

**A UTILIZAÇÃO DE AERONAVES EM OPERAÇÕES DE COMBATE A  
INCÊNDIOS FLORESTAIS****Lucas Monteiro da Silva Costa Valente<sup>1</sup>**  
**Antonio Carlos Vieira de Campos<sup>2</sup>****RESUMO**

A presente pesquisa teve como objetivo geral verificar as vantagens do uso de aeronaves para o combate a incêndios florestais. Caracterizou-se como uma pesquisa exploratória, com emprego de método bibliográfico e análise de materiais teóricos publicados em artigos, sites oficiais de órgãos governamentais, veículos de comunicação especializados, empresas do setor de aviação e combate a incêndios, bem como trabalhos acadêmicos. Desse modo, foram coletadas informações de diversos meios, dentre os quais incluem-se instituições públicas e entidades privadas regularmente atuantes no combate a incêndios florestais. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a abordagem qualitativa e quantitativa, baseando-se tanto em concepções subjetivas e percepções individuais quanto em dados numéricos e respostas objetivas. Dessa forma, por meio da abordagem adotada aliada ao material bibliográfico investigado, possibilitou-se uma ampla elucidação do objetivo geral estabelecido nesta pesquisa. Por fim, com a finalização do estudo, foi possível concluir que as vantagens do uso das aeronaves para as operações de combate a incêndios florestais são a versatilidade, a grande capacidade de carga, a eficiência para cobrir grandes distâncias rapidamente, a cooperação com as equipes em solo, o gerenciamento operacional e de segurança bem planejados, além do potencial a ser explorado por meio de novas tecnologias em desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Incêndios. Florestais. Aeronaves. Vantagens.

<sup>1</sup>Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Unisul. E-mail: [lucasmonteiro302v8@outlook.com](mailto:lucasmonteiro302v8@outlook.com)

<sup>2</sup> Graduado em Administração pela Unisul. Especialista em Gestão de Pequenas Empresas (Unisul). Mestre em Business Administration in Financial Education (Florida Christian University). Professor do curso de Ciências Aeronáuticas da Unisul. E-mail: [accampos@uol.com.br](mailto:accampos@uol.com.br)

# THE USE OF AIRCRAFT IN FOREST FIRE FIGHTING OPERATIONS

## ABSTRACT

This research had the general objective of verifying the advantages of the use of aircraft for fighting forest fires. It was characterized as an exploratory research, using the bibliographic method and analysis of theoretical materials published in articles, official websites of government agencies, specialized media, companies in the aviation and firefighting sector, as well as academic papers. Thus, information was collected from various sources, including public institutions and private entities that are regularly active in fighting forest fires. For the development of this work, a qualitative and quantitative approach was used, based both on subjective conceptions and individual perceptions, and on numerical data and objective answers. In this way, by means of the approach adopted allied to the bibliographic material investigated, a broad elucidation of the general objective established in this research was made possible. Finally, with the finalization of the study, it was possible to conclude that the advantages of using aircraft for forest firefighting operations are the versatility, the large load capacity, the efficiency to cover large distances quickly, the cooperation with ground teams, the well planned operational and safety management, besides the potential to be explored through new developing technologies.

**Keywords:** Forest. Fires. Aircraft. Advantages.

## 1 INTRODUÇÃO

O enfrentamento aos incêndios florestais é cada vez mais objeto de debates, estudos científicos e iniciativas governamentais. Nesse sentido, diversos fatores são apresentados como causas diretas ou indiretas, destacando-se as questões antrópicas e sazonais.

As questões antrópicas referem-se aos incêndios florestais provocados por ações humanas, enquanto as questões sazonais dizem respeito aos incêndios florestais que são típicos de determinada estação ou época. Desse modo, a influência das condições antrópicas e sazonais provocam um ambiente favorável à propagação dos incêndios florestais, o que exige alto preparo das autoridades competentes para lidar com esse cenário.

Com o intuito de potencializar a capacidade dos órgãos responsáveis pelo controle de incêndios florestais, é fundamental o emprego de ferramentas capazes de otimizar a contenção do fogo e extinguir o incêndio, dentre as quais estão as aeronaves, tema deste projeto de pesquisa. Dessa forma, foram apresentadas características que tornam os veículos aéreos importantes fontes de apoio para as equipes em solo.

Além do combate direto ao fogo, as aeronaves podem atuar de modo preventivo, buscando focos de incêndio, ou serem empregadas para o transporte de equipes e apoio logístico (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MATO GROSSO, 2020, p. 4). Essa versatilidade é uma das múltiplas vantagens que serão exploradas no decorrer desta pesquisa. O emprego dos veículos aéreos no combate a incêndios florestais também é baseado em métodos distintos de aplicação, os quais produzem resultados diferenciados. Esses métodos são otimizados para cenários específicos dentro da operação, a exemplo do controle do perímetro do fogo, que busca limitar o avanço das chamas. Ademais, para garantir que não ocorram incidentes ou acidentes durante os procedimentos com as aeronaves, faz-se necessário um bom gerenciamento de segurança operacional. Assim sendo, a fim de mitigar os riscos referentes à utilização de aviões e helicópteros no enfrentamento ao fogo, são estabelecidas regras de segurança, que são demonstradas neste estudo.

Por fim, com a finalidade de compreender o potencial de evolução das aeronaves em relação ao enfrentamento a incêndios florestais, buscaram-se informações a respeito das novas tecnologias desenvolvidas para esse tipo de aplicação. Dessa forma, com a análise dessas inovações tecnológicas, foi possível apontar as limitações dos sistemas atuais e suas possíveis correções, melhorias e soluções. Quais são as vantagens do uso das aeronaves para o combate a incêndios florestais?

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos buscam estabelecer os focos de interesse do estudo relacionados ao problema da pesquisa.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar as vantagens do uso de aeronaves para o combate a incêndios florestais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar as vantagens que motivam Corpos de Bombeiros e outros operadores envolvidos em operações de combate a incêndios florestais a utilizar aeronaves em suas missões.
- b) Obter informações sobre os diferentes métodos de aplicabilidade das aeronaves no enfrentamento a incêndios florestais e abordar as características específicas inerentes a cada método.
- c) Analisar as técnicas de segurança operacional mais adotadas a fim de mitigar os principais riscos decorrentes do emprego de aeronaves no combate a incêndios florestais.
- d) Buscar as novas tecnologias em desenvolvimento no setor de combate aéreo a incêndios florestais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O combate a incêndios florestais é um tema estratégico que é constantemente debatido em conferências e reuniões internacionais. Essas ocorrências provocam grande destruição, visto que são de difícil controle, devastam o meio ambiente e colocam em risco a integridade física de comunidades inteiras. Nesse sentido, segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso (2020, p. 4), o emprego dos veículos aéreos no enfrentamento ao fogo caracteriza-se como um dos mais eficientes meios de apoio em operações de combate a incêndios florestais. Assim sendo, esta pesquisa é de alta relevância para a comunidade científica, já que fomenta os debates acadêmicos referentes à versatilidade dos veículos aéreos como ferramentas de múltiplas aplicações, indo muito além das tradicionais operações de transporte de cargas e pessoas.

Ainda, conforme preconizado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso (2020, p. 7), um dos objetivos das operações aéreas é a execução de lançamentos de água e/ou retardantes de chamas, com a finalidade de auxiliar as equipes em solo, associando o combate aéreo ao combate terrestre. Dessa maneira, cabe citar a importância deste estudo para as instituições envolvidas no combate a incêndios florestais, como corpos de bombeiros e grupamentos de brigadistas. Essas corporações atuam na linha de frente e estão em contato direto com o fogo, sendo as principais beneficiadas pelo apoio aéreo.

O estudo é importante, também, para as populações que habitam locais tradicionalmente atingidos pelos incêndios florestais. Essas comunidades sofrem graves danos e, muitas vezes, precisam realizar grandes deslocamentos para escapar das chamas. “O trabalho de combate a incêndios é um tipo de serviço que requer uma resposta pronta para poder evitar a propagação do incêndio [...]” (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2015, p. 152). Logo, através do rápido controle do fogo realizado com apoio das aeronaves, esses habitantes não sofreriam prejuízos graves nem precisariam se deslocar de suas moradias.

### 1.3 METODOLOGIA

A metodologia busca delimitar a natureza, o tipo, os materiais, os métodos e os procedimentos de coleta e de análise de dados. A pesquisa caracteriza-se como exploratória, com busca de informações por procedimento bibliográfico e abordagem qualitativa e quantitativa.

Através da pesquisa exploratória, foram apuradas informações que contribuam para desenvolver respostas para a situação problema. O método adotado foi o bibliográfico, com análise de materiais teóricos publicados em artigos, sites e trabalhos acadêmicos.

Os dados foram coletados por meio de pesquisa na internet. O procedimento de análise dos dados foi qualitativo, baseando-se em concepções subjetivas e percepções individuais, e quantitativo, adotando dados numéricos e obtendo respostas objetivas.

## **2 VANTAGENS DO EMPREGO DE AERONAVES NO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS**

O combate a incêndios florestais é um tema estratégico que é constantemente debatido em conferências e reuniões internacionais. Essas ocorrências provocam grande destruição, visto que são de difícil controle, devastam o meio ambiente e colocam em risco a integridade física de comunidades inteiras, ocasionando a migração forçada para outras localidades.

Em 2018, um incêndio ocorrido Califórnia, que requisitou a ação de 11 mil bombeiros, resultou em um total de 280.000 acres de vegetação queimada, 100.000 pessoas evacuadas, 8.900 residências completamente destruídas ou gravemente avariadas e 43 óbitos (PILOTO POLICIAL, 2020). O caso exemplificado demonstra o dano de grandes proporções causado por incêndios florestais, além da ampla logística demandada para a contenção desses eventos.

Para dar suporte às operações de combate a esses vultosos incêndios, é fundamental o emprego de veículos aéreos especializados. As aeronaves atuam através do bombardeio de água e produto retardante de chamas, com a finalidade de controlar a progressão das chamas ou direcioná-las. Esse procedimento auxilia os bombeiros em solo, que muitas vezes não são capazes de inibir o avanço do incêndio e acabam cercados pelo fogo.

ISSN 2763-7697

### **2.1 APLICAÇÃO DE ÁGUA E SUBSTÂNCIAS RETARDANTES DE CHAMAS**

De acordo com Lazaroto (2020, p. 10), o fogo é definido como uma reação química de oxidação em cadeia, gerada pela junção de três elementos: o oxigênio (comburente), o combustível (matéria) e o calor (energia de ativação), denominados de triângulo do fogo. Os retardantes de chamas são agentes químicos que reduzem ou eliminam a combustão de um determinado combustível. Quando aplicados de forma isolada, nas regiões próximas ao incêndio, atuam

formando uma área de “aceiro” que impede a propagação do fogo, como se observa nas Figuras 1 e 2 a seguir:

Figura 1 - Aeronave lançando retardante de chamas em incêndio na Califórnia.



Fonte: G1, 2020.

Já na aplicação em conjunto com a água, a ação é aperfeiçoada através da redução do calor e da diminuição do oxigênio que alimenta as chamas, por abafamento. Dessa forma, a água e o agente químico retardante abrem ou delimitam espaços na floresta e reduzem a velocidade da progressão do incêndio, mantendo-se o retardante ativo no solo por até dois dias. Denominado de “gestão do fogo”, esse processo de contenção e direcionamento das chamas por meio de água e substâncias retardantes é altamente vantajoso em operações de enfrentamento a incêndios florestais, visto que reforça as linhas de defesa previamente estabelecidas, resfria as linhas de controle, protege áreas de

vegetação e forma refúgios para a fauna, garantindo a sobrevivência de espécies presentes no habitat atingido.

A água e os retardantes de fogo podem ser lançados por aeronaves de asas fixas ou rotativas de tipos, tamanhos e propulsões diversas. A característica marcante no lançamento dos retardantes é a nuvem colorida de líquido viscoso que é despejada pelos veículos aéreos à baixas altitudes.

Figura 2 - Aeronave despejando água sobre as chamas de um incêndio florestal em Israel.



Fonte: Piloto Policial (2016).

## 2.2 MAFFS – MODULAR AIRBORNE FIRE FIGHTING SYSTEM

O sistema MAFFS (Modular Airborne Fire Fighting System) foi desenvolvido na década de 70 pelo serviço Florestal dos Estados Unidos (USFS) em colaboração com a Guarda Aérea Nacional, após o grave Incêndio Florestal de Laguna, na Califórnia. Nessa ocorrência, que foi considerada a terceira pior da história dos Estados Unidos, as aeronaves ficaram sobrecarregadas pelo grande volume das chamas. Por conseguinte, foi solicitado o desenvolvimento de um sistema modular para aeronaves de combate a incêndios que tivesse a capacidade de ser colocado em operação de forma rápida, surgindo, assim, o MAFFS.



Durante os incêndios ocorridos na Amazônia em 2019, destacou-se o emprego de um C-130 “Hércules” equipado com o sistema MAFFS. Segundo a Força Aérea Brasileira (2015), o equipamento é constituído por um grande pallet com cinco tanques de água pressurizados que suportam, na capacidade total, 12 mil litros, além de dois tubos que se projetam pela porta traseira. Há, ainda, a presença de um tanque de ar comprimido e dos instrumentos necessários para operar o sistema. Os tanques podem carregar a água misturada com agentes retardantes de fogo, o que amplia a eficiência do conjunto, como se observa nas Figuras 3 e 4 a seguir:

Figura 3 - Sistema Maffs sendo utilizado em combate a incêndio florestal.



Fonte: Força Aérea Brasileira (2015).

O Pallet é instalado na aeronave C-130, com dois tubos projetando-se para fora de sua rampa de carga. No momento do acionamento são lançados 12 mil litros de água em sete segundos, em uma área de aproximadamente 500 metros, a uma altitude média de 150 pés. Há, ainda, a opção de lançar os 12 mil litros em apenas uma passagem ou dividi-los em três passagens com lançamentos

menores. Após a realização do procedimento, a aeronave retorna para a base, onde os tanques de água e ar comprimido serão reabastecidos.

O MAFFS já foi vastamente empregado desde a sua entrada em operação, sendo avaliado como uma das mais simples, completas e funcionais ferramentas para combate a incêndios. Percebe-se, assim, que o sistema MAFFS é um elemento altamente vantajoso em operações de enfrentamento à incêndios, visto que possui a capacidade de carregar grande volume de água e retardantes de chamas, além de poder ser rapidamente instalado em qualquer aeronave compatível, devido a sua característica de modularidade.

Figura 4 - Sistema MAFFS utilizado pela Força Aérea Brasileira.



Fonte: Piloto Policial (2019).

### 2.3 IDENTIFICAÇÃO E EXTINÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO

O apoio aéreo em operações de combate a incêndios é fundamental para identificar e eliminar os focos das chamas. Através das aeronaves, é possível monitorar, localizar e informar a equipe de bombeiros em solo ou proceder à

extinção do foco utilizando a própria aeronave, caso essa tenha a capacidade para transportar e lançar água ou retardante de fogo.

Em uma operação no estado do Piauí, o suporte aéreo do Corpo de Bombeiros conseguiu conter 10 focos de incêndio em apenas 3 dias. A ação foi protagonizada por um avião Air Tractor AT-502B, pertencente a uma empresa de aviação agrícola contratada pelo Estado. Conforme o major Egídio Leite (2017), o avião atuou diretamente no enfrentamento às chamas e auxiliou na identificação dos focos de incêndio por meio missões de reconhecimento, realizando fotografias e dando apoio às viaturas em solo como se observa na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Aeronave realizando a identificação de foco de incêndio no Piauí.



Fonte: Piloto Policial (2017).

Dessa forma, a atuação da aeronave em colaboração com as equipes em terra possibilitou a rápida extinção dos focos encontrados.

## 2.4 BAMBI BUCKET OU HELIBALDE

Desenvolvido pela empresa Canadense SEI Industries, o Bambi Bucket ou Helibalde é um sistema empregado por helicópteros para o combate a incêndios florestais, através do lançamento de água por meio dessas aeronaves como se observa nas Figuras 6 e 7 a seguir. Trata-se de um balde dobrável acoplado ao gancho de carga do helicóptero, contendo uma válvula que, quando acionada pelo piloto, lança uma coluna concentrada de água diretamente sobre as chamas.

Figura 6 - Helicóptero acionando seu helibalde.



Fonte: Piloto Policial (2019).

O equipamento permite que os tripulantes do helicóptero se aproximem mais do incêndio para despejar a água com maior precisão. Além disso, é possível realizar o abastecimento por meio de fontes mais acessíveis como lagoas, rios, reservatórios e até piscinas, sem a necessidade de pousar. Essa característica possibilita a execução de vários lançamentos em um período de tempo menor.

Segundo a SEI Industries (2021), o Bambi Bucket atualmente está presente em 90% do mercado mundial de equipamentos de combate a incêndios, sendo utilizado em mais de 110 países. Ademais, são ofertados diversos modelos com

mais de 20 tamanhos diferentes, com capacidades que podem variar de 270 litros a 9.840 litros

Depreende-se, assim, que o helibalde é um instrumento essencial para as operações aéreas de combate a incêndios florestais, visto que possui a capacidade de lançar boas concentrações de água com alta precisão, reabastecer rapidamente em rios e lagos, mantendo-se em voo, e retornar para realizar outros lançamentos. Sua eficiência pode ser comprovada através da presença dominante no mercado, bem como do seu emprego por centenas de países ao redor do mundo.

Figura 7 - Helicóptero equipado com helibalde realizando reabastecimento em um rio



Fonte: Piloto Policial (2016).

## 2.5 TRANSPORTE DE MATERIAIS DE COMBATE A INCÊNDIOS

A importância das aeronaves para o combate a incêndios florestais vai além do enfrentamento direto ao fogo, sendo também responsáveis pelo transporte de mantimentos, como água, alimentos, medicamentos e equipamentos

de proteção individual, destinados às equipes atuantes na operação. Acrescenta-se, ainda, o transporte de equipamentos de combate a incêndios, como bombas costais e mochilas bomba anti-incêndios, abafadores, câmeras, sensores, queimadores pinga fogo, motosserras e sopradores.

Essa função é crucial nas situações em que há a presença de terrenos muito acidentados, íngremes e de difícil acesso, que impossibilitam a chegada dos mantimentos e materiais por viaturas em solo. Desse modo, a única forma das provisões chegarem a esses locais é através do transporte aéreo.

## 2.6 TRANSPORTE, INFILTRAÇÃO E EXFILTRAÇÃO DE EQUIPES

O transporte aéreo de bombeiros e brigadistas garante a rápida chegada de equipes nos locais dos incêndios, além de possibilitar procedimentos de infiltração e exfiltração em regiões estratégicas para o combate do fogo (Figura 8). Dessa maneira, os bombeiros e brigadistas serão colocados em posições propícias para a contenção das chamas de forma mais ágil.

Figura 8 - Brigadistas embarcando em helicóptero da Força Aérea Brasileira.



Fonte: Força Aérea Brasileira (2019).

No entanto, operações com infiltração e exfiltração são complexas e exigem bom planejamento, já que ocorrerão embarques e desembarques à baixa altura, em locais com movimentação e visibilidade restritas, como vegetações densas. Desse modo, caso não haja uma boa preparação, as equipes poderão acabar cercadas pelo fogo e sem rotas de fuga.

## 2.7 VOOS DE RECONHECIMENTO

É a aplicação menos complexa para veículos aéreos em missões de combate a incêndios florestais, visto que pode ser realizada com aeronaves

Por meio dos voos de reconhecimento, dados e imagens relevantes para avaliar o desempenho da operação serão fornecidos, gerando um relatório a respeito da utilização dos recursos disponíveis e da evolução do fogo no campo de ação.

Assim sendo, as vantagens do apoio aéreo no enfrentamento a incêndios florestais vão além do combate direto às chamas, tendo também a capacidade de produzir informações valiosas para as tomadas de decisão relativas à contenção do fogo no terreno.

## 2.8 TRANSPORTE AEROMÉDICO

Operações de combate a incêndios florestais possuem alto risco para os agentes que atuam na linha de frente, visto que atuam diretamente na contenção do fogo, além de estarem em regiões de difícil acesso. Nesse sentido, caso ocorra um incidente com feridos, o transporte por terra até o hospital mais próximo seria inviável. Assim sendo, a utilização de helicópteros para a evacuação de feridos é a opção mais apropriada, já que são aeronaves de rápida mobilização e não necessitam de pista de pouso, sendo capazes de operar em locais mais restritos como se observa na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Aeronave do Corpo de Bombeiros de Goiás realizando resgate aeromédico de brigadista queimado em estado grave.



Fonte: Piloto Policial (2020).

Portanto, a aplicação desse tipo de aeronave é essencial para ter sucesso no resgate de bombeiros e brigadistas feridos durante o enfrentamento aos incêndios.

### 3 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE AERONAVES NO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS

A utilização de veículos aéreos contra incêndios é baseada em métodos de aplicação padronizados, garantindo que a utilização das aeronaves ocorra de forma adequada. Dessa forma, antes de decolar para uma missão de controle de incêndio, a tripulação deve conhecer a zona de atuação, preferencialmente as coordenadas exatas do local atingido pelo fogo, bem como das zonas de pouso e abastecimento. São também informações fundamentais para os tripulantes a frequência de comunicação aérea e terrestre, o Comandante responsável pela operação, os meios que estão atuando e os pontos de água utilizáveis mais próximos.



### 3.1 MÉTODO DE ESCOLHA DO PONTO DE ÁGUA

Figura 10 - Helicóptero Bell 412 reabastecendo helibalde em piscina.



Fonte: Daily Mail (2015).

Para selecionar os pontos de abastecimento de água, é necessário basear-se em alguns fatores, a fim de garantir um bom resultado no combate ao fogo. Conforme afirma o Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso (2020, p.22), deve-se optar por um local que seja o mais próximo possível da zona atingida pelo incêndio e possibilite uma operação segura e livre de obstáculos, como árvores e redes de alta tensão. Além disso, caso seja utilizado para reabastecimento de helibalde, o ponto de água precisa ter profundidade adequada, como se observa na Figura 10 acima.

Outra condição essencial para a definição do melhor local de abastecimento é o intervalo de tempo para cada lançamento de água, visto que os procedimentos devem ser realizados em um curto espaço temporal. Desse modo, os intervalos são classificados em ideal, aceitável e descontínuo, com cada um sendo, respectivamente, de 5 a 7 minutos, até 15 minutos e maior que 15 minutos. Por conseguinte, é indispensável que o ponto de água selecionado esteja entre os intervalos ideal ou aceitável, ou seja, o tempo para reabastecer e executar outro lançamento não poderá ser maior do que 15 minutos.

## 3.2 MÉTODOS DE LANÇAMENTO DE ÁGUA E RETARDANTE DE CHAMAS

O despejo de água e produtos retardantes de fogo podem ser realizados através de três métodos diferentes, denominados Direto, Paralelo e Indireto.

### 3.2.1 Método Direto

Consiste na realização dos lançamentos sobre o perímetro do incêndio, diretamente sobre o fogo, tendo como objetivos diminuir a intensidade das chamas e facilitar o trabalho dos agentes em solo. Pode ser empregado, também, para a supressão de focos de incêndio secundários.

O lançamento direto é o método utilizado na maioria das operações de apoio a equipes terrestres, que fazem o enfrentamento ao fogo de forma simultânea às aeronaves. No entanto, salienta-se que essa técnica só pode ser aplicada caso a visibilidade permita.

### 3.2.2 Método Paralelo

Trata-se da execução de lançamentos paralelos ao perímetro do incêndio, visando melhorar a segurança dos aceiros estabelecidos pelas equipes de solo e possibilitando, assim, que seja aplicada a técnica de contrafogo de maneira segura como se observa na Figura 11 a seguir.

Figura 11 - Helicóptero realizando lançamento paralelo ao perímetro do incêndio conforme o método paralelo.



Fonte: Lockheed Martin (2020).

O contrafogo baseia-se na utilização controlada e defensiva do fogo para impedir o avanço das chamas, contudo, caso seja implementada de forma inadequada, pode colocar em risco a segurança dos agentes, da fauna e da flora.

Dessa forma, o método paralelo de lançamento de água e retardantes proporciona maior segurança para o combate por meio de contrafogo. Ademais, cabe ressaltar que esse método é o mais utilizado quando a fumaça dos incêndios afeta a visibilidade para os veículos aéreos.

### 3.2.3 Método Indireto

Baseia-se no lançamento de retardantes em áreas mais distantes do incêndio, a fim de formar barreiras químicas que impedirão a propagação do fogo, visto que os agentes químicos dos retardantes de chamas permanecem ativos no solo por até dois dias como se observa na Figura 12 a seguir. Além disso, pode ser empregada em conjunto com a técnica de contrafogo, assim como o método paralelo.

Figura 12 - Aeronave criando barreira química por meio do método indireto de lançamento de retardante de chamas.



Fonte: International Fire Fighter (2020).

### 3.3 MÉTODOS DE COMUNICAÇÃO

A grande variedade de recursos envolvidos nas operações aéreas de combate a incêndios florestais determina que seja desenvolvida uma rede de comunicações, elemento fundamental para garantir procedimentos dentro dos padrões de segurança e eficácia. É importante destacar que problemas de comunicação são a origem de muitos acidentes, o que evidencia a necessidade de uma comunicação eficiente entre as aeronaves e as equipes de solo, potencializando os resultados das ações empregadas e reduzindo os riscos envolvidos. Os métodos variam conforme o tipo de operação, sendo classificados em comunicação Terra - Ar e Ar - Ar.

#### 3.3.1 Comunicação Terra - Ar

Comunicação realizada entre os agentes em solo (comando da operação e equipes de combate e os tripulantes da aeronave). É fundamental que o veículo aéreo utilizado possua rádio comunicador compatível com os equipamentos adotados pelo pessoal de solo. Além disso, o canal de comunicação selecionado deve ser exclusivo, a fim de evitar um eventual congestionamento da frequência. Essa padronização das comunicações sempre é definida no briefing, procedimento em que a tripulação da aeronave recebe as instruções sobre a operação imediatamente antes da decolagem.

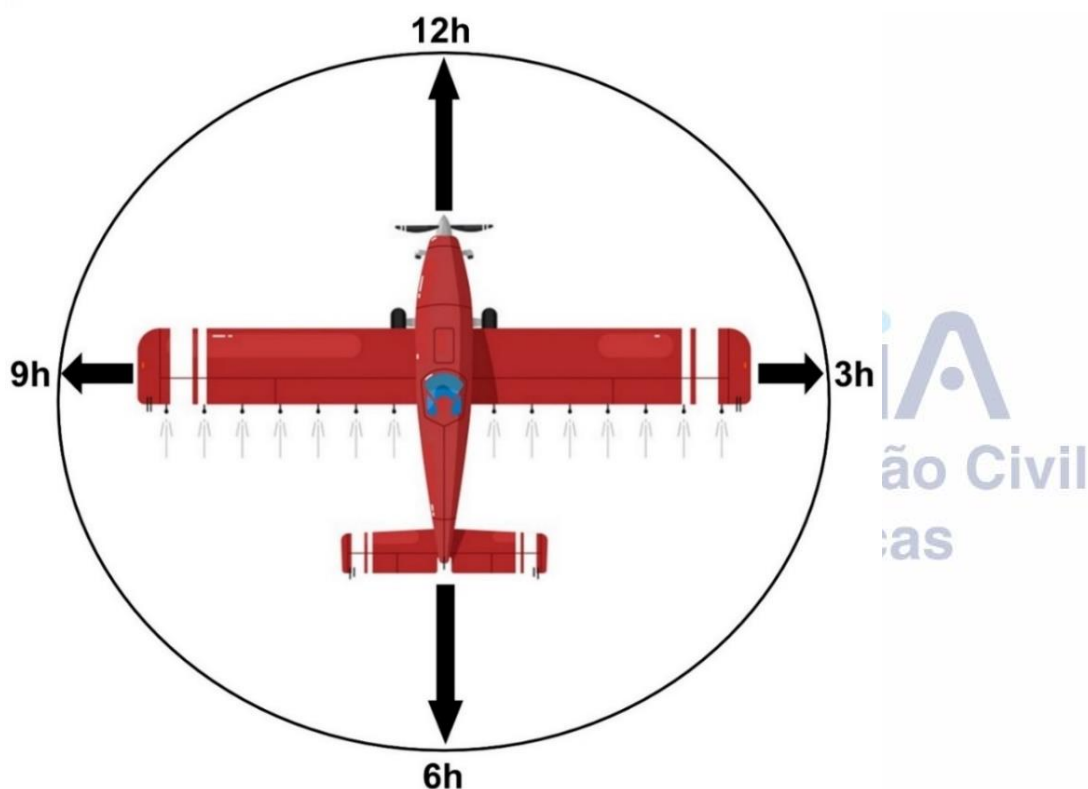
Com esse método é possível fornecer à aeronave as posições mais importantes no combate às chamas, como os focos de incêndio. A indicação das localizações é realizada por meio de pontos notáveis, visíveis e identificáveis pela aeronave, a exemplo de estradas, picos rochosos, edifícios, rios, lagos, antenas, entre outros.

Por fim, é imprescindível que a equipe em solo informe a tripulação em voo a respeito de obstáculos presentes na região de combate ao fogo, como fios elétricos, árvores e antenas. Isso diminuirá consideravelmente o risco de acidentes com a aeronave durante o enfrentamento às chamas.

### 3.3.2 Técnica de comunicação em código horário

Dentro do método de comunicação Terra - Ar, responsável pelo contato entre os profissionais atuando no solo e os tripulantes em voo, é possível empregar a técnica de comunicação em código horário, a qual utiliza a disposição das horas em relógios de ponteiro para orientar o piloto. Dessa forma, deve ser traçado um relógio, tendo como referência o próprio veículo aéreo, que funciona como ponteiro como se observa na Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Esquema demonstrando a técnica de comunicação em código horário.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim sendo, a disposição dos horários é feita, por padrão, da seguinte maneira: 12h na proa, 3h na asa direita, 6h na cauda e 9h na asa esquerda. Para exemplificar a aplicação da técnica, pode-se sugerir que, durante uma operação, uma área de foco de incêndio estaria na posição de 3h da aeronave. Logo, os agentes em solo informarão esse fato ao piloto, que procederá ao local baseando-se no ponto de 3h situado na asa direita.

### 3.3.3 Comunicação Ar - Ar

É o método estabelecido quando há o emprego de mais de um veículo aéreo no teatro operacional<sup>1</sup>. Para garantir seu adequado funcionamento, é estabelecida uma rede comunicacional exclusiva para as aeronaves que estão atuando na operação, a fim de impedir o congestionamento da frequência aeronáutica local e propiciar maior segurança para todos os envolvidos no combate ao incêndio.

Por meio desse sistema de comunicação, as aeronaves em atuação mantêm-se coordenadas, trocando informações sobre o avanço do perímetro do fogo, posições das equipes em solo, localização de possíveis focos de incêndio e obstáculos que representem risco para o voo de baixa altitude. Desse modo, permite-se a atuação conjunta em pontos distintos da região atingida, bem como o foco em objetivos diferentes. Nesse sentido, enquanto uma aeronave despejaria água nos pontos de avanço do fogo, outra realizaria lançamentos de água em focos de incêndio detectados em outras áreas, mantendo-se a comunicação em tempo real entre ambas as tripulações.

## 4 SEGURANÇA OPERACIONAL NAS OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS COM USO DE AERONAVES

A segurança operacional é um fator primordial para o sucesso das operações aéreas de combate a incêndios florestais, que são consideradas muito arriscadas. O objetivo de desenvolver um bom planejamento de segurança é mitigar os riscos envolvidos nesse tipo de missão, preservando um grau satisfatório de segurança e levando ao sucesso da operação.

Para alcançar esse objetivo, deve-se elaborar uma boa organização logística, dedicada exclusivamente ao setor aéreo. Informações referentes à duração da missão, modo de aplicação das aeronaves para o apoio aéreo (período

<sup>1</sup> Termo utilizado para se referir a uma área onde se concentra determinado conflito ou operação. É tradicionalmente adotado por forças militares, órgãos policiais e corpos de bombeiros.

integral ou sob demanda) e condições de emprego dos equipamentos são coletadas e analisadas, servindo de base para alocar de forma mais eficiente os recursos.

Através desses dados é possível determinar a quantidade de combustível para manter o vetor aéreo operando, se haverá a necessidade de utilizar uma Unidade Móvel de Abastecimento Aeronáutico, além de avaliar a existência de aeródromos próximos que tenham a capacidade atender a aeronave para reabastecimento ou eventuais emergências. A duração estimada da operação é uma informação importante para coordenar adequadamente a fadiga dos tripulantes, podendo ser considerado um modelo de revezamento, bem como a presença de um Mecânico Aeronáutico, responsável pela manutenção e instalação de equipamentos específicos para o combate aéreo a incêndios florestais, a exemplo de helibalde e ganchos de carga.

Por fim, através desse planejamento, o piloto em operação pode abrir mão da autonomia para obter maior potência, tendo a certeza de que, ao retornar à base, haverá disponibilidade rápida de combustível e de um mecânico para avaliar as condições de voo da aeronave como se observa na Figura 14 a seguir.

## Revista Brasileira de Aviação Civil

### & Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697

#### 4.1 SEGURANÇA OPERACIONAL NA ÁREA DE ESTACIONAMENTO DA AERONAVE

O local de estacionamento oferece preocupação para os responsáveis pela segurança, pois é onde ocorrem ações de risco considerável, como o acionamento dos motores de aviões e helicópteros. Assim sendo, para manter um nível aceitável de segurança na área em que o veículo aéreo permanece estacionado, agentes e viaturas envolvidos na operação deverão manter um perímetro de distância da aeronave, locomovendo-se de forma suficientemente afastada. Além disso, as equipes mobilizadas para as operações devem estar sempre uniformizadas quando próximas das aeronaves.

Figura 14 - Aeronave de combate a incêndios do Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso sendo reabastecida em estacionamento.



Fonte: Jornal Oeste (2015).

Ademais, todas as viaturas e equipes de solo precisam estar visíveis à tripulação designada para o voo, bem como devem empregar frequência de comunicação estipulada pelo comando da operação. Ainda, é essencial que os agentes tenham conhecimento a respeito das instruções de segurança, a fim de evitar a ocorrência de acidentes.

É importante, também, que a área em que a aeronave está estacionada esteja limpa e livre de obstáculos, visto que esses elementos geram riscos às operações e podem retardar os procedimentos de voo. Logo, manter o local de estacionamento desobstruído e bem higienizado é altamente benéfico para o combate aéreo a incêndios florestais, pois agiliza o acionamento e deslocamento da aeronave para a zona afligida pelo fogo.

#### 4.2 SEGURANÇA OPERACIONAL DURANTE OS PROCEDIMENTOS DE POUSO E DECOLAGEM

O pouso e a decolagem são os momentos mais críticos do voo, visto que a maioria dos acidentes ocorre durante esses procedimentos. Assim sendo,



para garantir a segurança operacional nas áreas em que as aeronaves pousam e decolam, é fundamental que as pessoas e viaturas estejam afastadas dos setores de aproximação e decolagem preestabelecidos, devendo ser mantida uma distância mínima de 20 metros da aeronave.

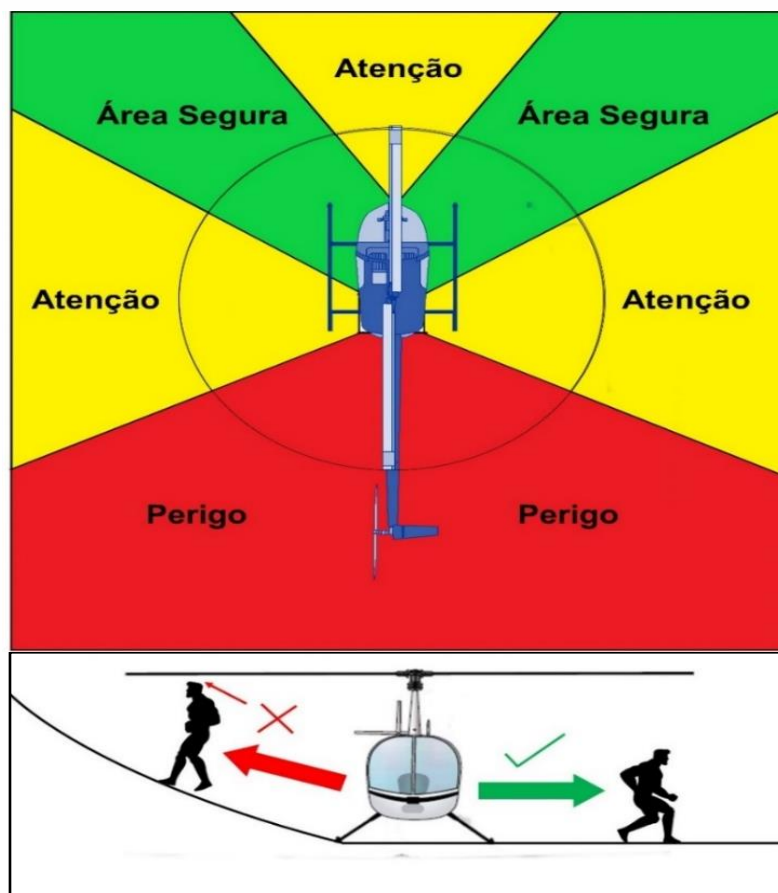
Ainda, é necessário que os agentes de solo auxiliem no isolamento do local e, preferencialmente, permaneçam agachados, em caso de pouso ou decolagem de helicópteros. Além disso, é primordial ter cautela com objetos soltos nas proximidades, como cones, ferramentas, placas, entre outros. Outras instruções importantes são a proteção de olhos e ouvidos, o cuidado com as pás dos rotores de helicópteros e hélice de aviões, além da retenção de objetos que possam voar com o deslocamento de ar provocado pelo rotor ou pela hélice. Há, ainda, o protocolo de segurança elementar que trata da aproximação e do afastamento das aeronaves.

No caso dos helicópteros, é imperioso que a movimentação seja feita pela frente, seguindo as orientações da tripulação. Em terrenos inclinados, a movimentação deve ser realizada sempre pelo lado mais baixo, devido ao perigo gerado pelo rotor principal, como se observa na Figura 15 a seguir.

É fundamental, ainda, que qualquer deslocamento ocorra apenas quando a aeronave complete o pouso e que portas e bagageiros sejam abertos apenas com autorização dos tripulantes. Ademais, qualquer objeto ou ferramenta carregado no perímetro de segurança não pode ultrapassar a altura da cintura. Por fim, jamais deve-se aproximar do rotor de cauda do helicóptero, sendo essa a área mais perigosa da aeronave para os agentes em solo.



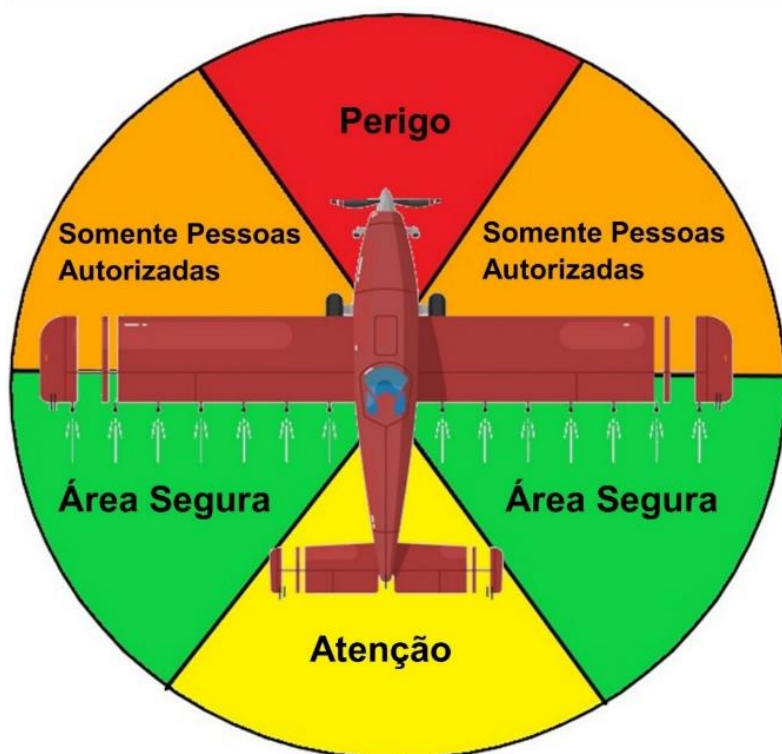
Figura 15 - Esquema demonstrando procedimentos de segurança relativos à aproximação e afastamento de helicópteros.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Já em relação às aeronaves de asa fixa, a movimentação varia conforme o tipo. No caso dos modelos que utilizam motores a pistão ou turbo hélice, que são costumeiramente empregados no combate a incêndios florestais, o deslocamento seguro ocorre por meio das áreas diagonais da parte traseira, sendo as diagonais dianteiras restritas a pessoas autorizadas. A aproximação frontal é proibida, devido ao alto risco proporcionado pela hélice como se observa na Figura 16 a seguir.

Figura 16 - Método de aproximação e afastamento de avião turbo hélice conforme preconizado pela segurança operacional.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.3 SEGURANÇA OPERACIONAL A BORDO DA AERONAVE

Dentro da aeronave também há procedimentos de segurança operacional a serem observados. Assim sendo, os tripulantes a bordo devem manter atenção às regras estabelecidas para mitigar os riscos envolvidos e facilitar o trabalho do piloto. É necessário, durante o voo, que a tripulação utilize o cinto de segurança, permaneça distante dos comandos do piloto e garanta que os objetos transportados, como ferramentas e mapas, estejam corretamente acondicionados.

Nos momentos de pouso e decolagem, considerados mais delicados, a fonia precisa estar livre para a comunicação entre o piloto e o controle de tráfego aéreo, sendo restringida a comunicabilidade dos tripulantes. No caso de helicópteros, enquanto a aeronave não estiver completamente estabilizada no solo, é vedado o desembarque de pessoas, assim como o descarregamento ou

lançamento de quaisquer instrumentos. Por fim, cabe à tripulação informar o piloto a respeito da presença de ameaças à segurança do voo, como aves, antenas e redes de alta tensão.

#### 4.4 GERENCIAMENTO DE RISCO

No âmbito das operações aéreas de combate a incêndios, as condições de voo costumam não ser as ideais. Assim sendo, para que o apoio das aeronaves ocorra dentro de parâmetros de segurança adequados, é indispensável a aplicação de um sistema de gerenciamento de riscos.

“O gerenciamento de riscos tem como objetivo orientar a alocação equilibrada dos recursos para o controle racional dos riscos que afetam as operações de uma organização” (ANAC, 2019, p.6).

Conforme o Guia Para Gerenciamento de Riscos da Aviação (2019, p.7), o gerenciamento de riscos é composto pelas fases de identificação de perigos, avaliação das consequências geradas pelos perigos, análise dos riscos relacionados às consequências, desenvolvimento de estratégias para eliminar o perigo ou mitigar o risco e avaliação das estratégias adotadas.

##### 4.4.1 Identificação de Perigos

Inicialmente, é fundamental entender o conceito de perigo. Assim sendo, considera-se perigo uma condição, objeto ou atividade com potencial para lesionar pessoas e danificar bens, como equipamentos ou estruturas, além de provocar perda de pessoal ou limitação da capacidade para desempenhar determinadas funções.

Dentre os exemplos de perigos, pode-se citar eventos meteorológicos ou climáticos, condições geográficas, falta de sinalização adequada, aves próximas ao aeródromo, falha no rádio de comunicação, entre outros. Os métodos de identificação de perigos adotados devem ser adequados à situação enfrentada, gerando resultados que aprimorem a compreensão a respeito da natureza dos

perigos. É necessário, contudo, considerar a disponibilidade dos recursos empregados no processo, como as equipes responsáveis pela avaliação de perigos e as restrições referentes ao tempo e ao orçamento da organização. O quadro abaixo apresenta técnicas de identificação de perigos constantemente adotadas no processo de gerenciamento de risco, como se observa na Figura 17.

Figura 17 - Métodos de identificação de perigos.

<i>Identificando perigos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brainstorming - Reuniões internas para discussão de assuntos de segurança operacional de forma não crítica</li> <li>• Pesquisas ou questionários com a equipe</li> <li>• Relatos voluntários</li> <li>• Inspeções internas de segurança operacional</li> <li>• Investigações internas e externas de segurança operacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisão formal de normas, procedimentos e sistemas</li> <li>• Métodos de identificação de erros e causalidade de acidentes (Modelo SHELL, Modelo Reason)</li> <li>• Observações das operações diárias</li> </ul>
------------------------------	---	---

Fonte: ANAC (2019).

& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2762-7697

#### 4.4.2 Avaliação das Consequências Geradas pelos Perigos

O segundo procedimento a ser realizado é a avaliação de consequências relacionadas aos perigos detectados. No entanto, é imprescindível diferenciar perigo de consequência. Assim sendo, enquanto o perigo é tudo aquilo que possua potencial para causar dano, a consequência é o resultado gerado por esse dano, caso o mesmo ocorra.

A diferenciação dos conceitos é importante para evitar a tomada de ações incorretas. Assim sendo, em um aeródromo com fendas na cerca de proteção, há a possibilidade de ocorrer incursões em pista. Nesse contexto, as fendas são o perigo e a incursão a consequência. Uma análise confusa poderá resultar na conclusão de que a própria invasão da pista é o perigo, camuflando as

brechas na cerca e impedindo a solução do problema de fato. Portanto, esse diagnóstico errado ocultará a identificação dos perigos, direcionando a equipe de gerenciamento de riscos a decisões errôneas.

#### 4.4.3 Análise dos Riscos

“Risco é a avaliação das consequências de um perigo, expressa em termos de probabilidade e severidade, tomando como referência a pior condição possível.” (GUIA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS DA AVIAÇÃO, 2019, p. 15). Desse modo, a avaliação de riscos é realizada após a confirmação da existência de perigos para as operações, a fim de avaliar o potencial de prejuízos ou danos, levando-se em conta a probabilidade de ocorrer um evento perigoso e a severidade dos prejuízos causados por esse evento.

A probabilidade é categorizada qualitativamente como frequente, ocasional, remota, improvável e extremamente improvável, enquanto a severidade é classificada em catastrófica, perigosa, maior, menor e insignificante. Para cada uma dessas classificações distribuído um valor, que será usado para construir a matriz de avaliação de riscos, a qual visa organizar em ordem de prioridade os perigos que exigem maior atenção, como se observa nas Figuras 18, 19 e 20 a seguir.

Figura 18 - Tabela habitualmente utilizada para avaliar a probabilidade no processo de análise de riscos.

Probabilidade do evento		
Definição qualitativa	Significado	Valor
Frequente	É provável que ocorra muitas vezes (tem ocorrido frequentemente).	5
Ocasional	É provável que ocorra algumas vezes (tem ocorrido ocasionalmente).	4
Remoto	Improvável, porém é possível que ocorra (ocorre raramente).	3
Improvável	Bastante improvável que ocorra (não se conhece ocorrência anterior).	2
Extremamente improvável	Quase inconcebível que o evento ocorra.	1

Fonte: Piloto Policial (2013).

Figura 19 - Tabela de classificação com base na severidade.

Severidade de os eventos		
Definições de aviação	Significado	Valor
<b>Catastrófico</b>	- Destruição de equipamento. - Mortes múltiplas.	<b>A</b>
<b>Perigoso</b>	- Uma redução importante das margens de segurança, dano físico ou uma carga de trabalho tal que os operadores não podem desempenhar suas tarefas em forma precisa e completa. - Lesões graves ou mortes de uma quantidade de gente. - Danos maiores ao equipamento.	<b>B</b>
<b>Maior</b>	- Uma redução significativa das margens de segurança, uma redução na habilidade do operador em responder a condições operacionais adversas como resultado do incremento da carga de trabalho, ou como resultado de condições que impedem sua eficiência. - Incidente grave. - Lesões a pessoas.	<b>C</b>
<b>Menor</b>	- Interferência. - Limitações operacionais. - Utilização de procedimentos de emergência. - Incidentes menores.	<b>D</b>
<b>Insignificante</b>	- Consequências leves.	<b>E</b>

Fonte: Piloto Policial (2013).

**RBAC & CIA**  
o Civil

Figura 20 - Matriz de avaliação de riscos.

			Severidade				
			A	B	C	D	E
			catastrófica	crítica	significativa	pequena	insignificante
Probabilidade	5	Frequente	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	<b>5D</b>	<b>5E</b>
	4	Ocasional	<b>4A</b>	<b>4B</b>	<b>4C</b>	<b>4D</b>	<b>4E</b>
	3	Provável	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>	<b>3D</b>	<b>3E</b>
	2	Improvável	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>2D</b>	<b>2E</b>
	1	Extremamente improvável	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>1E</b>

Fonte: ANAC (2019).

#### 4.4.4 Eliminar Perigos ou Mitigar Riscos

Essa fase tem como objetivos eliminar o perigo completamente, controlar os riscos para que o dano seja menor, impedir o acesso ao perigo e reduzir a exposição ao mesmo.

É consenso, no setor aéreo, que não existe segurança absoluta, pois nem todos os perigos podem ser eliminados. Por isso, há limites que estabelecem até que ponto as organizações irão desembolsar para diminuir os riscos, sendo essa uma característica inerente à atividade de aviação. Desse modo, busca-se mitigar os riscos para o nível mais baixo possível, até atingir uma condição em que o custo da introdução de novas medidas de segurança supera consideravelmente o benefício da segurança.

A ferramenta empregada para eliminação de perigos ou mitigação de riscos é o ALARP, do inglês "As Low As Reasonably Practicable", traduzido como "tão baixo quanto razoavelmente praticável", como se observa nas Figuras 21 e 22 a seguir. Esse sistema os riscos em três categorias: inaceitáveis, toleráveis e aceitáveis.

### Revista Brasileira de Aviação Civil

Figura 21 - Sistema ALARP para mitigação de riscos.



Fonte: Piloto Policial (2013).



Figura 22 - Sistema ALARP com base nos valores da Matriz de Avaliação de Riscos.

Gerenciamento do risco	Índice de avaliação do risco	Critério sugerido
 <p>Região intolerável</p>	<p><b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b></p>	<p>Inaceitável sob as circunstâncias existentes</p>
<p>Região tolerável</p>	<p><b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D 2A, 2B, 2C</b></p>	<p>Aceitável com mitigação do risco. Pode requerer uma decisão da direção.</p>
<p>Região aceitável</p>	<p><b>3E, 2D, 2E, 1A, 1B 1C, 1D, 1E</b></p>	<p>Aceitável</p>

Fonte: Piloto Policial (2013).

Os Riscos Inaceitáveis são os que não podem ser tolerados. Portanto, esse tipo de risco sempre paralisa as operações, devendo ser eliminado ou mitigado, de maneira que recaia para uma das outras categorias. Por fim, a continuação dos procedimentos operacionais incluídos nessa classificação somente ocorre excepcionalmente.

Os Riscos Toleráveis são aqueles que as organizações estão dispostas a aceitar para continuar desfrutando dos benefícios relacionados, pois estão devidamente preparadas para suportá-lo. Ainda assim, ações mitigadoras são recomendadas para diminuir o risco. É fundamental que sejam constantemente avaliados e controlados, bem como periodicamente revistos, a fim de garantir que permaneçam nessa condição de tolerabilidade.

Já os Riscos Aceitáveis são admissíveis da maneira que estão sendo, portanto, dispensada a mitigação, exceto nas situações em que seja possível reduzir o risco com pouco ou nenhum esforço.

#### 4.4.5 Avaliação das Estratégias Adotadas

Finalmente, o último passo do processo de gerenciamento de riscos é a avaliação das estratégias adotadas, que possui o intuito de verificar se as medidas

de defesa e controle utilizadas são efetivas contra o perigo identificado. Além disso, essa fase busca certificar-se de que as providências foram implementadas corretamente, funcionando conforme foram projetadas e agindo para reduzir a probabilidade ou a proporcionando a diminuição da probabilidade ou severidade do risco. Ainda, é importante considerar a necessidade de outras medidas para mitigar o risco, averiguando se os colaboradores do setor operacional estarão adaptados a essas novas medidas, se elas poderão gerar novos perigos para a operação e se essas ações adicionais serão compatíveis com as condições atuais de trabalho.

Nesse sentido, o gerenciamento de riscos somente estará concluído após a comprovação da eficácia das decisões tomadas pela organização em relação à eliminação ou mitigação dos riscos.

## 5 NOVAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NAS OPERAÇÕES AÉREAS DE COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS

Através da necessidade de controlar incêndios de forma cada vez mais ágil e segura, surge a demanda por inovações tecnológicas. Diversas empresas trazem soluções inéditas e, ao mesmo tempo, compatíveis com os meios já empregados atualmente. Dessa forma, a incorporação desses novos instrumentos é realizada de forma simples, bastando apenas o treinamento dos pilotos e tripulantes a fim de adaptá-los aos sistemas introduzidos.

### 5.1 SISTEMA HYDROP

Desenvolvido pela israelense Elbit Systems, o Hydrop é um recurso que permite o lançamento de soluções líquidas por aeronaves, de forma precisa, sem a necessidade de voos rasantes, como se observa nas Figuras 23 e 24 a seguir. De acordo com empresa, atualmente o combate aos incêndios através de veículos aéreos é realizado por meio de sucessivas passagens a altitudes que variam de 100 a 120 pés, a fim de reduzir a perda de líquido ocasionada pelo efeito aerossol.

Contudo, devido a questões de segurança e regulamentação, esses voos a baixa altitude são restritos ao período diurno.

Esse fator impede o máximo aproveitamento da capacidade das aeronaves, que ficam impossibilitadas de atuar à noite, resultando na rápida propagação de incêndios que ocorram nesse horário. Conforme a Elbit Systems (2020), o sistema possibilita lançamentos altamente precisos de pellets líquidos biodegradáveis a altitudes de 500 a 200 pés, de maneira segura e com certificação para voo noturno. Ademais, é compatível com aeronaves específicas para combate a incêndios ou pode ser adaptado em vetores aéreos de outros tipos.

Figura 23 – Hydrop sendo utilizado em helicóptero.



Fonte: Elbit Systems (2020).

O Hydrop conta, ainda, com aviônicos empregados em aviões de caça, englobando um computador balístico, um sistema de comando e controle, além de sistemas de exibição avançados. A unidade de controle e comando é responsável por direcionar a aeronave até o ponto de lançamento, ao passo que o computador

balístico garante a precisão com a qual serão lançados os pellets líquidos, considerando-se a velocidade e altitude da aeronave, a localização fornecida pelo GPS, as condições do vento, bem como o peso e o formato dos pellets.

Figura 24 – Hydrop sendo utilizado em avião.



Fonte: Elbit Systems (2020).

ciências Aeronáuticas  
ISSN 2763-7697

A fim de apresentar o funcionamento do produto, foi realizada, em janeiro de 2020, uma demonstração prática, ocorrida em Israel.

Nessa exibição, dois aviões Air Tractor da unidade Aérea de Combate a Incêndios daquele país extinguiram o fogo de um campo em chamas a uma altitude de 150 metros, ou 500 pés, quatro vezes mais alto do que a altitude média utilizada nas missões de combate aéreo a incêndio tradicionais. Cada aeronave lançou 1,6 toneladas de pellets líquidos de 140 g, em uma trajetória balística, alcançando um índice de saturação de 1 a 2 litros por metro quadrado.

Segundo a Elbit Systems (2020), após a demonstração, diversas autoridades e operadores de combate a incêndios manifestaram interesse no sistema, o que indica a qualidade do Hydrop e seu potencial para desenvolver o cenário operacional como se observa nas Figuras 25 e 26 a seguir.

Figura 25 - Aviônicos empregados pelo sistema Hydrop.



Fonte: Elbit Systems (2020).

Figura 26 - Pellets líquidos sendo lançados pelo sistema Hydrop.



Fonte: Elbit Systems (2020).

## 5.2 SISTEMAS DE VISIBILIDADE APRIMORADA

Os sistemas de visibilidade aprimorada são equipamentos que aprimoram a segurança e consciência situacional durante o voo, fornecendo uma

visão clara em condições de visibilidade reduzida, como neblina, fumaça e escuridão.

Segundo a Astronics (2011), esses instrumentos são compostos por câmeras térmicas não resfriadas leves, de estado sólido, baixa potência e baixo consumo, com alguns modelos incluindo, ainda, capacidade de zoom. Compatível com os principais MFDs e EFBs, a imagem do sensor pode aparecer em qualquer monitor que aceite vídeo composto (RS-170), NTSC ou sinais PAL. Há a possibilidade de escolher versões com sensor único ou duplo sensor. A primeira possui uma câmera térmica com zoom, enquanto a segunda acompanha um gerador de imagens multiespectral, composto por um sensor infravermelho de onda longa, uma luz visível e um sensor infravermelho de proximidade. O sensor duplo contém, ainda, um sistema patenteado de processamento de imagens em faixa dinâmica, o qual permite que os pilotos vejam claramente de dia e de noite, em qualquer condição adversa (Figura 27).

Figura 27 - Imagem demonstrando o resultado antes e depois da utilização do sistema de visibilidade aprimorada.



Fonte: Astronics (2021).

Nas operações de combate a incêndios, o equipamento de visibilidade aprimorada permite ao piloto enxergar em meio à fumaça, poeira e outros fatores

relacionados à baixa visibilidade, o que possibilita a realização de um voo com confiança e foco no combate ao fogo. Desse modo, o sistema reduz os níveis de estresse da cabine e melhora a precisão e segurança dos lançamentos de água ou retardantes.

### 5.3 EXTREM OWL HSMD – CAPACETE DE REALIDADE AUMENTADA

Projetado especificamente para helicópteros de combate a incêndios, o Extrem Owl HSMD (Helmet Mounted Sight & Display) é um capacete de realidade aumentada com câmeras ultrasensíveis de visão noturna associadas a uma projeção no visor (Figura 28). Sua premissa é similar à dos sistemas de visibilidade aprimorada, no entanto, todas as imagens geradas são apresentadas diretamente no visor acoplado ao capacete do piloto. Essa característica garante uma operação mais natural e com os mesmos parâmetros de um voo visual diurno, já que não haverá a necessidade de observar constantemente um monitor no painel de comando.

Figura 28 - Figura realizando a comparação entre visão a olho nu (naked eye), óculos de visão noturna (NVG) e Extrem Owl.



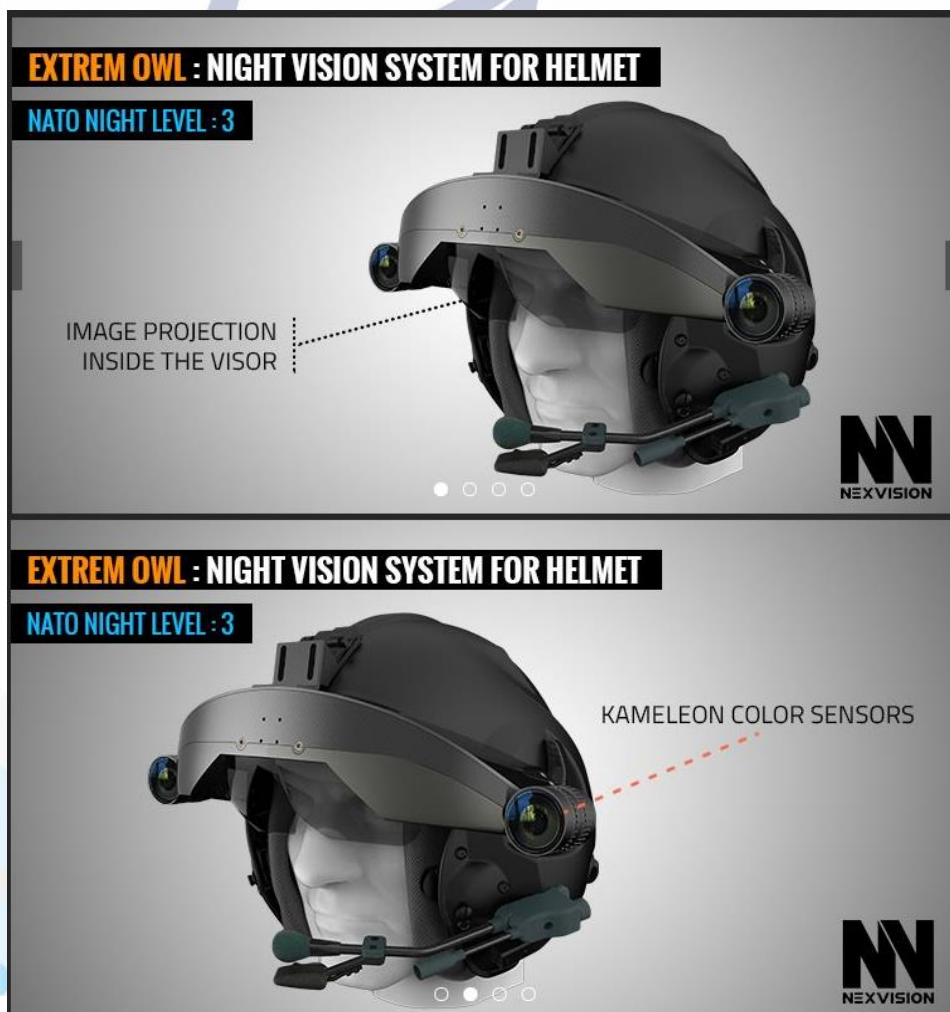
Fonte: Nexvision (2016).

O equipamento acompanha os seguintes recursos: sensor de visão noturna em cores, projeção de imagem no visor graças aos monitores micro-oled,

visor autônomo montado no capacete, alta resolução, amplo campo de visão, imagem nítida de obstáculos, bom contraste, conforto visual, compatibilidade com aviônicos de bordo, segurança em condições de voo e alta dinâmica.

O funcionamento ocorre por meio da fusão do que é visto através do visor com as imagens reconstruídas pelos sensores de visão noturna, as quais são diretamente projetadas no capacete. Os sensores são instalados em cada lado do equipamento e a projeção é possível graças a dois monitores micro-oled, que estão posicionados na parte frontal (Figura 29). De acordo com a Nexvision (2014), o piloto terá um conforto visual nunca alcançado por quaisquer binóculos de visão noturna, em virtude da grande amplitude do campo de visão, da alta dinâmica e da alta resolução de cores de imagem.

Figura 29 – Ilustração do visor onde a imagem é projetada e dos sensores de visão noturna em cores, posicionados nas laterais.



Fonte: Nexvision (2016).



## 5.4 DRONES

As aeronaves não tripuladas estão ganhando espaço em diversos teatros operacionais, devido a sua versatilidade e ao baixo custo de operação. Dentre as aplicabilidades dos veículos aéreos não tripulados está o combate a incêndios florestais, em que os Drones são utilizados para reconhecimento, monitoramento com câmeras térmicas e, até mesmo, lançamento de água ou retardantes como se observa nas Figuras 30 e 31 a seguir.

### 5.4.1 Reconhecimento

Figura 30 - Imagem gerada por Drone durante combate a incêndio florestal.



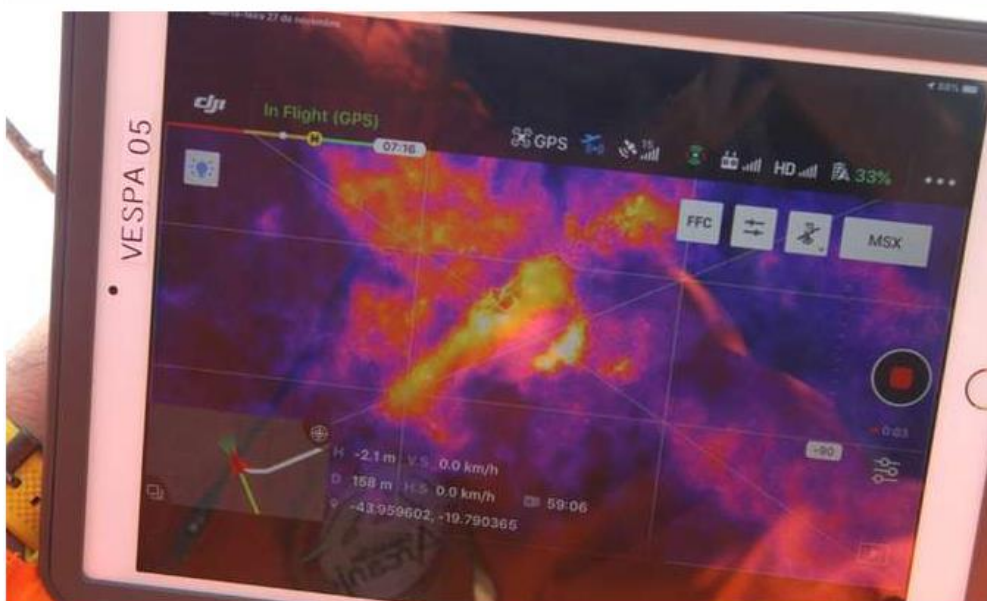
Fonte: Piloto Policial (2017).

Em um cenário típico de incêndio florestal, os bombeiros chegam ao local e iniciam sua operação com informações limitadas a respeito da extensão da área afetada e dos danos causados. Assim sendo, através dos Drones é possível realizar voos iniciais sobre a região conflagrada pelo fogo, buscando levantar informações estratégicas para a missão, como pontos de foco de incêndio e zonas para abastecimento de água próximas. Isso auxiliará o comando da operação a

desenvolver um melhor planejamento e respaldará as decisões tomadas durante todo o enfrentamento às chamas.

#### 5.4.2 Monitoramento com Câmeras Térmicas

Figura 31 - Tela reproduzindo imagens fornecidas por câmera térmica /Drone.



Fonte: Piloto Policial (2019).

O processo de monitoramento é responsável por acompanhar a evolução do fogo e alocar de forma mais eficiente as equipes em solo, promovendo, assim, uma melhor consciência situacional. Por meio do emprego de câmeras térmicas, é possível apontar os perímetros de progressão das chamas e detectar o aparecimento de novos focos de incêndio. Dessa maneira, os brigadistas e bombeiros atuantes em terra são orientados a atacar esses pontos estratégicos, tornando mais rápido e menos custoso o controle do incêndio.

#### 5.4.3 Lançamento de Água ou Agentes Retardantes

Um drone desenvolvido pela empresa Aeronex, localizada na Letônia, é capaz de atuar no combate direto a incêndios, realizando lançamento de água ou retardantes de fogo. O abastecimento é provido por meio de uma mangueira, a qual é interligada entre o drone e um suprimento de água em solo, que pode ser

fornecido por meio de um caminhão. A energia é fornecida por meio de um cabo conectado a uma fonte energética do mesmo caminhão, permitindo que o drone voe pelo tempo necessário. Ele contém, ainda, uma bateria interna que possibilita a permanência no ar por até 20 minutos.

A aeronave conta com sensores, que auxiliam na determinação precisa do posicionamento, câmeras ultra-HD e térmicas, que são capazes de localizar pontos de acesso e ajudar no controle do piloto, além de tecnologia de radar integrada, a qual tem a função de evitar obstáculos, ainda que o drone esteja envolto em névoa ou fumaça. Por fim, de acordo com a Aeronos (2018), há um sistema de estabilização exclusivo, o qual torna o drone "estável como uma rocha" (Figura 32).

Figura 32 - Drone da empresa Aeronos realizando teste de lançamento de água.



Fonte: BBC (2018).

A máquina também possui um paraquedas, para situações de mau funcionamento no ar, e um sistema de monitoramento constante da temperatura do motor e da bateria, que funcionam como mecanismos de segurança.

## 6 CONCLUSÃO

Com base no objetivo geral estabelecido nesta pesquisa, foram verificadas as vantagens do uso de aeronaves para o combate a incêndios florestais. Assim sendo, ao identificar os benefícios que incentivam os agentes envolvidos nesse tipo de operação a utilizar aeronaves em suas missões, verificou-se que os veículos aéreos são amplamente empregados devido à sua versatilidade, capacidade de carga e eficiência para cobrir grandes distâncias rapidamente.

Dessa forma, unindo essas três características vantajosas, as aeronaves podem atuar diretamente no combate ao incêndio, lançando vultosas quantidades de água ou retardantes de fogo, bem como em missões de apoio, reconhecimento e transporte de equipamentos e equipes. Ainda, destaca-se o uso de sistemas que proporcionam modularidade e agilidade no reabastecimento, denominados MAFFS (Modular Airborne Fire Fighting System) e Bambi Bucket ou Helibalde, respectivamente.

O primeiro é um equipamento modular que pode ser instalado rapidamente em aeronaves convencionais, como o C130 Hércules, transformando-as em aeronaves prontas para combate a incêndios. O segundo é instalado em helicópteros e permite que esses veículos possam reabastecer facilmente, sem necessidade de pousar, em qualquer ponto de água viável, como rios, lagos e até piscinas.

Há, também, a possibilidade de realizar voos de reconhecimento para detectar e eliminar focos de incêndio de forma rápida, sendo essa uma das principais vantagens do uso das aeronaves para operadores como bombeiros e brigadistas. Por fim, cabe destacar o transporte de equipamentos e equipes, que, apesar de complementar, é essencial para a logística das operações.

Outrossim, ao obter informações sobre os diferentes métodos de aplicabilidade das aeronaves no enfrentamento a incêndios florestais, foi possível constatar novamente características como versatilidade e agilidade. Desse modo, o aspecto versátil pôde ser verificado por meio dos métodos de lançamento de água e retardantes, que são classificados em Direto, Paralelo e Indireto. O método

Direto envolve lançamentos diretamente sobre o incêndio, buscando diminuir a intensidade do fogo. Já o método Paralelo consiste no lançamento em áreas paralelas ao perímetro do incêndio. Por fim, o método Indireto trata do lançamento de retardantes em áreas mais distantes do perímetro de avanço do fogo, a fim de criar barreiras químicas que impedem a propagação do incêndio.

Além disso, foi demonstrada a vantagem da agilidade através do método de escolha do ponto de água, o qual estabelece os locais de reabastecimento mais próximos da região do incêndio. Dessa forma, toda a operação é organizada de modo a aproveitar esses pontos, possibilitando que as aeronaves reabasteçam e retornem rapidamente para realizar mais lançamentos de água. Ainda, é indispensável citar os métodos de comunicação utilizados nas operações, que garantem a colaboração entre as aeronaves e as equipes em solo, sendo essa outra vantagem do uso dos veículos aéreos. Dessa maneira, por meio dessa cooperação, a tripulação em voo e os bombeiros e brigadistas em solo podem trocar informações estratégicas, como pontos onde se localizam focos de incêndio e obstáculos presentes no terreno que apresentem risco para a aeronave, como árvores e antenas.

Ademais, ao analisar as técnicas de segurança operacional mais adotadas para mitigar os principais riscos envolvidos nas operações aéreas de combate a incêndios, ficou evidente que a organização e o planejamento são atributos vantajosos obtidos com o emprego das aeronaves. Nesse sentido, os sistemas de segurança operacional adotados pela aviação aumentam consideravelmente as chances de sucesso da missão, visto que cada etapa é previamente analisada antes de ser efetivamente colocada em prática. Através dessa análise, é possível gerenciar a operação de modo a evitar as ações consideradas inseguras, autorizar as intervenções que estejam dentro dos parâmetros de segurança e coordenar em tempo real todos os procedimentos.

Por fim, ao buscar as novas tecnologias em desenvolvimento no setor de combate aéreo a incêndios florestais, verificou-se que as aeronaves ainda possuem um imenso potencial a ser explorado. Dessa forma, através das inovações serão solucionadas algumas limitações, como a baixa visibilidade que impede a realização de operações aéreas contra incêndios florestais durante a

noite. Para sanar esse problema, podem ser utilizados sistemas de visibilidade aprimorada e capacetes de realidade aumentada, que fornecerão ao piloto visibilidade similar à de um voo visual diurno.

Outro obstáculo é a necessidade de efetuar rasantes a baixa altitude para lançar água ou retardantes de fogo, o que aumenta consideravelmente o risco das operações. Assim sendo, foi desenvolvido pela Elbit Systems o Hydrop, um recurso que permite o lançamento de soluções líquidas por aeronaves, de forma precisa, sem a necessidade de voos rasantes. Outra tecnologia inovadora em ascensão é o drone, o qual, em missões de combate a incêndios florestais, pode ser utilizado para reconhecimento, monitoramento com câmeras térmicas e, até mesmo, lançamento de água e agentes químicos retardantes. As principais vantagens obtidas com o emprego dos drones são a versatilidade e o baixo custo de operação.

## REFERÊNCIAS

LAZAROTO, João Paulo de Toledo. A utilização de aeronaves de asas rotativas no suporte às operações de combate a incêndios florestais. 2020. Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas (BPMOA/PMPR). Curitiba, 2020

PILOTO POLICIAL. Conheça as aeronaves existentes para combate a incêndios. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/conheca-as-aeronaves-existent-para-combate-incendios>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MATO GROSSO. Noções básicas de operações aéreas aplicado aos incêndios florestais. Cuiabá, 2020. Módulo V do Material de prevenção e combate a incêndios florestais.

DAILY MAIL. Incredible moment helicopter pilot swooped in to take water from swimming pool to save villa from Costa del Sol wildfire. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-3219434/Incredible-moment-helicopter-pilot-swooped-water-swimming-pool-save-villa-Costa-del-Sol-wildfire.html>. Acesso em: 26 jul. 2021.

PILOTO POLICIAL. Conheça as Vespas, os novos drones do CBMMG. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/conheca-as-vespas-os-novos-drones-do-cbmmg>. Acesso em: 25 jul. 2021.

ASTRONICS. Enhanced vision systems for aviation. Disponível em: <https://www.astronics.com/enhanced-vision-systems>. Acesso em: 27 jul. 2021.

NEXVISION. Nexvision takes part in the "Extrem Owl" project - an innovative HMSD system for helicopter helmets. Disponível em: <https://nexvision.fr/2014/09/nexvision-takes-part-extrem-owl-project-innovative-hmsd-system-helicopter-helmets>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS. Prevenção e combate a incêndios florestais. Goiânia, 2015. Manual Operacional de Bombeiros.

PILOTO POLICIAL. Aviões da FAB ajudarão a combater incêndios florestais no Chile. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/avioes-da-fab-ajudarao-combater-incendios-florestais-no-chile/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. MAFFS: a arma da Força Aérea Brasileira contra os incêndios florestais. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/maffs-arma-da-forca-aerea-brasileira-contra-os-incendios-florestais/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Reforço aéreo controlou 10 focos de incêndio nos últimos três dias no Piauí. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/reforco-aereo-controlou-10-focos-de-incendio-nos-ultimos-tres-dias-no-piaui/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Helicóptero Água atuou em pelo menos 10 focos de incêndio em Araçatuba/SP. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/helicoptero-agua-atuou-em-pelo-menos-10-focos-de-incendio/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Aviões estrangeiros ajudam Israel a combater dezenas de incêndios. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/avioes-estrangeiros-ajudam-israel-a-combater-dezenas-de-incendios/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. CAV/PMESP: Treinamento de combate a incêndio com uso de Bambi Bucket. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/cavpmesp-treinamento-de-combate-incendio-com-uso-de-bambi-bucket/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

CENTRAL FLORESTAL. Os principais equipamentos e transportes utilizados no combate aos incêndios florestais. Disponível em:

<http://www.centralflorestal.com.br/2018/12/os-principais-equipamentos-e.html>. Acesso em: 11 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. CBM/GO resgata brigadista do ICMBio com 80% do corpo queimado. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/cbmgo-resgata-brigadista-do-icmbio-com-80-do-corpo-queimado/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. FAB somou cerca de 900 horas de voo em ações de combate a incêndios na Amazônia. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/34505/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

SEI INDUSTRIES. Bambi Bucket. Disponível em: <https://www.sei-ind.com/products/bambi-bucket/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Saiba mais sobre o Bambi Bucket e suas origens. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/saiba-mais-sobre-o-bambi-bucket-e-suas-origens/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Gerenciamento de risco – Ferramenta indispensável para a Segurança de Voo. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/gerenciamento-do-risco-ferramenta-indispensavel-para-seguranca-de-voo/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Guia para gerenciamento de riscos da aviação. Disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/sgso/arquivos/gerenciandoriscos\\_sgsonaprtica.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/sgso/arquivos/gerenciandoriscos_sgsonaprtica.pdf). Acesso em: 08 ago. 2021.

THE ENGINEER. Wildfire warriors: the latest developments in aerial firefighting technology. Disponível em: <https://www.theengineer.co.uk/aerial-firefighting-technology/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Novas tecnologias e táticas de combate aéreo a incêndios. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/novas-tecnologias-e-taticas-de-combate-aereo-incendios/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

SEGURANÇA E DEFESA. Elbit demonstra sistema aéreo de grande altitude para combate a incêndio. Disponível em: <http://www.segurancaedefesa.com/index.php/using-joomla/extensions/components/content-component/article-categories/105-destaques/1307-elbit-demonstra-sistema-aereo-de-grande-altitude-para-combate-a-incendio>. Acesso em: 11 ago. 2021.



ELBIT SYSTEMS. Elbit Systems Successfully Demonstrates High-Altitude High-Precision Aerial Firefighting Solution. Disponível em: <https://elbitsystems.com/pr-new/elbit-systems-successfully-demonstrates-high-altitude-high-precision-aerial-firefighting-solution/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

NEXVISION. Extrem Owl: Color night vision system for helicopter pilot helmet. Disponível em: <https://nexvision.fr/wp-content/uploads/2017/08/extremowl.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.

NEXVISION. Night vision system for helicopter pilot helmet | HMSD | Augmented reality. Disponível em: <https://nexvision.fr/portfolio/night-vision-system-for-helicopter-pilot-helmet-hmsd/>. Acesso em: 27 jul. 2021.

PILOTO POLICIAL. Bombeiros de Minas Gerais vão usar drones para ajudar nas ocorrências de incêndios. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/bombeiros-de-minas-gerais-vaio-usar-drones-para-ajudar-nas-ocorrencias-de-incendios/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

PILOTO POLICIAL. Drone ajuda bombeiros no combate a incêndio em vegetação na cidade de Chapecó. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/drone-ajuda-bombeiros-no-combate-incendio-em-vegetacao-na-cidade-de-chapeco/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

FOX NEWS. This super-sized drone has more tricks up its sleeve than you might imagine. Disponível em: <https://www.foxnews.com/tech/this-super-sized-drone-has-more-tricks-up-its-sleeve-than-you-might-imagine>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BBC NEWS. Window washing drone takes flight. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/av/business-46292361>. Acesso em: 08 ago. 2021.

FLYTNOW. How Firefighters Can Better Manage Emergency Situations Using Drones. Disponível em: <https://flytnow.com/drone-fire-fighting/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

