente os planos de desenvolvimento e investimento da rede de distribuição/transporte (PDIRD/T). A diminuição de linhas aéreas de distribuição em zonas rurais continua a não constituir um objetivo dessas políticas energéticas, sendo essencial a mitigação dos riscos na operação de combate aos incêndios por meio aéreo tendo como premissa a não alteração desta realidade.

The national entities responsible for preparing and approving the policies and strategies for the national electricity distribution network, annually publish the distribution network development and investment plans (PDIRD/T). The aerial distribution lines decrease in rural areas continues not to be an objective of these energy policies; therefore assuming that this reality will not change soon, it is essential to mitigate the risks in the aerial firefight operation.

Vários estudos internacionais³ realizados ao longo dos anos sobre a temática dos acidentes aéreos por colisão com cabos elétricos, incluindo as operações de combate aos incêndios, caracterizam os acidentes que envolvem cabos elétricos ou torres com probabilidade de fatalidade nos 60%. Em Portugal, as estatísticas evidenciam que os acidentes aéreos com helicópteros de combate a incêndios envolvidos em colisão com cabos de média e alta tensão, têm uma taxa de fatalidade de 100%⁴.

Nos mesmos estudos são apontadas as principais dificuldades para a sequência de deteção, reconhecimento e as necessárias ações evasivas pelos pilotos. É referido que em 40% dos acidentes os pilotos estavam conhecedores da presença dos obstáculos.

É também certo que a experiência das tripulações não é garantia de sucesso na deteção dos obstáculos. A forma mais eficaz é evitar o voo a baixa altitude numa determinada zona delimitada por estes obstáculos.

Ainda na realidade nacional, ao associarmos a orografia irregular e tipo de vegetação que dificulta o contraste e visualização dos cabos com a conhecida densidade de linhas de distribuição de energia, obtém-se um quadro claro das zonas de risco e comprovado pelas estatísticas dos acidentes fatais.

Ao longo dos anos, a indústria desenvolveu tecnologia, métodos e barreiras para mitigar este tipo de acidentes, por forma a que o piloto não seja a única defesa para evitar as colisões com cabos.

Em termos de tecnologia, são várias as abordagens e dispositivos disponíveis, como o mapeamento e alerta eletrónico de obstáculos (TAWS), a deteção e alerta de fluxo magnético emitido pelos cabos, sistemas de deteção por laser ou Doppler, etc.

Nenhum destes sistemas funcionará se a missão obrigar o piloto a voar propositadamente para junto dos cabos para efetuar uma largada de água sobre um incêndio. Desta forma, o treino das tripulações no reconhecimento das situações

Several international studies³ carried out over the years on the wire strikes accidents subject, including firefighting operations, evidenced that accidents involving electrical cables or towers have a 60% probability of being fatal.

In Portugal, statistics show that helicopters firefighting accidents involved in collisions with medium and high voltage wires have a fatality rate of 100%⁴.

In the same studies, it is pointed out the main difficulties for the event sequence starting with the detection, recognition and the necessary evasive actions by the pilots. It is said that in 40% of accidents pilots were aware of the obstacles presence.

It is also certain that the crew experience is no guarantee of success in the obstacle detection. The most effective method is to avoid flying at a low altitude in a certain bounded area around these obstacles.

Over the national scenario, when associating the irregular orography, the vegetation type that makes even difficult to differentiate and spot cables with the well-known density of power distribution lines, a clear picture of the risk zones is obtained and confirmed by the fatal accidents' statistics.

Over the years, the industry has developed technology, methods and barriers to mitigate these types of accidents, so that the pilot is not the only defence to avoid collisions or wire strikes.

The technology provides several approaches and devices available, such as electronic obstacle mapping and alert (TAWS), detection and alert of magnetic flux emitted by cables, laser or Doppler detection systems, etc.

None of these systems will work if the mission forces the pilot to intentionally fly to or close to the cables to perform a water dump over a fire. In this way, training the crew in recognizing potential risk situations and how to avoid

³ Ex. ATSB: Wire-strike accidents in general aviation: Data analysis 1994 to 2004

⁴ Acidentes envolvendo colisão com cabos em combate aos incêndios www.gpiaaf.gov.pt || Helicopter firefighting wirestrike accident reports on GPIAAF website

de risco potencial e como evitar a exposição a esse risco é uma ferramenta essencial ao dispor dos operadores.

Em complemento a este treino essencial, atendendo à dura realidade nas consequências dos eventos nacionais com a envolvente conhecida, será tempo de alterar as regras de operação eliminando, tanto quanto possível, as condições inseguras e potenciadoras do risco. Nos últimos 10 anos, ocorreram 15 eventos em Portugal envolvendo colisão com cabos, dos quais resultaram 3 mortos e 4 feridos graves.

Os acidentes de colisão com cabos são considerados evitáveis.

exposure to that risk is an essential tool available to operators.

In addition to this essential training, taking into account the harsh reality over the consequences of national events with the known environment, it is time to change the operation rules, eliminating as much as possible, the unsafe and risk-enhancing conditions. In the last 10 years, there have been 15 events in Portugal involving wire strikes, resulting in 3 deaths and 4 serious injuries.

Wire strikes accidents are considered preventable.

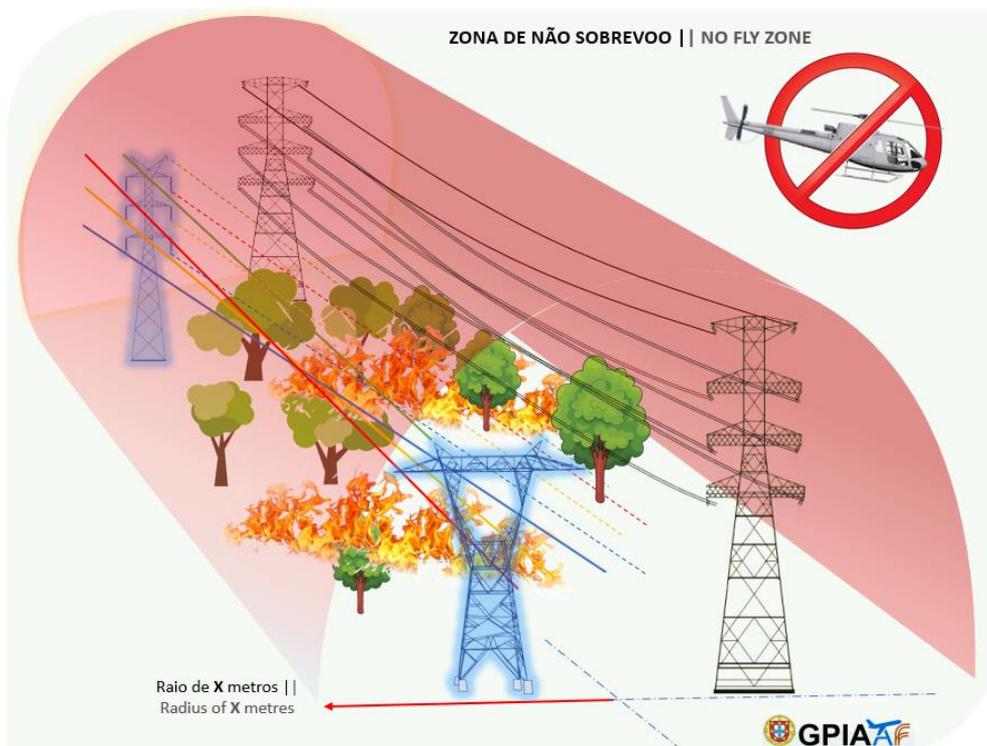


Figura 12 || Figure 12
Limitação da zona de operação || Operational zone limitation

Como principal condição insegura, que quando eliminada, previne a ocorrência do acidente, é indubitavelmente a realização de voos junto às linhas, situação que deverá ser reavaliada desde logo na definição das missões e contratualmente firmada a sua interdição.

Sendo a operação de combate a incêndios uma operação especial autorizada fora dos normais padrões internacionais de segurança que regulam a navegação aérea, a reavaliação contratual das missões e os seus objetivos primários devem ter sempre presente se o que se

As the main unsafe condition, which when eliminated, prevents the accident from occurring, it is undoubtedly the performance of flights along the lines, a situation that should be reassessed from the outset on the mission's definition and contractually firming its interdiction.

Since the firefighting operation is a special operation authorized outside the normal international safety standards that regulate air navigation, the contractual reassessment of missions and their primary objectives must always bear in mind if what is being attempted to

está a tentar defender na operação de combate ao incêndio junto às linhas de transporte de energia justifica o risco associado a essa operação.

Neste processo seria claramente de grande benefício para a segurança o estabelecimento de uma superfície virtual limite em torno dos cabos aéreos (figura 12), dentro da qual as operações aéreas estejam contratualmente impedidas, retirando a possibilidade de decisão ao piloto e consequente pressão para a execução de manobras com elevado risco.

protect in the firefighting operation, along the power transmission lines, justifies the risk associated with that operation.

In this process, it would clearly be of great benefit for safety, to establish a virtual limit area (boundaries - figure 12) around the aerial wires, within the air operations and contractually prevented, removing the possibility of pilot decision and consequent pressure for the execution of such high risk manoeuvres.

2.1.4. A gestão dos meios aéreos de combate aos incêndios || Aerial firefighting assets management

A Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, ANEPC, foi nos últimos anos e até 2019 a entidade gestora dos meios de combate aos incêndios em Portugal. A contratação e gestão destes meios foi já amplamente debatida noutros relatórios de investigação de acidentes e incidentes publicados pelo GPIAAF.

Por redefinição estratégica, a contratação e gestão dos meios aéreos de combate aos incêndios florestais em Portugal passou, a partir de 2020, a ser realizada pela Força Aérea Portuguesa - FAP.

Conforme acima referido, a aeronave envolvida no evento estava ao serviço do contratante privado, Afocelca, podendo, no entanto, ser disponibilizada para o dispositivo nacional.

Um protocolo de colaboração entre as entidades que remonta a junho de 2007, tem como objetivo definir a forma de colaboração entre a ANEPC, à data ANPC e a Afocelca, no âmbito da troca de informação das ocorrências de incêndios florestais e das condições básicas para a utilização dos helicópteros da Afocelca aquando da solicitação por parte da ANEPC.

Este tipo de acidente decorre do tipo de atividade e não é específico ao contratante, sendo as constatações da investigação relevantes para todas as entidades que conduzem este tipo de operações, nomeadamente a ANEPC/FAP ou privados.

The National Authority for Emergency and Civil Protection, ANEPC, was over the recent years and until 2019 the entity that managed the firefighting assets in Portugal. The hiring and management of these equipments has already been widely debated in other accident and incident investigation reports published by GPIAAF.

By strategic redefinition, the contracting and management of aerial assets for the wild firefighting in Portugal started, from 2020, to be carried out by the Portuguese Air Force - FAP.

As mentioned above, the aircraft involved in the event was at the service of the private contractor, Afocelca, but it could, however, be made available to the national system.

A collaboration protocol between the entities that dates back to June 2007, aims to define the collaboration terms between ANEPC, at the time ANPC and Afocelca, aiming the information exchange on the wild fires occurrences and the basic conditions for the use of Afocelca helicopters when requested by the ANEPC.

This type of accident arises from the activity risks and is not specific to the contractor, being the investigation findings relevant for all entities that conduct this type of operations, namely ANEPC/FAP or private.

Atendendo a esta nova gestão contratual pela FAP, será o momento para fazer os necessários ajustes operacionais com base em experiências de eventos de segurança passados e aproveitando a oportunidade para fazer diferente.

Given this new contractual management by FAP, it is time to make the necessary operational adjustments based on past experiences from safety events, taking this opportunity to do it differently.

2.2. AS350 B2 e as consequências de uma colisão || AS350 B2 crashworthiness

Segundo dados estatísticos com amostra a nível mundial, os acidentes com aeronaves de asa rotativa mantem-se praticamente constantes ao longo dos últimos 10 anos.

According to statistical data with a worldwide sample, accidents involving rotorcraft show that the rate of accident has been almost constant for the last 10 years

Na Europa, onde a idade média atual das aeronaves de asa rotativa a turbina é de 21 anos, estão registadas 670 aeronaves do modelo AS350, cujo projeto e certificação inicial remonta aos anos 70.

In Europe, where the current average age for turbine rotorcraft is 21 years, 670 AS350 aircraft model are registered and whose design and initial type certification goes back to the 1970s.

Conforme ilustrado na figura 4, o sistema de armazenamento de combustível do AS350 está localizado diretamente por baixo do sistema de transmissão e rotor principal, ambos com uma massa apreciável. O tanque de combustível não possui um sistema de contenção (tipo bexiga), por forma a minimizar o risco de possíveis vazamentos ao ser danificado por deformação da estrutura primária de suporte da caixa de transmissão e rotor principal.

As illustrated in figure 4, the AS350 fuel storage system is located directly under the transmission system (MGB) and main rotor, both with appreciable mass.

The fuel tank, does not have a containment system (bladder type), in order to minimize the risk of fuel leakages when damaged by the main structure deformation stressed by the transmission box and main rotor.

A EASA publicou em dezembro de 2018 um roteiro de segurança para aeronaves de asa rotativa, tendo em consideração as estatísticas de acidentes dos últimos anos, reconhecendo que as atuais regras de projeto (Parte 21) não abrangem a introdução de novas tecnologias em projetos mais antigos.

In December 2018 EASA published a Rotorcraft safety roadmap, considering the recent years accident statistics, it is recognised that the current Part-21 changed product rule does not cover the introduction of new technologies into older designs.

Pelos dados recolhidos no acidente e analisados à luz dos métodos preconizados nos estudos DOT/FAA/CT-85/11, *Analysis of Rotorcraft Crash Dynamics for Development of Improved Crashworthiness Design Criteria*, junho 1985, e DOT/FAA/CT-91/7 *Rotorcraft Crashworthy Airframe and Fuel System Technology Development Program*, outubro 1994, foram estimados dois cenários:

For the accident gathered data and analysed in the light of the methods followed in the studies DOT/FAA/CT-85/11, *Analysis of Rotorcraft Crash Dynamics for Development of Improved Crashworthiness Design Criteria*, June 1985 and DOT/FAA/CT-91/7 *Rotorcraft Crashworthy Airframe and Fuel System Technology Development Program*, October 1994, two scenarios were estimated:

Para estimar o pior cenário A, não foram considerados:

For the worst-case scenario estimate, scenario A, the following factors were not considered:

- a redução de variação de velocidade de translação pelo embate nos cabos;
- o movimento de rotação (*yaw*);
- a redução da velocidade vertical pelo rotor principal;
- dissipação de energia por contacto com a vegetação;
- dissipação de energia pelos patins;
- dissipação de energia por deformação da estrutura primária da aeronave.

Para estimar o cenário B, mais realista, embora com limitações na obtenção de dados concretos e assumidos alguns valores típicos de estudos com ensaios destrutivos, foram considerados:

- variação de velocidade de translação pelo embate nos cabos (condições iniciais);
- a redução de 4% energia por arrasto no movimento de rotação (*yaw*);
- a redução de 15% de energia dissipada no amortecimento do rotor pelo uso do coletivo;
- dissipação de 9% de energia pelos patins;
- dissipação de 2% energia por contacto com a vegetação e deformação da estrutura primária e rotura da secção da cauda.

Os resultados de ambos os cenários foram comparados com dados de outros acidentes com uma análise da dinâmica de colisão de aeronaves de asa rotativa e traçados no gráfico do estudo da FAA abaixo e publicado no DOT/FAA/CT-85/11.

O cenário A no gráfico representa uma razão de descida de 4,11m/s=13,5ft/s, ângulo de impacto de 20° e 12,3m/s=40,3ft/s para a velocidade de translação.

Já no cenário B foi considerada uma velocidade inicial de translação de apenas 10 Kt, e uma redução de até 30% na energia dissipada.

- longitudinal velocity reduction due to the wire strike;
- the rotation movement (*yaw*);
- sink ratio reduction by the main rotor;
- energy dissipation by vegetation contact;
- energy dissipation by the skid;
- energy dissipation due to aircraft's primary structure deformation.

In order to estimate a realistic scenario B, although with limitations in obtaining specific data and assuming some typical values from studies with destructive tests, the following were considered:

- longitudinal velocity variation during the wire strike (initial conditions);
- a 4% energy reduction due to drag in the rotation movement (*yaw*);
- a 15% energy reduction due to main rotor damping by the collective control applied,
- 9% energy dissipation by the skid;
- 2% energy dissipation by contact with vegetation and primary structure deformation and tail section rupture.

The results of both scenarios were compared with data from other accidents with an analysis of rotorcraft crash dynamics and plotted in the below FAA study graph and published in DOT/FAA/CT-85/11.

Scenario A embodies a sink rate of 4,11m/s=13,5ft/s, an estimated ground contact angle of 20° and a longitudinal velocity of 12,3m/s=40,3ft/s.

In scenario B, an initial longitudinal velocity of 10 Kt was considered, and a reduction of up to 30% in the dissipated energy.

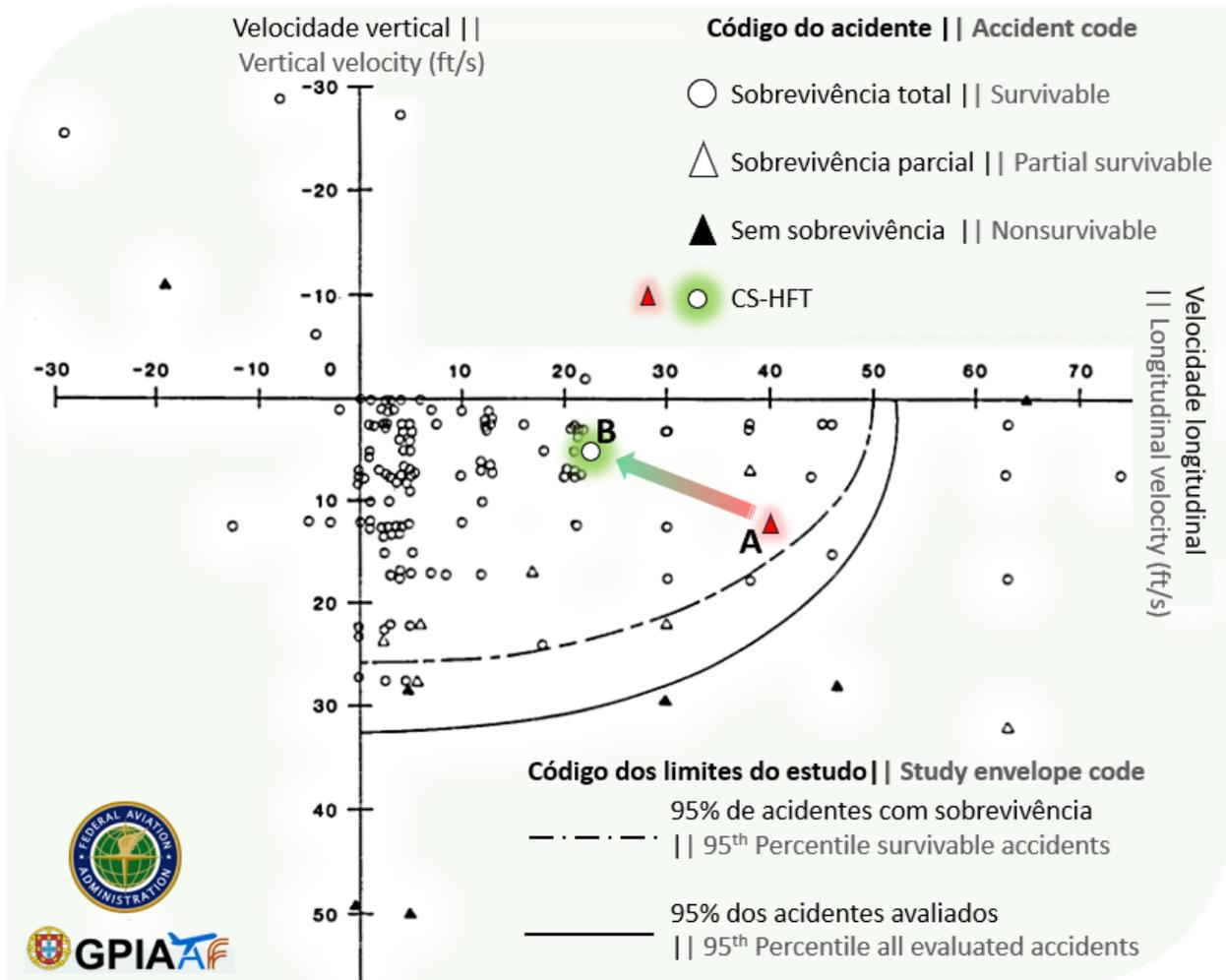


Figura 13 || Figure 13

Análise da dinâmica de colisão de aeronaves de asa rotativa para desenvolvimento de critérios de projeto melhorados || Analysis of rotorcraft crash dynamics for development of improved crashworthiness design criteria - DOT/FAA/CT-85/11

É importante referir e sublinhar que ambos os cenários A e B são teóricos, com várias premissas por ausência de dados específicos, no entanto ambos se configuram como eventos de sobrevivência parcial e total respetivamente.

É também de realçar que os factos do evento não deixaram dúvidas à investigação de que o cenário real se configurou como um acidente de sobrevivência possível e provável, excluindo os efeitos do fogo pós-colisão.

A regulamentação atual de projeto, na sua Parte 21, AMC 21A.3B(b) estabelece como condição insegura:

Existe uma condição insegura se houver evidência factual (da experiência de serviço, análise ou testes) de que:

It is important to mention and emphasize that both scenarios A and B are theoretical, with several premises due to the absence of specific data, however, both are configured as partial and total survival events, respectively.

It should also be noted that the event's facts left no doubt to the investigation that the real scenario was configured as a survival accident, excluding the effects of post-crash fire.

The actual design regulation as per Part 21, AMC 21A.3B(b) establish the unsafe condition as:

An unsafe condition exists if there is factual evidence (from service experience, analysis or tests) that:

(c) Os recursos de projeto destinados a minimizar os efeitos de acidentes sobrevivíveis não estão a desempenhar a função pretendida.

Ainda no material guia GM 21A.3B(b) sobre o mesmo tema:

Na experiência de serviço, testes adicionais, análises adicionais, etc., podem mostrar que certas suposições inicialmente aceites não estão corretas. Assim, certas condições inicialmente demonstradas como seguras são reveladas pela experiência como inseguras. Nesse caso, é necessário determinar ações corretivas para restaurar um nível de segurança consistente com os requisitos de certificação aplicáveis.

Mesmo que o ocupante da aeronave tenha sobrevivido ao acidente, permanece o problema de sobreviver no ambiente pós-acidente.

Conforme referido no estudo DOT/FAA/CT-85/11, as condições pós-acidente não-sobrevivíveis ocorrem em percentagens relativamente pequenas de acidentes, mas são responsáveis por um número desproporcionalmente elevado de feridos e fatalidades. A chave para a sobrevivência pós-acidente é o tempo entre a sequência inicial do acidente e o início das condições não toleráveis. Os principais riscos pós-acidente na aviação são o fogo e a água. A ocorrência de qualquer um pode reduzir o tempo de evacuação disponível para apenas alguns segundos.

A investigação constatou que foram iniciadas ações regulatórias (EASA e FAA) com o objetivo de aumentar o número de aeronaves de asa rotativa equipadas com tanques de combustível e assentos resistentes a impactos.

Em detalhe e para o modelo da aeronave em específico, a EASA emitiu a 15 de maio de 2019 o SIB No. 2017-18R1 considerando a introdução das modificações listadas como ações que irão contribuir para aumentar o tempo de evacuação dos ocupantes após um acidente de provável sobrevivência.

No mesmo documento, é referido que a preocupação com a segurança descrita no SIB não é considerada uma condição insegura que justifique uma AD - Diretiva de Aeronavegabilidade.

(c) Design features intended to minimise the effects of survivable accidents are not performing their intended function.

Additionally, on the guidance material, GM 21A.3B(b) on the determination of an unsafe condition:

In service experience, additional testing, further analysis, etc., may show that certain initially accepted assumptions are not correct. Thus, certain conditions initially demonstrated as safe, are revealed by experience as unsafe. In this case, it is necessary to mandate corrective actions in order to restore a level of safety consistent with the applicable certification requirements.

Even though an occupant has survived a crash, the problem of surviving the post-crash environment remains.

As referred on DOT/FAA/CT-85/11 study, nonsurvivable post-crash conditions occur in a relatively small percentage of accidents, but they account for a disproportionately large number of injuries and fatalities.

The key to post-crash survival is the time between the initial crash sequence and the onset of non-tolerable conditions. The primary post-crash hazards in aviation are fire and water. The occurrence of either can reduce the available escape time to seconds.

The investigation found that regulatory actions have been initiated (EASA and FAA) in order to increase the number of flying rotorcrafts that are fitted with crashworthy fuel tanks and crashworthy seats.

In detail and for the specific aircraft model, EASA issued a SIB No. 2017-18R1 on 15 May 2019, considering that the installation of any of the modifications will reduce the risk of post-crash fires and contribute to increase the occupant escape time after a survivable crash.

On the same document it can be read that the safety concern described in the SIB is not considered to be an unsafe condition that would warrant Airworthiness Directive (AD).

Do lado do fabricante e seus parceiros foram desenvolvidas soluções para modificar/reequipar as aeronaves que não cumprem com os atuais requisitos de certificação dos tanques de combustível resistentes à colisão (EASA CS27 ou FAA CFR 27.952), em detalhe:

- AVISO INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA N.º 3281-S-28 com opções de modernização do sistema de combustível resistente a colisões em conformidade com CFR 27.952.

- O STC específico para o AS350 B2, H9EU (original) com disposições para instalação de um sistema de combustível resistente à colisão (CRFS), ou ainda o STC SR02492AK da Vector Aerospace Helicopter Services USA, Inc.

Para além do CRFS, foram desenvolvidas modificações adicionais com o objetivo de minimizar o risco para os ocupantes em caso de incêndio pós-impacto, nomeadamente um sistema para proteção de sobre rotação do motor com a modificação EASA 10066998, contudo, não se aplica às versões AS350 B2.

As aeronaves do modelo AS350 B2 e não equipadas com VEMD, bem como versões anteriores, requerem várias atualizações preconizadas pelo fabricante (ou STC equivalente), como a instalação de uma nova cablagem pela fuselagem para alimentar as bombas de combustível duplas, um sistema de aviso de falha da bomba de baixa pressão, sistema capacitivo de aferição de combustível e uma nova unidade de filtro modificado com válvula de *bypass* e pré-colmatagem.

Ainda sobre um outro aspeto relacionado com a sobrevivência, embora não fosse possível prever a implicação direta do uso do capacete no cenário traçado, é provável que este tipo de proteção não fosse efetiva na carga térmica envolvida no evento.

Contudo, o operador não garantiu um procedimento robusto que garantisse o uso sistémico de capacete de proteção por todos os pilotos em todas as missões de combate aos incêndios, conforme práticas recomendadas.

On the manufacturer and its partners side, solutions were developed to modify/retrofit aircraft that do not comply with the current fuel tank crashworthiness certification requirements (EASA CS27 or FAA CFR 27,952), namely:

- SAFETY INFORMATION NOTICE No. 3281-S-28 with Crash Resistant Fuel System Retrofit Options and compliance with CFR 27.952.

- Original STC number for AS350 B2, H9EU with provisions for Installation of a Crash Resistant Fuel System (CRFS), or STC Number: SR02492AK from Vector Aerospace Helicopter Services USA, Inc.

Other than CRFS, additional modifications were developed and intend to minimize the hazard for occupants in case of post impact fire developed after a survivable crash as the engine overspeed protection with EASA major change 10066998, not applicable however to AS350 B2 versions.

The aircraft model AS350 B2 non-VEMD equipped and earlier aircraft versions require several manufacturer upgrades (or STC equivalent), as the installation of new airframe wiring for the dual fuel boost pumps, low pressure pump failure warning, capacitor fuel gage and new filter unit with modified pre-clogging bypass valve.

Another relevant survival aspect is the helmet protection usage. Although it was not possible to predict the direct implication of its usage in the outlined scenario, it is likely that this type of protection would not be effective considering the thermal load involved in the event.

However, the operator did not guarantee a robust procedure that would guarantee the systemic use of protective helmets by all pilots in all firefighting missions, according to best practices.

Página intencionalmente em branco || Page intentionally blank

3. CONCLUSÕES || CONCLUSIONS

3.1. Constatações da investigação || Findings

3.1.1. A aeronave || The aircraft

- a) A aeronave estava certificada, equipada e mantida de acordo com os regulamentos existentes e procedimentos aprovados;
 - b) a aeronave estava aeronavegável quando despachada para o voo;
 - c) A massa e o centro de gravidade da aeronave estavam dentro dos limites prescritos;
 - d) Não há evidência de defeitos ou mau funcionamento da aeronave que pudesse ter contribuído para o acidente;
 - e) Não havia evidência de falhas na estrutura da aeronave ou mau funcionamento dos sistemas antes da colisão com as linhas de energia;
 - f) A aeronave foi destruída pelas forças geradas no impacto com o solo e pelo incêndio pós-impacto;
 - g) O motor parou de funcionar após o impacto com o solo;
 - h) O projeto inicial e atualmente obsoleto do sistema de armazenamento de combustível da aeronave contribuiu para deteriorar a capacidade de proteção dos ocupantes da aeronave durante o incêndio pós-impacto.
- a) The aircraft was certified, equipped and maintained in accordance with existing regulations and approved procedures;
 - b) The aircraft was airworthy when dispatched for the flight;
 - c) The mass and the centre of gravity of the aircraft were within the prescribed limits;
 - d) There was no evidence of any defect or malfunction in the aircraft that could have contributed to the accident;
 - e) There was no evidence of airframe failure or system malfunction prior to the collision with the powerlines;
 - f) The aircraft was destroyed by impact forces and a post-impact fire;
 - g) The engine stopped after the ground impact;
 - h) The initial and now obsolescent design of the aircraft's fuel storage system contributed to the ability of the aircraft to protect its occupants during the post-crash fire.

3.1.2. Tripulação || Crew

- a) O piloto estava licenciado e qualificado para o voo de acordo com os regulamentos existentes;
 - b) O piloto estava clinicamente apto para conduzir o voo;
 - c) Não foram encontradas evidências de que o piloto sofresse alguma doença ou incapacidade súbita que pudesse ter afetado sua capacidade de controlar a aeronave;
 - d) As ações do piloto indicaram que ele estava ciente das linhas de energia;
 - e) As evidências sugerem que fatores psicossociais podem ter afetado o desempenho na gestão do risco pelo piloto;
- a) The pilot was licensed and qualified for the flight in accordance with existing regulations;
 - b) The pilot was medically fit to conduct the flight;
 - c) There was no evidence that the pilot suffered any sudden illness or incapacity which might have affected his ability to control the aircraft;
 - d) The pilot's actions indicated that he was aware of the power lines;
 - e) There is evidence suggesting that psychosocial factors might have affected the pilot risk management performance;

f) O relatório anátomo-patológico revelou a causa de morte do piloto como tendo sido devida às lesões de queimadura de 3.º grau na totalidade da superfície cutânea (carbonização), em resultado de ação de agente térmico;

g) Os testes toxicológicos realizados deram resultados negativos.

f) A post-mortem examination of the pilot showed that the cause of death was due to 3rd degree burn injuries on the entire skin surface (carbonization) as a result of a thermal agent action;

g) Toxicological tests were negative.

3.1.3. Operações de voo || Flight operations

a) O voo foi realizado de acordo com os procedimentos do Manual de Operações do operador;

b) O piloto realizou comunicações rádio normais com as unidades ATC, que, por sua vez, forneceram um serviço eficaz;

c) Após a colisão com os cabos, a aeronave iniciou um voo descontrolado até colidir com o terreno;

d) As condições climáticas em que a aeronave estava a operar não foram um fator.

a) The flight was conducted in accordance with the procedures in the company Operations Manual;

b) The pilot carried out normal radio communications with the relevant ATC units, that in turn, provided prompt and effective service;

c) After the wire strike, the aircraft began an uncontrolled flight into terrain;

d) The weather conditions in which the aircraft was operating were not a factor.

3.1.4. Sobrevivência || Survivability

a) O acidente foi considerado como tendo uma probabilidade não negligenciável de sobrevivência, excluindo o incêndio pós-impacto;

b) A aeronave não estava equipada ou certificada com um sistema de armazenamento de combustível resistente à colisão (CFRS);

c) O piloto sucumbiu aos efeitos do fogo pós-impacto;

d) O piloto não usava capacete de proteção.

a) The accident was considered having a non-negligible probability of survival, excluding the post-crash fire;

b) The aircraft was not equipped or certified with a Crash Resistant Fuel Tank System – CFRS;

c) The pilot succumbed to the effects of the post-impact fire;

d) The pilot did not wear a protection helmet.

3.2. Causas/fatores contributivos || Causes/contributing factors

3.2.1. Causas prováveis || Probable causes

A causa determinada para o acidente foi o embate do balde e rotor de cauda nos cabos de alta tensão ao voar a baixa altitude durante a operação de combate a um incêndio rural.

The cause for the accident was determined as Bambi bucket and tail rotor strike with high-voltage powerline while flying at low altitude during firefighting operations.

3.2.2. Fatores contributivos || Contributing factors

Contribuíram para o acidente:

- a localização e progressão no terreno do incêndio florestal em terreno montanhoso, junto e por debaixo de linhas de alta tensão que cruzavam o vale;
- a trajetória de descarga eleita pelo piloto com posição relativa praticamente perpendicular às linhas de energia;
- a posição relativa e disposição dos cabos nos respectivos suportes em configuração vertical à direita do piloto e horizontal à sua esquerda;
- o foco do piloto em completar a missão de combate ao incêndio, relativizando o risco de colisão iminente ao voar perto de linhas de alta tensão em terreno de orografia complexa.

Contributed to the accident:

- the wildfire location and advancing through hilly terrain and passing near and below powerlines that were crossing a canyon;
- the water discharge path chosen by the pilot with a relative position almost perpendicular to the powerlines;
- the powerline cables relative position and arrangement on its supports with vertical configuration on the pilot's right and horizontal on the left;
- the pilot's focus on completing the firefighting mission, relativizing the imminent collision risk of flying close to powerlines within a complex orography terrain.

4. RECOMENDAÇÕES || RECOMMENDATIONS

De acordo com o artigo 17.3 do Regulamento Europeu (UE) 996/2010 do Parlamento Europeu e Conselho, de 20 de outubro de 2010, sobre investigação e prevenção de acidentes e incidentes na aviação civil, **a formulação de uma recomendação de segurança não constitui, em caso algum, presunção de culpa ou de responsabilidade** relativamente a um acidente, a um incidente grave ou a um incidente.

O destinatário de uma recomendação de segurança deve, no prazo de 90 dias, informar à autoridade responsável pelas investigações de segurança que formulou a recomendação, das ações tomadas ou em consideração, nas condições descritas no artigo 18 do referido Regulamento.

Nesta seção são descritas as recomendações emitidas para mitigar as questões de segurança operacional identificadas na investigação.

In accordance with Article 17.3 of European Regulation (EU) No. 996/2010 of the European Parliament and Council of 20 October 2010, on the investigation and prevention of accidents and incidents in civil aviation, **a safety recommendation shall in no case create a presumption of blame or liability** for an accident, a serious incident or an incident.

The addressee of a safety recommendation shall, within 90 days, inform the safety investigation authority which issued the recommendation, of the actions taken or under consideration, under the conditions described in Article 18 of the aforementioned Regulation.

This section describes the recommendations issued to address the safety issues identified in the investigation.

À HELIBRAVO :

Recomendação de Segurança PT.SIA 2020/13

Recomenda-se ao operador Helibravo que estabeleça um procedimento operacional que torne obrigatório o uso de capacete de proteção pelos pilotos envolvidos nas atividades de combate aos incêndios.

To HELIBRAVO:

Safety Recommendation PT.SIA_2020/13

It is recommended that the operator Helibravo establishes an operational procedure to make the use of protective helmets mandatory by the pilots involved in firefighting activities.

À AFOCELCA :

Recomendação de Segurança PT.SIA 2020/14

Recomenda-se à AFOCELCA que defina e estabeleça contratualmente com os operadores aéreos, limites de operação de combate aos incêndios, por forma a que esta seja interdita próxima de cabos de transporte de energia elétrica, particularmente os de média, alta e muita alta tensão em que o WPS é ineficaz, fixando uma envolvente limite a uma distância considerada como segura pela respetiva análise de risco ao tipo de aeronave.

To AFOCELCA:

Safety Recommendation PT.SIA 2020/14

It is recommended that AFOCELCA defines and contractually establishes fire-fighting operation limits with air operators, so that they do not operate close to electric power lines, particularly those of medium, high and very high voltage in which the WPS is ineffective, setting a boundary envelope at a distance considered safe by the respective risk analysis for the aircraft type.

À FAP - Força Aérea Portuguesa:

Recomendação de Segurança PT.SIA 2020/15

Recomenda-se à FAP que defina e estabeleça contratualmente com os operadores aéreos, limites de operação de combate aos incêndios, por forma a que esta seja interdita próximo de cabos de transporte de energia elétrica, particularmente os de média, alta e muita alta tensão em que o WPS é ineficaz, fixando uma envolvente limite a uma distância considerada como segura pela respetiva análise de risco ao tipo de aeronave.

To FAP - Portuguese Air Force:

Safety Recommendation PT.SIA 2020/15

It is recommended that FAP defines and contractually establishes fire-fighting operation limits with air operators, so that they do not operate close to electric power lines, particularly those of medium, high and very high voltage in which the WPS is ineffective, setting a boundary envelope at a distance considered safe by the respective risk analysis for the aircraft type.

Nota: A presente recomendação é formulada à FAP na medida em que esta é agora a entidade responsável pela gestão dos meios aéreos empregues no combate aos incêndios, e o fator causal que se pretende acautelar, determinado no presente acidente, é também relevante para a operação agora a cargo da FAP.

Note: This safety recommendation is formulated to FAP as it is now the entity responsible for the management of the aerial assets used on firefighting, and the causal factor that is intended to be taken care of, determined in the present accident, is also relevant to the operation now under FAP responsibility.

Ainda sobre este tema, deixa-se neste relatório o alerta e recomendação não formal a todos os operadores de combate a incêndios florestais, que, independentemente do tipo de relação contratual, missão ou tipo de aeronave empregue, adiram de forma incondicional a esta recomendação e prática de sobrevoo dos obstáculos artificiais à navegação aérea com uma distância segura, preterindo o combate aos incêndios nessas áreas, defendendo a aeronave e a vida dos envolvidos nesta operação de elevado risco.

On this topic, it is highlighted and non-formally recommended that all aerial firefighting operators, regardless of contractual relationship, mission or aircraft type employed, to the unconditional adherence to this safety recommendation and practice of overflight artificial air navigation obstacles with a safe distance, avoiding firefighting operations in these areas, defending the aircraft and the lives of those involved in this high-risk operation.

Da mesma forma, são alertados todos os operadores envolvidos no combate a incêndios para desenvolver procedimentos necessários a garantir a utilização de capacetes de proteção pelas suas tripulações.

Likewise, all operators involved in firefighting operation are alerted to develop procedures to ensure the use of protective helmets by their crews.

À EASA - Agência Europeia para a Segurança da Aviação:

Recomendação de Segurança PT.SIA 2020/16

Recomenda-se que a EASA siga os princípios definidos na sua publicação *Rotorcraft Safety Roadmap*, produzindo regras que exijam a aplicação retroativa das atuais melhorias de resistência à colisão dos tanques de combustível para aeronaves de asa rotativa certificadas antes da entrada em vigor das novas especificações de certificação para o projeto de tipo. Os helicópteros usados em operações comerciais devem estar sujeitos a tais requisitos de aeronavegabilidade adicional.

To EASA - European Aviation Safety Agency:

Safety Recommendation PT.SIA 2020/16

It is recommended that EASA follow its Rotorcraft Safety Roadmap publication principles, producing rulemaking documentation requiring retroactive application of the current improvements in fuel tank crash resistance for rotorcraft certified before the new certification specification for type design entered into force. Helicopters used for Commercial Operations shall be subject to this additional airworthiness requirement for operations.

Este relatório final foi homologado pelo diretor do GPIAAF, nos termos do n.º 3 do art.º 26.º, do Decreto-Lei n.º 318/99.

This final report was homologated by the director of the Portuguese SIA, as per article 26, no. 3, of Decree-Law no. 318/99.

A equipa de investigação.

The investigation team.

5. APENDICES || APPENDIXES

5.1. Anexos com os comentários não adotados ou parcialmente adotados || Appendixes with not adopted or partial adopted comments

Nota preliminar do GPIAAF:

Os anexos seguintes apresentam os comentários ao projeto de relatório final, que não tenham sido aceites ou parcialmente aceites pela investigação e integrados no relatório, formulados pelas seguintes entidades:

Representantes acreditados:

- BEA e respetivos conselheiros técnicos, a AH - Airbus Helicopters e Safran Helicopter Engines.

Os comentários são apresentados sem quaisquer alterações, exceto no que concerne à remoção de eventuais nomes de pessoas mencionadas.

Quando relevante ou necessário, é também apresentada a justificação da investigação quanto à não aceitação ou adoção dos comentários.

Preliminary GPIAAF Note:

The following Appendices present the comments to the draft report that were not adopted or partially adopted by the investigation and integrated in the report, submitted by the involved parties:

Accredited representatives:

- BEA and BEA technical advisors, AH - Airbus Helicopters and Safran Helicopter Engines,

The comments are transcribed without editorial alterations, except for the removal of any names of mentioned persons.

Whenever relevant, it is presented the GPIAAF comments justifying the reasons for not accepting or adopting the comments.

5.1.1. Comentários do BEA não adotados ou parcialmente adotados || BEA not adopted or partial adopted comments



BEA Comments

Subject: BEA comments on the draft Final Report for the accident that occurred on 5 September 2019 to the Rotorcraft AEROSPATIALE - AS350 - B2 registered CS-HFT.

The BEA has been consulted for the draft final report on the aforementioned accident. While the BEA agrees with with most of the safety issues identified in the Portugal - GPIAA Final Report, the following comments represent differences in the analysis.

In accordance with paragraph 6.3 of ICAO Annex 13, this document is to be appended to the final report.

BEA Comment :

In BEA's opinion, the sequence and the survivability of the crash are not demonstrated in the report.

This position is supported by the following observations:

- The wreckage is completely destroyed due to the post impact fire, limiting parts damages interpretation;
- Considering the consequences of the helicopter entering the vegetation in an uncontrolled yaw rotation (damage to the aircraft, pilot disorientation,...), the final position of the pilot is not sufficient to assess the survivability;
- The impact of the helicopter with the ground being not caught by the video, the impact conditions as well as the energy level of the accident can only be extrapolated with a significant uncertainty;
- The medical and pathological information as provided are not sufficient to assess if the pilot could have suffered from fatal injuries without the post impact fire.

BEA however has no comment regarding the safety recommendation contained in the report.

Aéroport du Bourget
Zone Sud – Bâtiment 153
10 rue de Paris
93352 Le Bourget Cedex
France
Tél. : +33 1 49 92 72 00
www.bea.aero
@BEA_Aero

Membre du réseau



Page #	Draft Final Report Text Extract	Reason or comment	Proposed amendment	GPIAAF Position and comments
19	"The aircraft did not comply with the current EASA initial certification requirements, namely the CS 27.561 (b) Emergency landing conditions and CS 27.952 - Fuel system crash resistant. Such requirements did not exist at the time of type certification."		AH proposal: "The aircraft comply with EASA requirements applicable at the first certification in 1974, and not with the current EASA requirements: especially concerning the CS 27.561 (b) / CS27§562 Emergency landing conditions and CS 27.952 - Fuel system crash resistant. "	Partially adopted - The proposed wording suggests that there were EASA requirements on 1974. Wording revised to clarify
43	"Other than CRFS additional modifications were developed and intend to minimize the hazard for occupants in case of post impact fire developed after a survivable crash as the engine overspeed protection with EASA major change 10066998, not applicable however to AS350 B2 versions. "	The EASA approval 10065664 modification, concerns the Arriel 2D engine variant only and not the Arriel 1D1 variant which equipped the AS350B2 aircraft registered CS-HFT. The aim of this modification is the shut off the Arriel 2D engine in case of a power turbine overspeed and thus to avoid a blade shedding phenomenon. And furthermore we don't know if a blade shedding occurred during this accident, consequently Safran Helicopter engine asks to remove this paragraph of the report.	SHE proposal: Remove the sentence	Not adopted - The text reflects the improvements and available solutions also on engines aiming to increase safety on a crash scenario. This also supports the SR to not use this aircraft versions on commercial operations.
45	"h) The obsolescent design of the aircraft's fuel storage system contributed to the ability of the aircraft to protect its occupants during the post-crash fire."		AH proposal: "h) The initial design of the aircraft's fuel storage system contributed to the ability of the aircraft to protect its occupants during the post-crash fire."	Partially Adopted - The text needs to reflect the already available new technical solutions.



Praça Duque de Saldanha, 31, 4.º - 1050-094 Lisboa
www.gpiaaf.gov.pt – geral@gpiaaf.gov.pt

2020