

A Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG possui diversas instalações que anualmente, no período seco, podem sofrer prejuízos em decorrência dos incêndios florestais.

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs, Fartura, Galheiros e Usina Coronel Domiciano, a Estação Ambiental de Peti, áreas remanescentes de usinas hidrelétricas, termelétricas, subestações, linhas de distribuição e transmissão de energia elétrica são exemplos de instalações que podem ser afetadas pelos incêndios florestais.

Com o propósito de apresentar um roteiro básico de ações destinadas à prevenção de incêndios florestais, principalmente em instalações possuidoras de áreas florestais, a Gerência de Gestão Ambiental – DPR/GA, em parceria com o Departamento de Engenharia Florestal - DEF da Universidade Federal de Viçosa – UFV elaborou o presente manual “Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais”.

A implementação de sua rotina, a ser feita anualmente, minimizará o risco e os prejuízos materiais e ambientais causados pelos incêndios florestais.

978-65-992285-0-6



Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais

Fillipe Tamiozzo Pereira Torres
Gumerindo Souza Lima
Emanuel Renato Sousa de Oliveira
Luciano Fernandes Lourenço
Fernando Ricardo Ferreira Félix
Guido Assunção Ribeiro
Ênio Marcus Brandão Fonseca

CEMIG


Engenharia Florestal
DEF-UFV
Laboratório de Incêndios Florestais
e Conservação da Natureza


Fundação
FACEV
Cultura, Extensão e Ensino

UFV
Universidade Federal de Viçosa

Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais

Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG

Diretor - Presidente

Reynaldo Passanezi Filho

Diretor-Adjunto de Estratégia, Meio Ambiente e Inovação

Maurício Dall' Agnese

Gerência de Gestão Ambiental

Rafael Augusto Fiorine

Engenheiro de Meio Ambiente

Nilton Fernandes de Oliveira

Fillipe Tamiozzo Pereira Torres
Gumercindo Souza Lima
Emanuel Renato Sousa de Oliveira
Luciano Fernandes Lourenço
Fernando Ricardo Ferreira Félix
Guido Assunção Ribeiro
Ênio Marcus Brandão Fonseca
Autores

Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais

Universidade Federal de Viçosa
2020

© 2020 by Fillipe Tamiozzo Pereira Torres, Gumercindo Souza Lima, Emanuel Renato Sousa de Oliveira, Luciano Fernandes Lourenço, Fernando Ricardo Ferreira Félix, Guido Assunção Ribeiro e Ênio Marcus Brandão Fonseca

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida sem a autorização escrita e prévia dos detentores do Copyright.

Impresso no Brasil

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

	Torres, Fillipe Tamiozzo Pereira; Lima, Gumercindo Souza; et al.
R612a 2020	Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais / Editores Fillipe Tamiozzo Pereira Torres e outros – Viçosa, MG: Os Editores, 2020. 178.il.; 22 cm. ISBN 978-65-992285-0-6 Bibliografia: 171 Inclui índice. 1. Universidade Federal de Viçosa – Conservação – Preservação. Título. CDD22.ed.378.8962

Capa: Vinícius Souza Dantas

Revisão linguística: Tamiris Dalila Martins Presentino Fontes

Editoração eletrônica: José Roberto da Silva Lana

Contato: Prof. Fillipe Tamiozzo Pereira Torres

Coordenador do Laboratório de Incêndios Florestais e Conservação da Natureza

Departamento de Engenharia Florestal - DEF

Universidade Federal de Viçosa - UFV

E-mail: tamiozzo@ufv.br

Apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Cód. de Financiamento 001.

SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
INTRODUÇÃO	11
CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS INCÊNDIOS FLORESTAIS	13
Conceitos básicos	13
Incêndios florestais x queima controlada x queima prescrita	14
Calor e energia térmica	14
Fases da combustão da madeira	17
Transferência de calor durante um incêndio	18
Caracterização dos incêndios florestais	19
Fatores que influenciam a ocorrência e o comportamento dos incêndios florestais	19
Relevo	21
Condições meteorológicas	24
Material combustível	25
Tipos e formas de incêndios florestais	31
Tipos de incêndios florestais	31
Partes de um incêndio	33
Formas de um incêndio	34
Comportamentos dos incêndios florestais	35
Parâmetros do comportamento do fogo	35
Comportamento excepcional	39
Modelos de comportamento do fogo	46
Principais causas dos incêndios florestais	54
Causas naturais	56

Causas antrópicas	57
Reacendimentos	59
PLANO DE PROTEÇÃO	61
Ações de Segurança	62
Proteção Individual	69
Navegação terrestre para brigadistas de incêndios florestais	73
Ações de Prevenção	93
Educação Ambiental	94
Uso do fogo	95
Ações estruturais de prevenção	101
Linhas – Aceiros, linhas de defesa e linhas de controle	101
Mosaicos de gestão de combustível	106
Proteção de linhas de transmissão de energia	107
Ações conjunturais de prevenção	110
Índices de risco de incêndios florestais	110
Meteorologia Operacional	116
Detecção	133
Terrestre	135
Fixa	135
Vigilância Móvel	140
Vigilância Aérea	142
Ações de combate	150
Comunicação, mobilização e primeiro ataque	150
Planejamento do combate	154
Ataque inicial	154
Métodos de combate	155
Combate direto	155
Combate indireto	155
Combate paralelo ou intermediário	156

Estratégias de combate	158
Agentes extintores	158
Linhas de defesa e controle	161
Rescaldo e vigilância pós incêndio	161
Registro	167
Avaliação do plano de prevenção e controle de incêndios florestais	168
Critérios para a determinação de níveis econômicos na proteção contra incêndios florestais	170
BIBLIOGRAFIA	171

PREFÁCIO

Os incêndios ameaçam os ecossistemas florestais em todo planeta podendo, além de devastar florestas inteiras, provoca a perda da biodiversidade, impulsionar processos erosivos e de degradação do solo, alterando o ciclo hidrológico e influenciando negativamente nos aspectos socioeconômicos.

Segundo dados do portal de Notícias do Governo do estado de Minas Gerais, *Agência de Minas Gerais*, os incêndios florestais, mais frequentes no período seco do ano, podem causar interrupções no fornecimento de energia, trazendo transtornos para a população e para os serviços essenciais. Levantamento realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG apontou que, apenas no ano de 2018, mais de 100 mil clientes tiveram o fornecimento de energia afetado por incêndios. Ao todo, foram cerca de 250 ocorrências de interrupção de energia, sendo a maior parte delas na região Norte do estado de Minas Gerais.

Os incêndios ameaçam especialmente os projetos desenvolvidos com o objetivo de fomentar a conservação de fauna e flora, sejam as unidades de conservação oficiais, sejam projetos de compensação florestal. A CEMIG possui três Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs, denominadas RPPN Fartura, RPPN Galheiros e RPPN Usina Coronel Domiciano, que, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC devem dispor em seu Plano de Manejo, de um programa que previna e combata os incêndios florestais de origem interna ou externa à Unidade de Conservação.

Além disso, a CEMIG dispõe, no âmbito dos processos de licenciamento ambiental de seus empreendimentos e dos processos para obtenção de autorização de supressão de vegetação, de diversos projetos de compensação ambiental e florestal, que devem ser executados levando em consideração técnicas que possam impedir e prevenir o surgimento de focos de incêndios florestais nestas áreas.

Desta forma a criação e atualização do *Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais* além de proporcionar o conhecimento de técnicas que previnam e combatam os efeitos do fogo na vegetação, na fauna, no solo e nos recursos hídricos, permitirá que os seus usuários compreendam técnicas de proteção, segurança e critérios para definição de níveis econômicos que deverão ser aplicados na proteção e combate a incêndios florestais.

Nilton Fernandes de Oliveira

Engenheiro de Meio Ambiental - CEMIG

INTRODUÇÃO

Os agentes causadores de danos à vegetação apresentam diferenças significativas entre países, ou até mesmo entre regiões, e podem ser representados, principalmente, pelas intempéries climáticas, pelas doenças, pelas pragas, e pelas atividades antrópicas. Dentre todas as atividades do homem, o uso irresponsável do fogo tem sido considerado o maior agente de danos, o qual tem provocado transformações muitas vezes desconhecidas, dada a complexidade dos fatores envolvidos no processo da combustão e do comportamento do fogo. Os efeitos provocados pelos incêndios florestais chamam a atenção por serem devastadores e por provocarem os mais variados danos nos diferentes componentes do ecossistema.

A destruição da vegetação, aliada à alteração dos aspectos visuais, é a expressão mais significativa da força do fogo. A vegetação pode ser completamente destruída ou sua produção ou crescimento podem ser drasticamente afetados, além de danos a outras características silviculturais. Além do mais, os incêndios florestais podem, de uma só vez, afetar de maneira irreversível outras partes dos ecossistemas, como o solo, em todos seus aspectos físicos, químicos e biológicos, a fauna, a água, o ar e a beleza cênica.

A vulnerabilidade do ambiente ao fogo determina o risco potencial a que ele está sujeito. Entretanto, o ponto crucial para que o fogo ocorra está na dependência da chama inicial, para levar o material combustível à temperatura de ignição. No caso de incêndio florestal, a chama inicial ou a origem da ignição é, na maioria das vezes, casual ou inesperada, o que dificulta ainda mais a compreensão dos efeitos que o fogo causará ao meio.

Nesse sentido, as técnicas e métodos de prevenção e combate aos incêndios florestais devem ser constantemente difundidos, para que a popularização dos conhecimentos sobre o controle do fogo contribua para a diminuição das ocorrências e para a redução dos efeitos maléficos causados por ele.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Conceitos básicos

O fogo é uma reação química exotérmica envolvendo três elementos básicos: combustível, oxigênio e calor. Assim, é necessário haver combustível para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. A ausência, redução ou aumento dos níveis de qualquer um dos componentes do triângulo do fogo inviabiliza o processo de combustão.

A ação do fogo sobre o ambiente depende ainda de outros fatores além daqueles necessários para a ocorrência da combustão. Vários aspectos afetam e influenciam no comportamento do fogo, entre eles: o material combustível (todo tipo de vegetação, viva ou morta, que se encontra no ambiente natural e sujeita à ação do fogo); as condições climáticas e a orografia (relevo). A ação de cada um desses fatores é diferente para cada região e para cada época do ano, modificando o comportamento do fogo.

O “Controle de incêndios florestais” está associado às ações administrativas e técnicas tomadas para realizar a prevenção e o combate ao fogo, as quais podem ser realizadas por uma instituição privada ou pública, municipal, estadual ou federal.

A seguir, apresentam-se alguns conceitos, para melhor compreensão dos assuntos a serem abordados neste manual.

Incêndios florestais x queima controlada x queima prescrita

Apesar do termo genérico “Queimada”, atribuído a qualquer tipo de processo, ser utilizado pelo público em geral, inclusive pela imprensa, conceitualmente é observada uma diferença na terminologia, e para se evitar eventuais equívocos, necessário se faz a atribuição correta do termo a cada situação.

Quando o comportamento do fogo foge do controle do homem, transformando o primeiro em um agente com alto poder destrutivo, tem-se o **incêndio florestal** propriamente dito. É uma situação diferente, por exemplo, da **queima controlada**, que significa o uso do fogo de forma planejada, com objetivos definidos, acompanhado de um planejamento prévio em que devem ser considerados os aspectos legais (autorização de queima), as técnicas de queima, as condições climáticas, a previsão do comportamento do fogo, os equipamentos e as ferramentas apropriadas e os confrontantes. Por outro lado, a **queima prescrita**, apesar de usualmente ser utilizada como sinônimo da queima controlada, procura atender a objetivos muito mais detalhados (ex.: reduzir em 70% o combustível de 1h de *time lag*, 40% de 10h e 90% de 100h), simulando o mais próximo possível do que seria um evento de fogo natural, através de uma interação harmônica entre o estado fenológico do material combustível e as variações meteorológicas durante o processo. Esse processo requer uma janela de oportunidade muito mais estreita, na qual o comportamento do fogo deve obedecer perfeitamente à faixa de prescrição (esse conceito será trabalhado adiante).

Calor e energia térmica

- a) Energia Térmica: é a energia potencial e cinética associada aos movimentos casuais dos átomos e moléculas do corpo.

- b) Calor: é uma forma de energia térmica, transiente entre dois sistemas quando apresentam diferentes temperaturas (do de maior temperatura para o de menor).
- c) Temperatura: é a medida da habilidade de transferência de energia de um sistema para outro, ou seja, é a quantificação de energia transferida.
- d) Escalas Usuais:

	Celsius	Fahrenheit
Ponto de congelamento da água	0°	32°
Ponto de ebulição da água	100°	212°
Conversões:		
$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$	

- e) Calorimetria: é o ramo da ciência que trata da medição de transferência de energia térmica ou calor. Unidades mais usuais:
- Caloria (cal): é a quantidade de calor requerida para elevar uma grama de água de 14,5 °C para 15,5 °C.
 - Quilocaloria (kcal): é a quantidade de calor requerida para elevar um quilograma de água de 14,5 °C para 15,5 °C.
 - British thermal unit (Btu): é a quantidade de calor requerida para elevar a temperatura de um libra de água de 58,5 °F para 59,5 °F (1 Btu = 0,2520 kcal).
- f) Calor de Combustão ou Poder Calorífico da Madeira: é o total de calor produzido por unidade de massa de madeira seca em estufa.
- g) Produção de Calor: é a quantidade de energia liberada durante a queima do material combustível orgânico em condições naturais. Esse valor é quase sempre inferior ao calor de

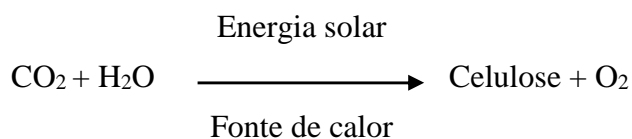
combustão, uma vez que parte da energia é desviada para a evaporação da água.

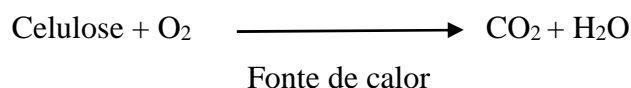
- h) Calor de pré-ignição: é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do material combustível até sua temperatura de ignição.

O fogo, ou a combustão, é o fenômeno resultante da aplicação de calor a uma substância combustível, na presença do ar (oxigênio). Com a elevação da temperatura, o material combustível entra num processo de desintegração, resultando na liberação de gases. Estes, por serem inflamáveis e entrarem em contato com o oxigênio do ar, dão continuidade ao processo, retroalimentando a combustão devido à energia liberada (combustão em chamas).

O fogo é uma rápida reação química de oxidação. A decomposição natural da matéria orgânica também é uma reação de oxidação, só que ocorre lentamente, à temperatura ambiente e com baixa liberação de calor.

A combustão é uma reação inversa à da fotossíntese, conforme pode ser observado a seguir:

Fotossíntese:

Combustão:

Fases da combustão da madeira

A combustão é uma reação complexa porque envolve uma série de variáveis que interagem num processo de retroalimentação. Essa reação pode ser dividida em três fases distintas.

Na *primeira fase*, denominada pré-aquecimento, o processo inicia-se com a evaporação da umidade do material combustível. A *segunda fase* começa com a quebra da celulose, também denominada decomposição térmica do combustível. Ao atingir cerca de 200 °C, os gases voláteis começam a se desprender, entrando em ignição na presença de oxigênio, na forma de chamas visíveis, a uma temperatura entre 300 e 400 °C. Após a combustão em chamas, inicia-se a *terceira fase*, denominada combustão em brasas (ou sem chamas), que é a queima do carvão residual, completando-se o ciclo da combustão. Na combustão completa, o resultado final são as cinzas, compostas pelos constituintes químicos do combustível. Deve-se ressaltar que as três fases ocorrem simultaneamente durante um incêndio florestal.

O espalhamento do fogo para realimentar a combustão ocorre mediante os três processos de transferência de energia: convecção, radiação e condução. Este último é pouco significativo, uma vez que tanto o material lenhoso quanto o solo são pobres em condução de calor. Para que a condução tivesse uma contribuição significativa, as chamas deveriam permanecer sobre um determinado ponto por longo tempo. Entretanto, para as chamas se manterem, é necessário que a linha frontal se movimente na direção do material combustível ainda não queimado.

Pode-se concluir que, tanto a combustão quanto os processos de transferência de energia, ocorrem de forma contínua e interdependente e sofrerão variação de acordo com as

características do material combustível, tais como tamanho, umidade, arranjo e quantidade.

As diferenças entre a combustão em chamas e a combustão em brasas são fundamentais para estudos sobre os efeitos ecológicos do fogo. A combustão em chamas é a principal responsável pela morte das plantas, enquanto a combustão em brasa afeta em primeiro lugar o consumo de húmus e as sementes sobre o solo.

Transferência de calor durante um incêndio

Existem três processos de transferência de calor durante um incêndio:

- a) **Condução:** é a transferência de calor devido à atividade molecular. A condutividade térmica, que é a habilidade da substância em conduzir calor, é que determina maior ou menor condução de calor.
- b) **Convecção:** é a transferência de calor através do movimento de líquido ou gás aquecido (como o ar). É mais rápida que a condução para transferir calor, sendo mais importante nos processos atmosféricos.
- c) **Radiação:** é a transferência de calor através das ondas eletromagnéticas. Difere das anteriores por não necessitar da matéria no processo de transferência.

Além dos três processos clássicos de transferência de calor, durante um incêndio florestal, ocorre ainda uma quarta modalidade, que é o espalhamento do fogo por meio do lançamento de fagulhas, denominado dispersão por chamas.

Caracterização dos incêndios florestais

Fatores que influenciam a ocorrência e o comportamento dos incêndios florestais

A ação do fogo sobre o ambiente natural depende de outros fatores além daqueles necessários para a ocorrência da combustão (metade superior da Figura 1, abaixo): fonte de calor, oxigênio e material combustível. Para a ocorrência de um incêndio florestal ou para a realização de uma queima, a influência das condições meteorológicas é fundamental e decisiva. Além das condições do tempo, que podem favorecer o início do fogo, há ainda os fatores topográficos, que podem contribuir para uma queima mais intensa e para maior velocidade de propagação do fogo, bem como para um maior ou menor grau de dificuldade de combate, relacionado principalmente com as condições de acesso ao local do sinistro.

O triângulo do fogo (metade superior da Figura 1) reúne as condições básicas para a combustão. Entretanto, o comportamento do fogo é melhor representado pelo losango do fogo, que reúne os fatores fundamentais para a ocorrência dos incêndios.



Figura 1 - Losango do fogo.

Antes de prosseguirmos, é necessária uma distinção entre tempo e clima. Ao passo que tempo é o estado momentâneo da atmosfera em determinado lugar, clima pode ser definido como a sucessão ou o conjunto de variações desses estados médios (podendo, logicamente, ocorrer anomalias), o que vai caracterizar a atmosfera de um lugar. Assim, clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam, durante um longo período, o estado médio da atmosfera e sua evolução num determinado local. É possível, por exemplo, ocorrer tempo frio em uma região de clima quente. Para se determinar e caracterizar o clima de uma área é necessária uma longa série ininterrupta de observações diárias dos “tempos”, algumas vezes por dia e, segundo Torres e Machado (2011), essas observações nunca podem ser realizadas num período inferior a 30/35 anos.

Tempo e clima exercem grande influência sobre os incêndios florestais. Ao clima associamos o tipo de vegetação encontrada (floresta tropical, ou savanas, ou campos, etc.), a época do ano mais favorável às ocorrências de incêndios, a distinção de domínios microclimáticos, dentre outros fatores. Ao tempo, destacamos seu reflexo no estado fenológico dos combustíveis, bem como as transformações das condições meteorológicas locais pelas ocorrências de incêndios. Mais detalhes serão tratados ao longo do texto.

As características dos incêndios são afetadas pelas complexas interações entre a vegetação, clima (e tempo), topografia e atividades antrópicas ao longo do tempo (cronológico). Em escalas regionais, o clima, por determinar o teor de umidade do combustível, além da quantidade de biomassa, é o principal controlador das características dominantes dos incêndios, bem como do tipo de vegetação encontrada. Além disso, uso do solo e topografia também afetam a frequência, velocidade de propagação e tamanho das áreas queimadas.

O comportamento do incêndio florestal depende basicamente dos três fatores representados pelos lados do triângulo inferior da Figura 1, os quais são detalhados a seguir.

Relevo

O relevo, sob determinado ponto de vista, afeta indiretamente os incêndios florestais, por meio da influência direta que exerce sobre os outros dois fatores (o clima e a vegetação). As principais variáveis topográficas que interagem tanto com o clima quanto com a vegetação são a exposição da vertente (encosta), sua forma e inclinação. Superfícies com orientações e inclinações diferentes recebem quantidades diferentes de radiação solar global em comparação com uma superfície plana, em uma mesma localidade e época do ano. O Sol culmina no zênite (representando maior ganho energético) em locais cuja latitude é igual ao valor da inclinação do eixo da Terra. Assim, nos equinócios (21 de março e 23 de setembro) o Sol culmina no zênite sobre o Equador, apresentando em todos os pontos da Terra dias e noites com a mesma duração. No solstício de verão no Hemisfério Sul e solstício de inverno no Hemisfério Norte (22 de dezembro), o Sol culmina no zênite para a latitude - 23° 27' (Sul); pelo fato de esta ser a maior declinação alcançada no Hemisfério Sul, essa latitude recebe o nome de Trópico de Capricórnio. Em 21 de junho, o Sol culmina no zênite para 23° 27' (Norte), latitude que define a posição do Trópico de Câncer, tem-se, assim, o solstício de verão no Hemisfério Norte e o solstício de inverno no Hemisfério Sul. Nas latitudes superiores a 23° 27' o Sol não culmina zenitalmente em dia nenhum do ano. Assim, observa-se que o Sol durante grande parte do ano culmina no zênite ao norte do Estado de Minas Gerais (Figura 2). Esse fator faz com que encostas orientadas para o Norte recebam maior insolação que aquelas voltadas para o Sul, as quais, por sua vez, recebem maiores precipitações devido aos ventos carregados de umidade vindos do oceano (S e SE).

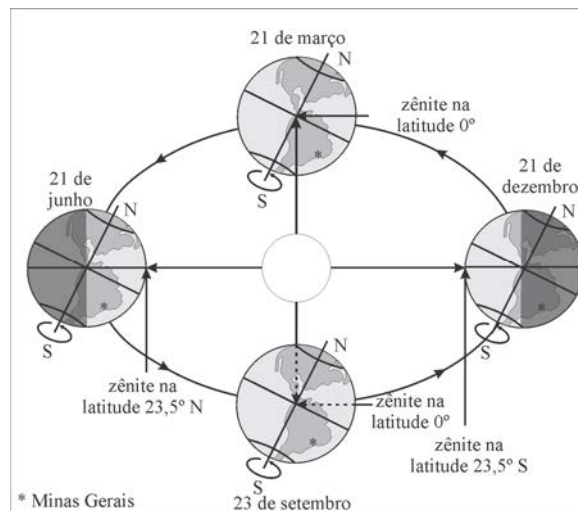


Figura 2 - Exposição solar de acordo com a sazonalidade.

Por outro lado, existem variações internas de caráter geomorfológico que individualizam dentro das encostas áreas mais ou menos propícias à ocorrência de incêndios. Elas são segmentos geométricos que se apresentam sob três formas principais: côncava, convexa e retilínea (Figura 3). As formas côncavas se caracterizam como zonas de convergências de fluxo e, conseqüentemente, de maior concentração de umidade; ao passo que as convexas e retilíneas (em encostas) condicionam a formação de zonas de divergências de água e baixa umidade, sendo, dessa forma, mais suscetíveis à ocorrência de incêndios.

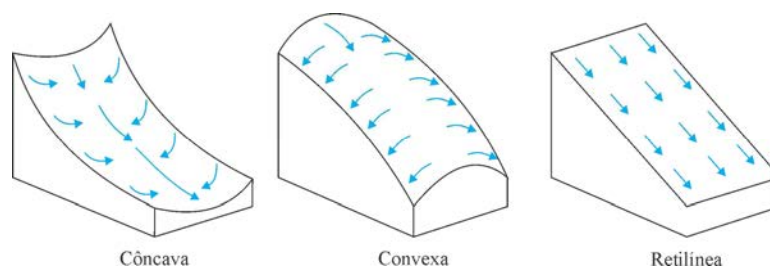


Figura 3 - Formas geométricas das vertentes.

Com relação à declividade, em encostas mais íngremes, percebe-se facilmente que a água da chuva flui com muita rapidez, infiltrando em menor quantidade e tornando o local mais seco. Além da interferência da inclinação do terreno no fluxo da água, a propagação do fogo em locais com alguma declividade tem comportamento distinto daquela que ocorre em áreas sem declividade, em função do efeito de fatores adicionais como a convecção e a radiação. Se existe um mínimo de declividade, a taxa de propagação tende a crescer e será tanto maior quanto maiores forem as transformações microclimáticas na zona de combustão. A intensidade do fogo nas áreas de aclive é maior devido ao superaquecimento do material combustível acima da frente da linha de fogo, pela maior proximidade das chamas, se comparada à intensidade do fogo que ocorre nos terrenos planos (Figura 4).

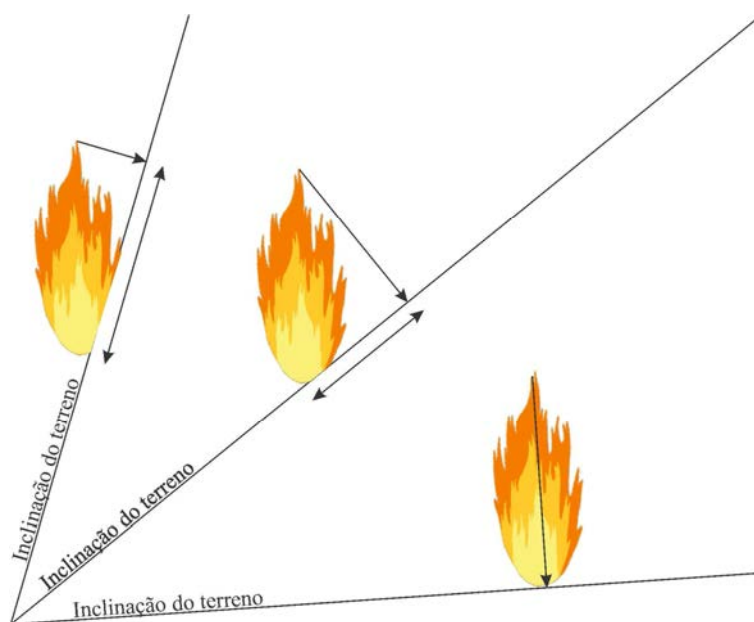


Figura 4 - Influência da declividade no aquecimento do combustível à frente da linha de fogo

Condições meteorológicas

Dos três fatores principais (condições meteorológicas, combustíveis e relevo) que controlam o comportamento dos incêndios, as condições meteorológicas são geralmente consideradas as mais dinâmicas. Nos incêndios em vegetação, elas desempenham um papel fundamental na avaliação do comportamento do fogo, sobretudo por causa do dinamismo e da velocidade de suas variações, compondo quadros distintos a cada período de tempo, o que dificulta a sua análise. Os elementos meteorológicos mais importantes para a avaliação do comportamento do fogo são: a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a precipitação e o regime eólico (ventos e sua intensidade e direção). A literatura afirma, inclusive, que o clima é o fator preponderante na propagação dos incêndios florestais, e, de certa forma, os demais elementos (vegetação e relevo) são por ele demasiadamente influenciados, embora o contrário também ocorra.

A temperatura ambiente elevada, associada a uma baixa umidade relativa do ar, pressiona e favorece o princípio do poder evaporativo nos vegetais, tornando-os mais secos e, conseqüentemente, mais combustíveis. Por sua vez, os ventos alimentam a combustão e direcionam os incêndios, facilitando, portanto, sua propagação.

Quando somente se analisam os ciclos meteorológicos periódicos, consegue-se antever suas interações e as influências nos incêndios, porém o problema maior reside no fato de que, uma vez instalado o incêndio florestal, serão estabelecidas projeções novas e mutáveis, oriundas das modificações microclimáticas que provém das transformações químicas e físicas, como por exemplo, na formação das colunas de convecção.

Material combustível

Num incêndio florestal, como dito, material combustível é todo tipo de matéria orgânica, representada pela vegetação viva ou morta, que se encontra no ambiente aberto.

O material combustível pode ser classificado com base em diferentes características, e essa categorização possibilita melhor organização das informações, tal como mapeamento do material, e melhor entendimento a respeito do comportamento do fogo, o que facilita a tomada de decisões durante o combate. As classificações mais usuais são mostradas a seguir:

a) Quanto ao local de ocorrência

- a.1 Material combustível subterrâneo – é todo material orgânico acumulado abaixo da superfície do solo. O material orgânico subterrâneo não chega a ser um problema grande, a não ser em certas regiões restritas, em que algumas áreas, como várzeas e mangues, depósitos naturais de matéria orgânica, sofreram processo de drenagem, ou como as turfeiras, nas quais outros fatores preservaram a matéria orgânica acumulada.
- a.2 Material combustível superficial – para efeito de classificação, o material combustível superficial corresponde a todo material orgânico existente acima da superfície do solo até cerca de 2m de altura (Figura 5). A maioria dos incêndios atinge esse material, pelo fato de ser composto de material fino e de pequena espessura e de ser o principal responsável pela manutenção dos processos da combustão e, conseqüentemente, da propagação do fogo.



Figura 5 - Material combustível superficial dentro de um plantio de eucalipto.

a.3 Material combustível aéreo (Figura 6) – corresponde a todo material existente acima de 2m a partir da superfície terrestre, incluindo a copa das árvores.



Figura 6 - Material combustível aéreo.

b) Quanto ao tamanho

Uma das características mais importantes do material combustível está relacionada às suas dimensões, principalmente com a espessura ou com o diâmetro das partículas. Quanto mais finos forem os elementos individuais do combustível, mais rápida é a troca de umidade com o ar atmosférico. Assim, a dispersão do fogo acontece com maior ou menor velocidade se o material perder ou absorver maior quantidade de água, respectivamente. Registros estatísticos mostram que grande parte dos incêndios ocorrem no período entre 13 e 17 horas, o que coincide com a hora de menor umidade relativa do dia e conseqüentemente quando ocorre maior perda de umidade do material combustível, além de outras variáveis como maior temperatura. Brown *et al.* (1982) estipularam o *time lag* para a umidade do material combustível se adequar à umidade relativa do ar de acordo com o diâmetro do material combustível (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes do diâmetro do material combustível de acordo com o *time lag*

Diâmetro	<i>Time lag</i>
≤ 0,63 cm	1h
Entre 0,63 e 2,54 cm	10h
Entre 2,54 e 7,62 cm	100h
> 7,62 cm	1000h

Fonte: Brown *et al.* (1982)

c) Quanto à inflamabilidade

- c.1 Combustível de combustão rápida – também denominado material combustível leve. Corresponde a todo material combustível fino, que absorve ou perde

umidade com facilidade e por isso é de alto acendimento e combustão, queimando-se por completo, como por exemplo as gramíneas, folhas, ramos finos, etc.

- c.2 Combustível de combustão lenta – também denominado combustível pesado. São materiais mais espessos e por isso perdem umidade mais lentamente, exigindo mais tempo para entrar em ignição, resultando numa combustão mais demorada, a qual nem sempre é completa, como por exemplo tronco de árvores, galhos grossos, etc.
- c.3 Combustível verde – corresponde a todo material vivo (herbáceo ou lenhoso) e como tal, com maior teor de água que o material morto. Essa condição, entretanto, não assegura que a combustão e, conseqüentemente, o incêndio florestal não acontecerão. Se houver material combustível suficiente para sustentar o fogo, o processo pode se desencadear e o material vivo, principalmente o de menor dimensão, entrará em combustão.

d) Outras características

O material combustível, por ser um fator de extrema importância nos planos de proteção, pode ser descrito de outras maneiras, como forma de melhor compreender o comportamento dos incêndios florestais. Dentre essas características destacam-se:

- d.1 Arranjo – é a sua distribuição dentro dos estratos florestais, tanto no plano vertical como horizontal.
- d.2 Continuidade – é a presença de material em uma área, de forma homogênea e contínua, de maneira que permite o avanço do fogo com maior facilidade e rapidez. A continuidade pode ser tanto num plano horizontal (Figura 7), a qual permite o fogo dispersar-se por longas distâncias, ou num plano vertical (Figura 8), característica que possibilita a ocorrência dos incêndios de copa. Neste último caso, a continuidade vertical

permite às chamas subirem da superfície do solo até a copa das árvores. Por outro lado, a descontinuidade do material combustível (Figura 9) dificulta a propagação do fogo.

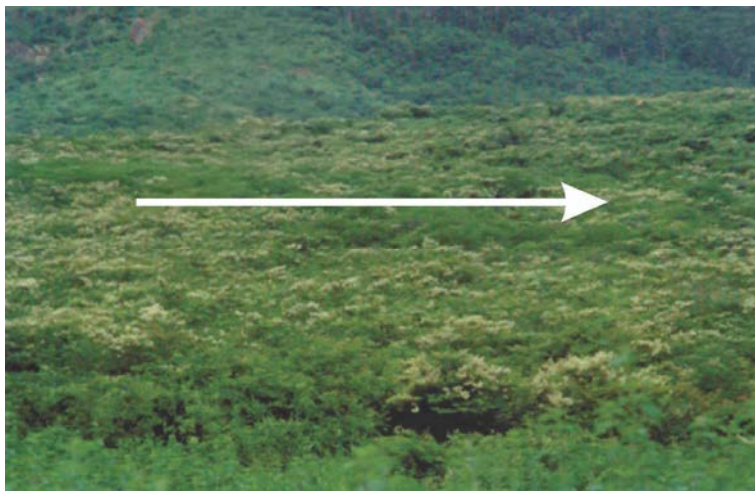


Figura 7 - Continuidade horizontal das copas.



Figura 8 - Continuidade vertical.



Figura 9 - Descontinuidade do material combustível, tanto no plano horizontal, ao nível do solo, quanto no plano vertical.

- d.3 Compactação – está relacionada com a densidade do material combustível ou com os espaços vazios existentes entre as partículas individuais. Material mais compacto leva à condição de maior umidade e menor concentração de oxigênio, o que resulta em maior dificuldade de combustão.
- d.4 Quantidade – é o peso de matéria seca existente por unidade de área. Normalmente é dada em kg.m^{-2} ou t.ha^{-1} . A quantificação de material combustível é importante nos trabalhos de caracterização dos incêndios florestais e na associação dessas características com os efeitos do fogo. Em condições naturais, o material combustível existente nem sempre é totalmente eliminado durante o incêndio. O material realmente consumido é denominado material combustível disponível.

- d.5 Umidade – a presença de água no interior das partículas do material combustível é fator decisivo no processo de combustão. Se o material combustível está úmido ele somente entrará em combustão após a evaporação da água. E esta só irá evaporar se houver fonte de calor suficiente e de maneira persistente. Com isso, parte do calor que estaria contribuindo para o pré-aquecimento e para desencadear a combustão é desviada para a evaporação da umidade.

A umidade no combustível vivo varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta. Um vegetal vivo, no início de seu ciclo de crescimento, como por exemplo uma brotação nova, chega a ter 300% de umidade, enquanto uma folha, começando a amarelar, possui cerca de 50%. No material morto, a umidade pode atingir teores de umidade bem mais baixos, chegando próximo de zero nas partículas mais finas e a mais de 200% após longos períodos de chuva.

Tipos e formas de incêndios florestais

Um incêndio florestal pode ser caracterizado por meio de uma descrição qualitativa, a qual utiliza-se de métodos subjetivos, como alta ou média intensidade ou temperatura, ou quantitativa, que permite fazer comparações com outras ocorrências.

Tipos de incêndios florestais

Os incêndios são classificados, em função do estrato de combustível afetado, como:

- a) Incêndios subterrâneos – propagam-se lentamente através das camadas de húmus ou turfa existentes abaixo da superfície do solo. Apresentam pouca fumaça, sendo de difícil detecção e combate (Figura 10).



Figura 10 - Incêndio subterrâneo em Figueira da Foz (Portugal).

Foto: Nuno Osório, 2017.

- b) Incêndios superficiais – propagam-se na superfície do solo, queimando os restos vegetais não decompostos até cerca de 2,0 m de altura. Possuem propagação rápida, abundância de chamas e liberação intensa de calor (Figura 11).



Figura 11 - Incêndio superficial em Viseu (Portugal).

Foto: Nuno Osório, 2017

- c) Incêndios de copa – caracterizam-se pela propagação do fogo através das copas das árvores. Geralmente ocorrem a partir de incêndios superficiais. Propagam-se rapidamente e têm grande poder de destruição (Figura 12).



Figura 12 - Incêndio de copa em Figueira da Foz (Portugal).

Foto: Nuno Osório, 2017

Partes de um incêndio

Um incêndio sempre começa através de um pequeno foco, que inicialmente tende a se propagar para todos os lados. Quando há a predominância de uma direção do vento, há uma maior propagação neste sentido, do que ocorre a separação entre cabeça do incêndio (frente que avança mais rapidamente) e sua cauda ou retaguarda (frente que se propaga mais lentamente). Entre essas duas linhas existem os flancos, direito e esquerdo, de acordo com sua posição em relação à retaguarda e à cabeça. Por vezes, a inclinação do vetor vento pode fazer com que um dos flancos avance mais rapidamente que o outro, neste caso, denomina-se

flanco quente o mais rápido e flanco frio o mais lento. Dentro do perímetro do incêndio podem existir condições para que parte do combustível não se queime, formando ilhas. Essas condições heterogêneas podem acarretar também um retardo na frente de propagação em algumas áreas, formando bolsas e dedos. Quando há projeções, podem se formar os focos secundários, fora do perímetro da ocorrência principal (Figura 13). É importante a identificação destes elementos antes do combate, pois dependendo da extensão da ocorrência, a borda de uma bolsa, se confundida com algum flanco (ou cabeça), pode formar uma armadilha caso o dedo se una com o incêndio, aprisionando os combatentes, que neste caso estariam completamente cercados pelo fogo.

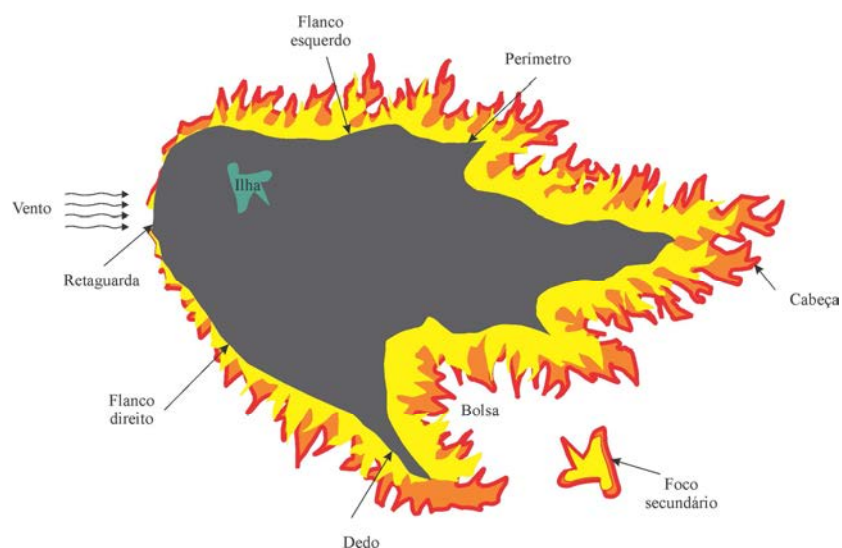


Figura 13 - Partes de um incêndio.

Formas de um incêndio

Vários fatores, como a existência de ventos, declividade do terreno e tipo de combustível definem a forma final dos incêndios, a qual pode ser circular, irregular ou elíptica (Figura

14). Em áreas planas, com ausência de vento predominante e material combustível homogêneo, costumam prevalecer as formas mais circulares, por outro lado quando uma direção de vento se sobressai (dentro das mesmas condições topográficas e de combustíveis), formam-se feições mais elípticas no sentido do vento. Quando há heterogeneidade de combustíveis e topografia, são observadas feições irregulares.

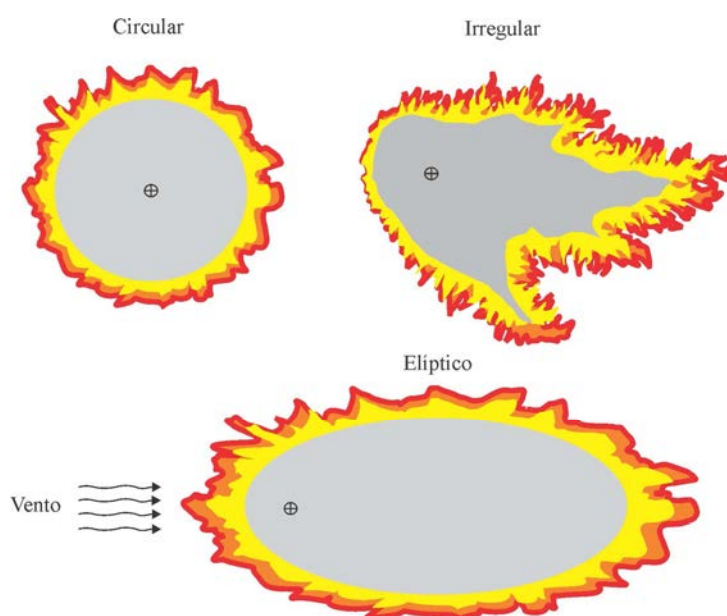


Figura 14 - Principais formas de um incêndio.

Comportamentos dos incêndios florestais

Parâmetros do comportamento do fogo

Através da interação entre os fatores que controlam seu comportamento (condições meteorológicas, relevo e material combustível), o fogo apresenta alguns parâmetros que podem ser mensurados, o que ajuda tanto na formalização de ações de prevenção, quanto de combate. Os parâmetros mais importantes são:

- a) **Taxa ou velocidade de propagação (r)** – é a velocidade com que a linha de fogo avança sobre o material combustível ainda não queimado. A velocidade pode ser medida em m.s^{-1} ou km.h^{-1} .
- b) **Intensidade de queima (I)** - é a quantidade de energia liberada por unidade de comprimento da linha de fogo e por unidade de tempo. Dada em $\text{kcal.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ (lê-se quilocaloria, por segundo, por metro linear de frente do fogo).

$$I = H_{\text{úmido}} \cdot w \cdot r$$

Onde:

I = intensidade da linha de fogo, em $\text{kcal.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$;

$H_{\text{úmido}}$ = poder calorífico do material combustível úmido, em kcal.kg^{-1} ;

w = peso do material combustível consumido ou disponível, em kcal.m^{-2} ;

r = velocidade de propagação do fogo, em m.s^{-1} .

Observações:

- b.1) O poder calorífico do material úmido é sempre inferior ao poder calorífico do material seco, pois parte do calor é desviado para a evaporação da água. O poder calorífico do material úmido é calculado pela seguinte fórmula:

$$H_{\text{úmido}} = H_{\text{seco}} * \left[\frac{(100 - \frac{U}{7})}{(100 + U)} \right]$$

Em que:

$H_{\text{úmido}}$ = poder calorífico do material úmido;

H_{seco} = poder calorífico do material seco (determinado pela bomba calorimétrica);

U = conteúdo de umidade do material antes da queima, em %.

- b.2) A determinação da quantidade de material combustível, com base no peso de matéria seca, é dada por:

$$\text{Peso Matéria seca (w)} = \left[\frac{\text{Peso do material úmido}}{(100 + \text{umidade da matéria})} \right] * 100$$

A umidade do material é dada em porcentagem.

- b.3) A quantidade de material combustível disponível é a diferença entre as quantidades, com base na matéria seca, existentes antes e após a queima.

- c) **Energia liberada (H_a)** - é a quantidade de energia liberada por unidade de área.

$$H_a = \frac{I}{r}$$

Em que:

H_a = energia liberada, em kcal.m⁻²;

I = intensidade da linha de fogo, kcal.m⁻¹.s⁻¹;

r = velocidade de propagação do fogo, m.s⁻¹.

- d) **Altura do crestamento letal (h_s)** - corresponde à altura da copa atingida pelos gases aquecidos, provocando desidratação e morte das folhas.

$$h_s = \frac{3,94 * I^{\frac{7}{6}}}{(0,107 * I + r^3)^{0,5} * (60 - T)}$$

Em que:

h_s = altura de crestamento, em m;

I = intensidade da linha de fogo, em kcal.s⁻¹.m⁻¹;

r = velocidade de propagação m.s⁻¹;

T = temperatura do ar em °C.

- e) **Tempo de residência (t_r)** - é o tempo durante o qual o fogo fica queimando sobre um ponto específico.

$$t_r = \frac{P}{r}$$

Em que:

t_r = tempo de residência, em s;

P = profundidade ou largura das chamas, em m;

r = velocidade de propagação do fogo, em $m.s^{-1}$.

- f) **Temperatura de queima** - é a temperatura tomada num determinado ponto quando a frente de fogo passa sobre ele.
- g) **Altura de carbonização** - é a marca carbonizada deixada nos troncos pelas chamas.
- h) **Altura da chama** - é a altura perpendicular das chamas a partir do nível do solo (Figura 15).
- i) **Comprimento da chama** - é a distância entre o ponto médio da base e o ponto mais alto (Figura 15).
- j) **Profundidade da chama** - é a dimensão da base da chama tomada no sentido da sua progressão (Figura 15).

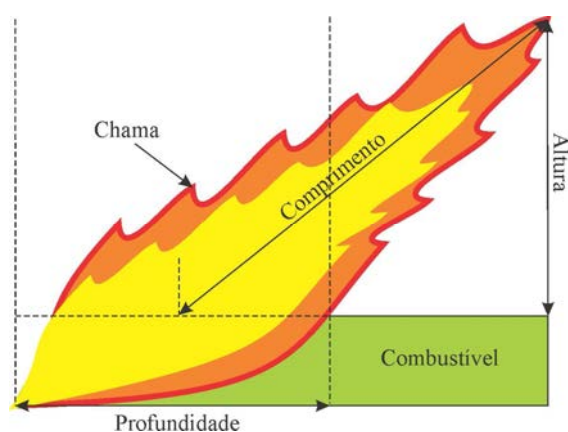


Figura 15 - Medidas da chama.

Comportamento excepcional

Poder-se-ia dizer que o comportamento excepcional do fogo é o resultado da interação entre diversos fatores sob condições de maior severidade, incrementando a velocidade de propagação e a intensidade do fogo.

A definição do comportamento excepcional do fogo foi estabelecida no glossário da National Wildfire Coordination Group – NWCG (EUA) –, com a seguinte definição:

"Excepcional" implica um nível de características de comportamento ao fogo que normalmente impede métodos de ação de controle direto. Um ou mais dos seguintes itens estão geralmente envolvidos: alta taxa de propagação, potencial para a ocorrência de fogo de copas e / ou projeções, presença de redemoinhos de fogo e intensa coluna de convecção. A previsibilidade é difícil porque esses incêndios geralmente exercem um determinado grau de influência no seu entorno e se comportam de maneira irregular, por vezes perigosamente.

Quando um incêndio florestal é pequeno ou não tem um comportamento muito intenso, pode-se dizer que está dentro de capacidade de extinção. Normalmente, nesta situação, o comprimento de chamas não é muito elevado, pelo que a energia libertada pela frente de chamas é transferida por radiação apenas para os combustíveis florestais adjacentes, inflamando-os. Esse tipo de incêndio pode ser controlado por meio da implementação de medidas que causem descontinuação no combustível situado na linha de frente de chamas, tais como a criação de um caminho, um aceiro, uma faixa úmida pela aplicação de água por meio aéreo (método indireto) ou a eliminação do combustível por meio do fogo tático.

No entanto, por vezes ocorre um forte aumento da intensidade do fogo, que passa a apresentar grandes comprimentos de chama e rápidas e intensas propagações.

Quando isso acontece, a quantidade de calor libertado pela frente de chamas, a qual evolui sobre uma elevada carga de combustível disponível, é transferida por convecção para os combustíveis de curto e de médio alcance. O fluxo de ar quente e de partículas procedentes da combustão será tanto maior quanto maior a intensidade do fogo, esta definida por um aumento do comprimento de chama.

O aumento da potência convectiva permitirá transportar partículas em maior quantidade e de maiores dimensões, sendo este fenómeno favorecido pelo aumento da altura dos povoamentos florestais e da carga de combustível, pela existência de combustíveis de escada, pelo relevo recortado e com encostas expostas, assim como pelo aumento da instabilidade atmosférica (Figura 16). Quando a convecção é intensa, o comportamento do fogo expetável será excepcional e sua previsão exata se tornará complicada. A coluna formada endireita-se para subir vários quilómetros na atmosfera e posteriormente perder força e se inclinar para onde sopra o vento geral de altura; ela pode inclusive girar sobre si própria e lançar material incandescente, intensificando a formação de focos secundários derivados das projeções, atingindo longas distâncias (Figura 17). Nessas condições, o incêndio não se propaga de forma contínua pelo avanço de uma frente de chamas, mas por saltos e impulsos, alternando com fases menos intensas e fases muito críticas, origina inúmeros focos secundários a grandes distâncias, os quais podem convergir para uma imensa coluna convectiva. Obviamente, esse tipo de incêndio encontra-se fora de capacidade de extinção.



Figura 16 - Uma coluna convectiva lança projeções, dando origem a focos secundários que acabarão por interagir, incrementando a intensidade do fogo.

Foto: E. Oliveira, 2016.



Figura 17 - Coluna convectiva girando sobre si mesma, o que demonstra o potencial convectivo deste incêndio.

Foto: E. Oliveira, 2016.

Durante a ocorrência de incêndios excepcionais, alguns indicadores são observados (Tabela 2).

Tabela 2 - Indicadores do comportamento excepcional do fogo

Indicador	Interpretação
Coluna de fumaça bem desenvolvida	Aumento da intensidade do fogo e propagação em qualquer direção, apresentando potencial para percorrer grandes áreas que se encontrem disponíveis
Alteração da coluna de fumaça	Se escurecer e começar a girar rapidamente pode indicar que a intensidade do fogo aumentou
Copas das árvores começam a arder	O fogo inicia um processo de transição de superficial para fogo de copas
Avivamento do fogo em materiais incandescentes	Alterações nas condições atmosféricas, pelo aumento da intensidade, poderá antecipar um incremento na intensidade do fogo
Redemoinhos de fogo	O fogo superficial poderá converter-se num potencial fogo de copas, mesmo com descontinuidade vertical de combustíveis
Aumento na frequência de focos secundários	Aumento considerável da propagação e complexidade do fogo

A seguir, apresentam-se algumas condições dos diversos fatores que em determinadas situações poderão levar a um desenvolvimento excepcional do comportamento do fogo. Essa situação tende a ser mais complexa no caso destas condições ocorrerem no mesmo período. Por outro lado, é importante focar não só na área que arde, mas também na área com potencial de

arder. Os incêndios terão maior probabilidade de “explodir” quando se reunirem cumulativamente as seguintes condições:

1 - Características do Combustível

Em relação aos combustíveis, os fatores que mais influenciam uma rápida propagação do fogo são: i) baixo conteúdo de umidade; ii) alta quantidade de combustível morto e fino; iii) continuidade horizontal e disponibilidade vertical (combustíveis de escada) de combustíveis altamente inflamáveis.

Importa salientar que uma paisagem homogênea ao nível dos complexos de combustível permitirá alimentar e manter um comportamento do fogo igualmente homogêneo, tanto mais intenso quanto maior for a carga de um mesmo combustível disponível e com as condições referidas anteriormente.

Note-se que a variação da umidade do combustível morto é muito mais rápida que a do combustível vivo (tempo de retardação), pelo que determinadas condições meteorológicas que durem 1 hora, 10 horas, 100 horas ou 1000 horas exercerão, de forma considerável, alterações no comportamento do fogo, porém sendo o combustível morto de 10 horas o mais determinante. Enquanto os combustíveis de 1 hora apresentam uma grande variabilidade ao longo de 24 horas, pelo efeito da combinação temperatura-umidade relativa do ar, a suscetibilidade dos combustíveis de 10 horas implica uma continuidade das condições meteorológicas que favorecem a secagem, permitindo a fácil propagação do incêndio desde os combustíveis mais finos aos de diâmetro superior, o que por sua vez conduzirá a um aumento da intensidade do fogo.

Por outro lado, os combustíveis vivos em avançado estado fenológico e com condições de estresse hídrico poderão conduzir a incêndios muito complexos, esperando-se um comportamento excepcional do fogo.

2 - Condições topográficas

O terreno pode variar acentuadamente numa paisagem, particularmente em territórios montanhosos. Nesse sentido, o relevo tem um impacto direto no estado dos combustíveis, tanto ao nível da sua disponibilidade como ao seu nível de suscetibilidade à combustão, de forma que as características topográficas alteram os processos normais de transferência de calor e modificam os padrões gerais do tempo atmosférico, produzindo assim condições meteorológicas locais – microclimas.

As diferenças de altitude e o declive contribuem para as variações da temperatura e da umidade relativa, afetando por sua vez: a quantidade de precipitação recebida e a data em que a vegetação se seca. O declive ou grau de inclinação, bem como a exposição afetam a quantidade de combustível disponível e determinam a velocidade de propagação do fogo.

Quanto mais pronunciado for o declive, maior será o grau de pré-aquecimento a que podem estar submetidos os combustíveis e tanto mais rápida a propagação do fogo.

As alterações no declive também alteram os efeitos do vento num incêndio. Para uma encosta com um declive superior a 20%, cada aumento adicional de 20% implica um aumento de 1,5 km/h no processo ascendente do vento. Por exemplo, para um declive de 20 a 40% adiciona-se ao processo ascendente 1,5 km/h à velocidade do vento ao nível das chamas. Entre 40 e 60%, o processo ascendente será de 3 km/h e para declives superiores a 60% os ventos ao nível das chamas aumentam em 4,5 km/h.

Um terreno acidentado, com declives abruptos, superiores a 30% podem incrementar as condições de propagação do fogo e, normalmente podem apresentar microclimas associados e dependentes da topografia dominante. Destacam-se entre as formas: os vales encaixados, barrancos e talvegues.

3 - Condições meteorológicas

A temperatura condiciona a disponibilidade dos combustíveis florestais, mas também a baixa umidade relativa do ar indica a presença de ar seco nas camadas baixas da atmosfera, sendo determinantes, de forma independente ou no conjunto, no condicionamento do estado dos combustíveis. Esta condição poderá ainda ser influenciada pela exposição dos combustíveis à radiação solar.

Os ventos associados ao comportamento excepcional de fogo podem ser causados por superfícies frontais, trovoadas e o efeito secante (em Minas Gerais, associado à mTc – Massa Tropical Continental – a qual é associada à Depressão do Chaco ou à mTa – Massa Tropical Atlântica). O vento, para além de favorecer a combustão por aporte de oxigênio e de favorecer a propagação por incrementar a transferência de calor por radiação e condução, também contribui à formação de focos secundários pelo transporte de fagulhas.

Igualmente, a instabilidade atmosférica constitui o ambiente ideal para o desenvolvimento vertical do ar. As correntes ascendentes e descendentes vão facilitar o aporte de oxigênio para a combustão e incrementar a transferência de calor e o transporte de material incandescente que pode originar focos secundários.

Sob certas condições, uma atmosfera instável com ventos localmente fortes e fogo intenso poderá conduzir à formação de grandes colunas convectivas, pelo que o incêndio passa a ser dominado pela coluna convectiva.

Note-se que a reduzida precipitação estacional (abaixo das normais climatológicas) e períodos de seca prolongados conduzem à redução do conteúdo de umidade no solo e nos combustíveis mortos e vivos, tornando estes mais disponíveis ao fogo.

Modelos de comportamento do fogo

Para além dos tipos de propagação do fogo – superficial, copas e subterrâneo – os incêndios também se classificam quanto ao comportamento do fogo baseado nos fatores que dominam a propagação, podendo ser de três tipos:

1 - Incêndio de Vento

Os incêndios de vento são incêndios florestais cujo motor principal na propagação é o vento, dependendo da sua força e do seu rumo enquanto dura o período meteorológico deste. Por vezes o vento não é muito intenso, mas é o único fator a se destacar (por exemplo numa planície homogênea). Neste caso, o incêndio corre à frente do vento, mas sem alterações significativas derivadas de variações no combustível ou na topografia. Quando os ventos de superfície são muito intensos, as fagulhas tendem a cair próximo da frente de chamas e produzir focos secundários, o que obriga a uma atenção rigorosa na direção da pluma (coluna de fumaça) (Figura 18). Esse tipo de incêndio costuma adotar perímetros alongados na direção do vento.



Figura 18 - Incêndio comandado pelo vento.

A grande desvantagem nesses incêndios é que a velocidade de propagação é muito elevada ($> 2\text{km/h}$), normalmente muito superior à velocidade dos meios de extinção, ou seja, a frente do incêndio avança muito mais rápido do que os meios para conter o avanço progressivo desde a cauda.

Os prognósticos do vento são a chave de previsão do comportamento do fogo, pelo que é necessário estudar no local a influência deste e interpretar a influência da força e do sentido do vento no incêndio.

2 - Incêndio Topográfico

Os incêndios topográficos (Figura 19), são dominados pelo próprio relevo, desenvolvendo-se segundo o eixo de propagação definido pelo território, isto é, a maior influência no comportamento do fogo é a variação da topografia. Por outras palavras, as variações na intensidade do comportamento do fogo podem ser previstas se entendermos o efeito da topografia sobre a inflamabilidade do combustível, os ventos e o potencial de propagação.



Figura 19 - Incêndio comandado pela topografia.

Esse tipo de incêndio dá-se em terrenos em que o declive, as encostas e os vales influenciam claramente a propagação.

Os incêndios conduzidos pela topografia são um dos tipos de incêndio em que os efeitos da variação da inflamabilidade dos combustíveis são muito aparentes. Neste caso, a hora do dia, a exposição e a localização do incêndio na topografia são ingredientes chave na previsão das variações do comportamento do fogo. Os cenários mais comuns para o desenvolvimento desse tipo de incêndio são as encostas (expostas), os vales e os colos.

Destaca-se que os incêndios em vales são dos mais complicados de combater, dada a sua alta perigosidade devido à ocorrência de situações de comportamentos excepcional do fogo. Na maioria das vezes, há que dar por perdida toda a superfície correspondente à bacia de drenagem (Figura 20).

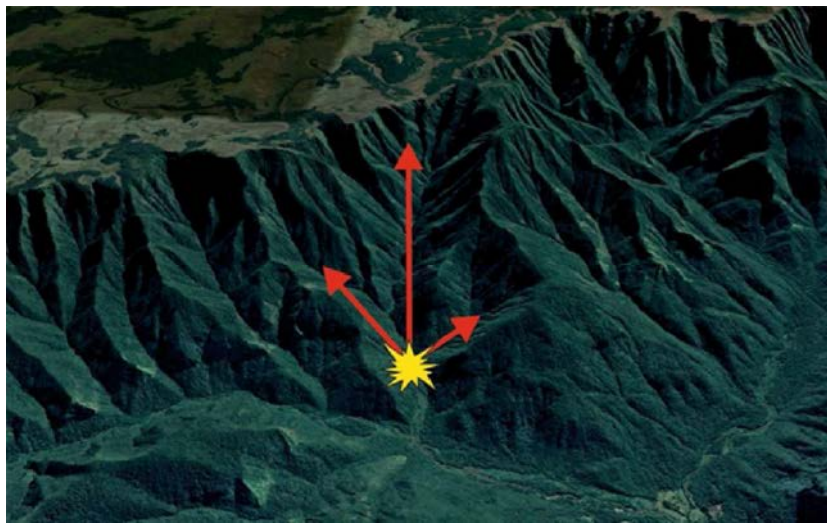


Figura 20 - Representação gráfica do eixo de propagação principal a partir do fundo de um talvegue.

Fonte da imagem: Google Earth. E. Oliveira, 2019.

3 - Incêndio de Combustível

Os Incêndios de Combustível (Figura 21) são incêndios que queimam num dado complexo de combustível que se encontra numa determinada condição que, quando arde, cria tanta intensidade que impossibilita o seu controle até que o fogo saia desse complexo de combustível em particular. Os incêndios desse tipo podem libertar energia suficiente para criar um microclima que se estende numa área não ardida considerável, ao redor do perímetro de influência do incêndio. Os combustíveis próximos do incêndio encontram-se dentro do ambiente de fogo. O pico da curva de inflamabilidade é o momento principal para uma elevada libertação de energia.



Figura 21 - Incêndio comandado pelo combustível.

Nesse tipo de incêndio, os focos secundários de longo alcance ocorrem com fagulhas grandes e aerodinâmicas incandescentes, normalmente com intensa elevação convectiva e um campo de vento que permite o transporte das fagulhas a grandes alturas e distâncias. Essa condição ocorre em incêndios

de copa descontrolados, com energia suficiente para ampliar a distância de novos focos de ignição, mediante o lançamento de projeções. Por outro lado, uma coluna convectiva alta e com vento fraco permite a queda de fagulhas a curta distância.

Esses incêndios dependem fundamentalmente da disponibilidade e carga, cuja elevada quantidade de combustíveis disponíveis para arder pode libertar grandes quantidades de energia calorífica que não correspondem a comportamentos característicos de outras condicionantes, como o vento ou a topografia, criando as suas próprias condições, a sua própria meteorologia (ventos de sucção, fagulhas, radiação elevada, remoinhos, etc.). Esse tipo de incêndio é cada vez mais habitual devido ao abandono da gestão florestal e da agricultura, à homogeneização da paisagem pela introdução de monoculturas e ao agravamento derivado das mudanças climáticas, ganhando proporções que rapidamente fogem da capacidade de controle do dispositivo de combate.

Para a previsão do comportamento do fogo sob essas condições, considera-se o modelo, a idade, o estado fenológico, a distribuição e a carga dos combustíveis florestais.

Sistema de Predição de Campbell – CPS

O Sistema de Predição de Campbell – CPS (Campbell Prediction System) – foi criado em 1991 por um experiente operacional estadunidense, Doug Campbell. Esse sistema permite aos operacionais prever o comportamento esperado do fogo, sendo uma ajuda potente para a análise de um incêndio florestal. A sua correta aplicação permite o entendimento entre o comando de operações e as diferentes equipes de combate, pelo que também pode constituir uma linguagem operacional.

Esse sistema incorpora ainda as chamadas curvas horárias. O sol ascende transferindo calor aos combustíveis florestais por radiação. À medida que a sombra aumenta, a temperatura e a inflamabilidade reduzem. As exposições atingem o seu pico

potencial de inflamabilidade no momento em que as sombras são mais curtas. A exposição Leste aquece primeiro e alcança o pico primeiro, mas também arrefece primeiro. Depois a exposição norte, seguida da exposição sul e finalmente a exposição oeste que é a última a aquecer, mas também será a última arrefecer. As exposições mais quentes serão a Norte e a Oeste, logo os combustíveis nessas exposições estarão muito mais disponíveis e suscetíveis ao fogo, principalmente nos horários mais complicados do ciclo diurno, onde normalmente se apresentam umidade relativa mais baixa e temperaturas mais elevadas.

As variações potenciais da temperatura do combustível/exposição varia com as principais exposições (Figura 22). A hora do pico potencial de temperatura do combustível coincide com a hora pico de inflamabilidade do combustível. Quando o sol nasce e inicia o aquecimento da superfície da Terra, aquece também os combustíveis florestais expostos e à medida que muda o ângulo, a temperatura aumenta e diminui de acordo com a exposição das encostas num determinado horário. No decurso do dia, a inflamabilidade aumentará e reduzirá na mesma exposição.

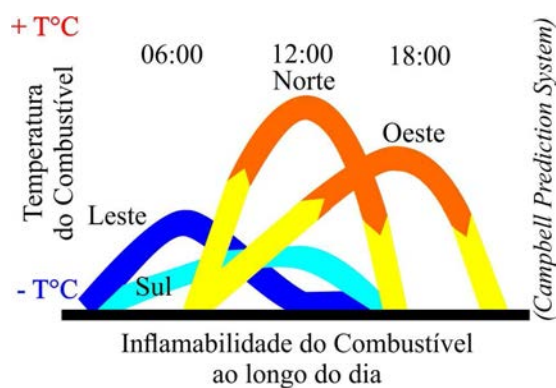


Figura 22 - Curvas de inflamabilidade de Campbell (Doug Campbell).

Fonte: Adaptado para o Hemisfério Sul (<http://cps.emxsys.com/>). E. Oliveira, 2019.

Recorrendo a esse gráfico, qualquer bombeiro ou brigadista poderá prever as mudanças no comportamento do fogo, considerando as variações da temperatura do combustível como variáveis de sua inflamabilidade e comparando as intensidades do comportamento do fogo com as diferenças da inflamabilidade do combustível. Quando o comportamento do fogo potencial é previsível, as táticas podem-se adaptar às situações de evolução, pois uma mudança de exposição levará a uma mudança na inflamabilidade dos combustíveis, aumentando ou diminuindo a intensidade do fogo, de acordo com a exposição horária.

O CPS é um sistema simples que permite a todo combatente entender e interpretar o comportamento do fogo e os fatores/forças que o determinam: exposição, vento e declive. Desse modo, torna possível realizar uma breve análise para apoio à tomada de decisão, a fim de estabelecer estratégia e táticas baseadas no comportamento do fogo e um limite físico e temporal para a sua execução – a janela de atuação.

Esse sistema desenvolvido por Doug Campbell estabelece o chamado alinhamento de forças (Tabela 3; Figura 23), e o grau de coincidência favorável ou desfavorável entre os fatores/forças definirá a evolução potencial do comportamento do fogo de uma frente de chamas.

Tabela 3 - Possíveis alinhamento de forças (CPS)

Fator	A favor (+)				Contra (-)			
	+	+	+	-	+	-	-	-
Vento	+	+	+	-	+	-	-	-
Declive	+	+	-	+	-	+	-	-
Exposição	+	-	+	+	-	-	+	-
Alinhamento	Pleno	Médio	Médio	Médio	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Sem
	3/3	2/3	2/3	2/3	1/3	1/3	1/3	0/3

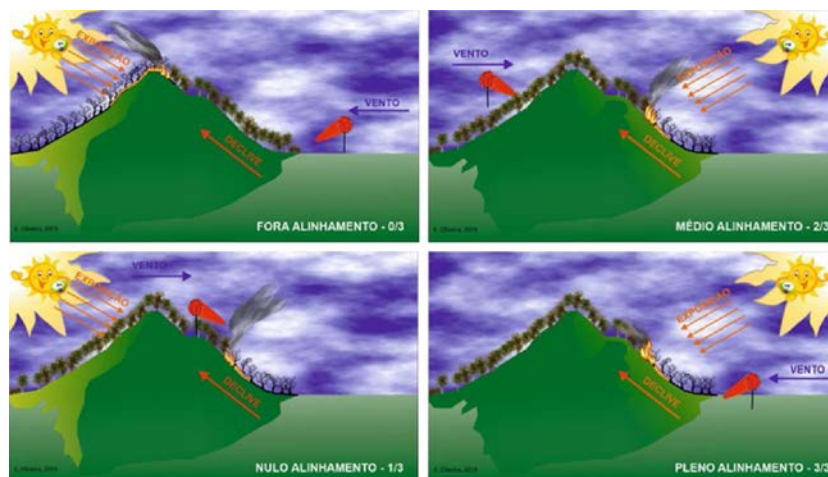


Figura 23 - Carreiras potenciais do fogo de acordo com o alinhamento de forças: exposição, vento e declive.

Fonte: E. Oliveira, 2019.

Para aplicação desse sistema, deve-se:

- 1º) Isolar uma determinada frente, por exemplo um flanco ou a cabeça, para a sua análise específica.
- 2º) Analisar quais fatores estão a favor, ou seja, alinhados para esse comportamento.

As previsões de alteração do comportamento do fogo podem ser feitas por meio da observação da força e do alinhamento que esses fatores tomarão na passagem da frente; por exemplo se deixam de estar alinhados, perdem intensidade.

Quando se analisa um incêndio, deve-se averiguar as zonas que estarão em alinhamento na passagem da frente de chamas analisada; com a ajuda de um mapa de combate essas zonas devem ser representadas. Uma frente que progrida num local em pleno alinhamento, ou seja, com as três forças a determinarem o comportamento do fogo torna o combate muito difícil e complexo, muitas vezes impedindo o sucesso da tarefa. Desse modo, a priori,

essas zonas com fogo em pleno alinhamento devem dar-se por perdidas. É importante ressaltar que um alinhamento de 3 por 3 pode conduzir a um comportamento excepcional do fogo.

Principais causas dos incêndios florestais

Os incêndios florestais constituem atualmente um dos principais riscos associados a um quadro de mudanças derivado do declínio dos espaços rurais e das alterações climáticas, sendo uma problemática crescente em várias regiões do globo.

No Brasil, os incêndios florestais são comumente designados por queimadas, devido à sua principal causa: o uso do fogo para a queima periódica de matos densos ou capim ou para a queima de resíduos florestais (resultantes de cortes) e restos (resíduos agrícolas), com os mais diversos fins: renovação de pastagens, penetração do homem no exercício da caça, preparação de terrenos para novas culturas, entre outros. É de salientar que essas queimadas deixaram de ser acompanhadas, pelo fato de o uso do fogo para esses fins ter-se tornado ilegal; dessa forma, ele é aplicado e abandonado para se propagar livremente.

A definição de incêndio florestal resulta da consequência do fogo que se propaga, sem controle, sobre um ecossistema rural-florestal e cuja queima não cumpre as funções nem os objetivos de gestão, pelo que requer trabalhos de extinção. Trata-se, pois, de um fenômeno não desejado que produz consequências econômicas e ecológicas qualificadas normalmente como danos e prejuízos.

Sendo assim, a aplicação do fogo de forma desregrada e sem cumprimento dos preceitos estabelecidos na legislação municipal, estadual ou federal é considerada um crime, seja por negligência ou por uso do fogo intencional.

O aumento do número de incêndios florestais no Brasil tem provocado na sociedade, não só brasileira, mas para além-fronteiras, uma situação de alarme social. É opinião generalizada

de que o único caminho para controlar esse fenômeno e reduzir os seus danos assenta na prevenção.

Geralmente, apontam como possíveis causas as condicionantes socioeconômicas que afetam a população rural e o uso tradicional ou indígena do fogo, bem como fatores biofísicos e aspectos estruturais das grandes cidades. No entanto, tais generalizações não servem para sustentar as motivações e a causalidade do fenômeno dos incêndios florestais. É essencial a obtenção de dados que permitam fundamentar os diferentes argumentos sobre a causalidade, de modo a permitir direcionar medidas e aplicar ações para a especificidade de cada causa e motivação. Para tal, a investigação de causas é essencial, sendo necessária a aplicação do Método de Evidências Físicas (MED), cuja técnica de investigação permitirá reconstruir a evolução de incêndio mediante o estudo do comportamento e propagação do fogo, até a determinação do seu ponto de origem, assim como classificar a causa que o provocou e identificar o autor e/ou as suas motivações. O MED permite ainda, classificar e catalogar as diferentes causas que estão por trás da origem dos incêndios florestais, sejam estes de causa natural ou antrópica.

Através da investigação, da aplicação da ciência criminal aos incêndios florestais é possível desconstruir os mitos populares sobre a origem dos incêndios florestais, que muitas vezes apontam para motivações fora do contexto real, como o crime organizado, terrorismo ambiental, entre outras motivações. Tais argumentos sem fundamentos apenas levam a situações de alarme social pela desorientação da opinião pública e a falta de um direcionamento das ações preventivas.

O grande objetivo da determinação da origem, da causa e da motivação que levou a um incêndio florestal é conduzir a uma prevenção mais eficaz e eficiente num dado território. A investigação de incêndios florestais obriga a formação especializada e o treinamento. Seguidamente, abordaremos de forma sucinta os tipos de causas.

Causas naturais

As causas naturais de incêndios florestais ocorreram desde sempre no planeta, como um fenômeno e perturbação natural como a água, a geada ou a seca para o funcionamento dos ecossistemas. O fogo como fenômeno natural tem condicionado a existência e a distribuição das florestas ao longo de milhares de anos.

A causa natural mais comum é a queda de raios, em particular nas regiões mais secas do Brasil, ainda que também possa ocorrer em áreas que apresentem linhas e infraestruturas elétricas, as quais propiciam a descarga elétrica atmosférica e permitem a sua descarga ao solo, produzindo uma ignição.

O Brasil é no planeta o país onde ocorrem mais descargas elétricas. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ocorrem cerca de 80 milhões por ano. Esse fenômeno, causado por uma descarga elétrica atmosférica de grande intensidade, pode atingir o solo e causar incêndios florestais, contudo as ocorrências tendem a ser de menor extensão, visto que normalmente, no Brasil, as descargas vêm acompanhadas de precipitações.

Outra característica importante dos incêndios provocados por queda de raio é que eles podem-se manifestar muitas horas ou dias após a ocorrência da descarga elétrica, pois a queda do raio por gerar uma combustão lenta que será incrementada posteriormente, quando as condições meteorológicas facilitarem a propagação, originando um incêndio florestal. Nesse sentido, após a trovoada, é importante realizar busca de locais onde se produziram as quedas de raios, com o fim de eliminar pontos quentes.

Esse tipo de fenômeno atmosférico obriga o monitoramento da parte dos serviços de defesa civil, bombeiros e brigadistas, através das cartas de seguimento de queda de raios, disponibilizadas pelo INPE.

Causas antrópicas

O fogo foi desde sempre uma ferramenta tradicional ligada ao Homem e à caça, à proteção das aldeias, afastamento de animais selvagens e às tarefas agrícolas e pecuárias para queima de sobranes e restolhos, desmatamento e renovação de pastos. Vários autores registaram nas suas crônicas o uso do fogo indígena no desmatamento. Hans Staden no seu livro *Duas viagens ao Brasil* (1557) regista a seguinte passagem: “*Quando querem plantar, derrubam as árvores nos lugares que escolheram para o plantio e deixam-nas secar durante cerca de três meses. Então põem fogo nelas e as queimam. Depois enterram as mudas das plantas de raízes, que usam como pão, entre as cepas das árvores. Essa planta chama-se mandioca*”.

Segundo Jean de Léry, no seu livro *Viagem à Terra do Brasil* (1558), os índios derrubavam as árvores deitando-lhes fogo.

O fogo não era uma ferramenta alheia aos povos indígenas do Brasil, pelo contrário. Com a chegada dos portugueses, o uso do fogo incentivou-se como a principal ferramenta para retirar a valiosa madeira de Pau Brasil e abrir terra arável na densa floresta, com o fim de albergar as primeiras monoculturas de cana-de-açúcar e de café (Leonel, 2000).

Atualmente, ainda que no Brasil o uso do fogo se encontre condicionado e regulamentado ao nível federal e estadual, o certo é que existe um elevado número de incêndios florestais, cada vez maior, com origem na atividade humana. Nas últimas décadas, determinadas regiões tornaram-se incapazes de se recuperar naturalmente dos impactos causados por esse tipo de incêndio, devido à elevada frequência e recorrência, cujo real impacto quanto à área ardida se desconhece. As causas de origem humana poderão se agrupar em:

Causas por negligência: resultam de ações de uso do fogo sem a intenção de provocar um incêndio florestal, tais como

queimas de resíduos agrícolas e florestais, fogueiras para a confecção de alimentos ou para aquecer, fogueiras festivas (festas juninas) e fumadores.

Causas estruturais: resultam de causas com origem em comportamentos e atitudes reativas aos condicionalismos ou com origem em conflitos relacionados com o uso do solo, por exemplo incêndios originados por conflitos motivados pelas restrições dos parques nacionais e terras indígenas.

Causas acidentais: resultam de acidentes que resultam em ignições, derivados de acidentes de viação, linha do trem, linhas elétricas, acidentes com máquinas agrícolas e florestais, tubos de escape, entre outras fontes de ignição.

Causas intencionais: entende-se por intencionalidade tanto a ação premeditada como a casual, com múltiplas motivações como a queima não autorizada, ilegal e descontrolada ou pela ação de vandalismo, piromania ou de conflitos.

Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e a Alimentação), as causas dos incêndios florestais são (Tabela 4):

Tabela 4 - Causas dos incêndios florestais de acordo com a FAO

Categorias		Reponsabilidade
1	Raios	Causados diretamente por diversas descargas elétricas da atmosfera. Não existe responsabilidade humana.
2	Incendiários	Provocados potencialmente por pessoas em propriedades alheias, seja por vingança ou por desequilíbrio mental.

Continua...

Tabela 4 - Cont.

Categorias		Reponsabilidade
3	Queima para limpeza	Incêndios originados do uso do fogo na limpeza de terreno para fins agrícolas, florestais ou pecuários, que por negligência ou descuido escapam do controle e atingem áreas florestais.
4	Fumantes	Provocados por fósforo ou por cigarros acesos.
5	Operações florestais	Provocados por trabalhadores florestais em atividades na floresta, exceto os causados por cigarros.
6	Fogos de recreação	Incêndios causados por pessoas que utilizam a floresta como local de recreação.
7	Estradas de ferro	Incêndios causados diretamente ou indiretamente pelas atividades de ferrovias.
8	Diversos	Incêndios com causa pouco frequente ou regionais não são enquadrados em uma classificação especial. Ex.: queda de aviões, incêndio de automóveis ou balões em festas juninas.

Reacendimentos

Os reacendimentos constituem uma das principais causas de grandes incêndios florestais e resultam de um trabalho pouco rigoroso da ação de extinção, especificamente do trabalho de rescaldo. Essa situação decorre sobretudo do cansaço de quem combate, da dificuldade do terreno e dos modelos de combustível

e seu estado fenológico, da disponibilidade do combustível morto e das condições meteorológicas. Por outro lado, na larga maioria dos casos, existe também uma carente formação específica em matéria de rescaldo, relativamente à avaliação do potencial de reacendimento, à aplicação correta da água e à execução de ações adequadas e adaptadas a cada espaço concreto, de acordo com as suas características (declive, exposição e tipo e estado dos combustíveis florestais).

PLANO DE PROTEÇÃO

A proteção dos recursos naturais, envolvendo principalmente as florestas naturais, protegidas em forma de Unidades de Conservação, e as florestas plantadas, exige um planejamento criterioso de maneira a antecipar a ocorrência dos sinistros a que estão sujeitas.

Todo planejamento de proteção contra os incêndios florestais visa à promoção da redução do número de ocorrências e à manutenção da organização e da prontidão do sistema para acionar o primeiro ataque a qualquer momento. O planejamento das ações de proteção contribuirá para a redução dos custos de combate, da área queimada, dos riscos de acidente com pessoal e dos efeitos sobre todos os componentes dos ecossistemas atingidos.

Um plano de proteção pode ser geral, considerando todas as etapas de prevenção e de ações de combate, ou específico, ou seja, direcionado exclusivamente para cada uma de suas etapas, como a prevenção, a detecção, a mobilização, o manejo do material combustível ou o combate ao fogo. O que diferencia um sistema de proteção de outro são os recursos tecnológicos ou procedimentos utilizados nas diferentes fases do plano. O surgimento de novos equipamentos, ferramentas e produtos tornam as operações mais rápidas e os sistemas mais eficazes.

Além disso, a complexidade do sistema de prevenção e combate vai depender, também, dos objetivos a serem alcançados, das peculiaridades da região a ser protegida e da capacidade de investimento na proteção. Em qualquer situação, um plano eficaz deve considerar os seguintes elementos básicos: causas das ocorrências, sazonalidade, locais, combustíveis e

zonas prioritárias. A elaboração do plano de proteção contra incêndios assenta numa série de aspectos que podem ser ilustrados em um organograma (Figura 24). Contudo, todo o processo deverá ser norteado pela segurança, por conta disto começamos por ela.

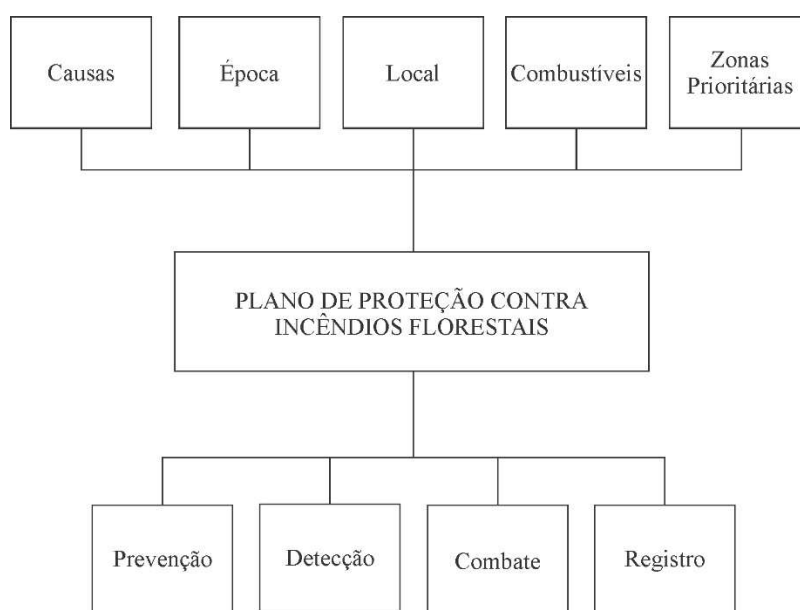


Figura 24 - Organograma ilustrativo da organização de um plano de proteção contra incêndios florestais.

Ações de Segurança

Por se tratarem de um fenômeno sem controle, que exige rapidez de atuação, num processo complexo e em condições desfavoráveis, o trabalho de extinção de incêndios florestais implica que os operacionais assumam riscos para a sua segurança. Para além da presença do fogo sem controle (incêndio florestal), que pode causar queimaduras pelo efeito do calor e das chamas ou intoxicação respiratória por inalação de fumaças e gases

libertados da combustão, existem outros riscos inerentes à ação de combate: acidentes com veículos de combate ou ocasionados por exaustão, quedas, equipamentos, infraestruturas (linha elétrica), entre outros.

Com o fim de evitar ou reduzir o risco de acidentes dos operacionais no combate, é necessário estabelecer um conjunto de medidas e procedimentos de autoproteção que deverão ser sempre considerados como prioridade na extinção dos incêndios florestais.

Designa-se por autoproteção as medidas que cada bombeiro ou brigadista florestal fica obrigado a tomar diante de um incêndio florestal para evitar cair em situações de perigo.

Tendo por objetivo reduzir o número de acidentes, criaram-se normas de segurança no combate aos incêndios florestais. Essas normas constituem a base da formação (transversal), em matéria de segurança, de todos operacionais envolvidos na extinção de incêndios, independentemente das unidades a que pertencem (bombeiros militares, brigadistas do IBAMA ou do ICMBio, ou brigadistas voluntários ou de empresas).

As principais normas de segurança e o seu número são:

- Normas básicas de segurança: 10 Normas;
- Situações em que o perigo aumenta: 18 Situações;
- Protocolo LACES: 4 Normas.

Todas estas normas de segurança foram criadas por consequência de fatalidades que vitimaram diversos bombeiros florestais nos Estados Unidos da América, o que levou os Serviços Florestais estadunidenses a investigar, em 1957, dezesseis incêndios florestais que conduziram à morte de cerca de oitenta combatentes. Das conclusões, foi identificado um conjunto de causas que permitiram criar as 18 Situações de Perigo e as 10 Normas de Segurança, com o fim de não se repetirem mais

mortes em combate aos incêndios florestais. Na sequência do Grande Incêndio de Dude, no Estado do Arizona (EUA), em 1991, onde faleceram 6 bombeiros florestais, Paul Gleason procurou sintetizar essas normas num protocolo simples de segurança – LACES. Essas normas e protocolos foram gradualmente aplicadas a outros países, tornando-se internacionais.

1 - Normas Básicas de Segurança (CSO)

C. Comportamento do Incêndio

1ª Norma. Manter-se informado sobre as condições meteorológicas e da sua previsível evolução: saber se o tempo vai mudar, em particular o vento, e como vai mudar (velocidade e direção). Essa informação pode livrar o combatente de situações muito perigosas.

2ª Norma. Manter-se sempre informado sobre o comportamento atual do incêndio: seja por observação direta ou por informação daqueles que têm uma visão do conjunto (comando ou célula de análise e planejamento). Aqui há que ter em consideração a velocidade e o sentido de propagação e a intensidade de cada uma das frentes ativas, o modelo de combustível, o declive, a exposição e o vento.

3ª Norma. Basear todas as ações no comportamento atual e esperado do incêndio: é importante não só centrar-se no que se vê, mas tratar de prever a evolução do incêndio de modo a contar com uma margem de segurança maior antes de ocorrer mudanças repentinas no comportamento do fogo.

S. Segurança no Combate

4ª Norma. Identificar as rotas de fuga e manter todos os elementos da equipe/grupo informados: todas as rotas

devem conduzir a uma zona de segurança para a qual todos os elementos se possam retirar em caso de uma situação de alto risco e comprometedora. As rotas e zonas de segurança devem existir em número suficiente de acordo com a dimensão do incêndio e serem do conhecimento de todos os elementos.

- 5ª Norma. Colocar observadores quando há perigo previsível:** esta posição deve ser segura para o observador que a ocupe e deve permitir uma visão de conjunto das condições onde se produz o incêndio.
- 6ª Norma. Manter-se alerta, calmo e atuar decisivamente:** em caso de dúvidas sobre o que fazer ou sobre a segurança, deve-se questionar sempre o responsável do grupo.

O. Organização

- 7ª Norma. Manter comunicações com os operacionais no terreno, elementos de comando direto e intervenientes de outras organizações:** as comunicações são de vital importância para reduzir o risco de acidentes. Elas deverão ser curtas e claras, bem como a mensagem deverá ser sempre confirmada.
- 8ª Norma. Dar instruções claras e assegurar-se de que são compreendidas:** através da confirmação de cada mensagem recebida. No caso de não entender ou ter dúvidas, perguntar sempre.
- 9ª Norma. Manter todo o seu pessoal sob controle a todo instante:** há que estar atento aos colegas do grupo e jamais abandonar o trabalho sem avisar.
- 10ª Norma. A Segurança deve ser um objetivo prioritário em todo o trabalho de extinção:** se forem cumpridas as regras anteriores, então deve-se combater o incêndio firmemente tendo SEMPRE em conta A SEGURANÇA.

2 - Situações de perigo

1. Não foi efetuado o reconhecimento do incêndio;
2. O incêndio lavra durante a noite e em local desconhecido;
3. Ausência de zonas de segurança e de fuga identificadas;
4. Falta de conhecimento do clima e dos fatores locais que influenciam o comportamento do incêndio;
5. Desconhecimento das estratégias, táticas e perigos;
6. Instruções e tarefas pouco claras;
7. Falta de comunicações entre as equipes e o comando das operações;
8. Construção de linhas de contenção sem ponto seguro de ancoragem;
9. Criação de linha de contenção encosta abaixo com o incêndio a subir;
10. Tentativa de se atacar frontalmente um incêndio com grande intensidade;
11. Existência de combustível por arder entre a equipe e o incêndio;
12. Impossibilidade de visualização do foco principal e/ou de comunicação com alguém que a tenha;
13. Posicionamento em encosta onde o material a rolar pode provocar focos secundários;
14. Alteração das condições meteorológicas: o tempo torna-se mais quente e seco;
15. Mudança de direção e/ou velocidade do vento;
16. Ocorrência de projeções frequentes de partículas incandescentes;
17. Dificuldade de fuga para as zonas de segurança causada pelo terreno ou combustíveis;
18. Descanso perto da frente de incêndio.

3 - Protocolo Internacional de Segurança em Incêndios Florestais LACES

Uma forma fácil de aplicar e que serve para todas as situações é o que se designa por Protocolo LACES, que consiste em ter bem presentes quatro regras de segurança básicas, cujas iniciais são as da palavra anglo-saxônica LACES (Figura 25):

1. Observadores (LookOut)

- A. Colocados em locais estratégicos;
- B. Com formação em Comportamento do Fogo.

2. Pontos de ancoragem (Anchor Points)

- A. As linhas de contenção devem ser iniciadas (ancoradas) em locais seguros;
- B. Todos devem estar em alerta permanente.

3. Comunicações (Communications)

- A. Todos os operacionais devem ter contato por rádio;
- B. Manutenção de comunicações permanentemente.

4. Caminhos de Fuga (Escape Route)

- A. Devem ser definidos antes de começar o combate;
- B. Definir mais que uma alternativa (incêndio pode cortar a saída);
- C. Verificar se são viáveis;
- D. Considerar sempre a pior alternativa, não o comportamento atual ou passado do incêndio;

- E. Manter todos os elementos da equipe informados sobre os caminhos de fuga.

5. Zonas de Segurança (Safety Zone)

- A. Identificar zonas de segurança antes de começar qualquer atividade de combate;
- B. Escolher zonas sem combustível ou já ardidas;
- C. Informar sua localização a todos os elementos da equipe;
- D. Ter em mente que novos focos secundários, novos incêndios, levam a identificar novas zonas de segurança;
- E. Considerar sempre a pior hipótese.

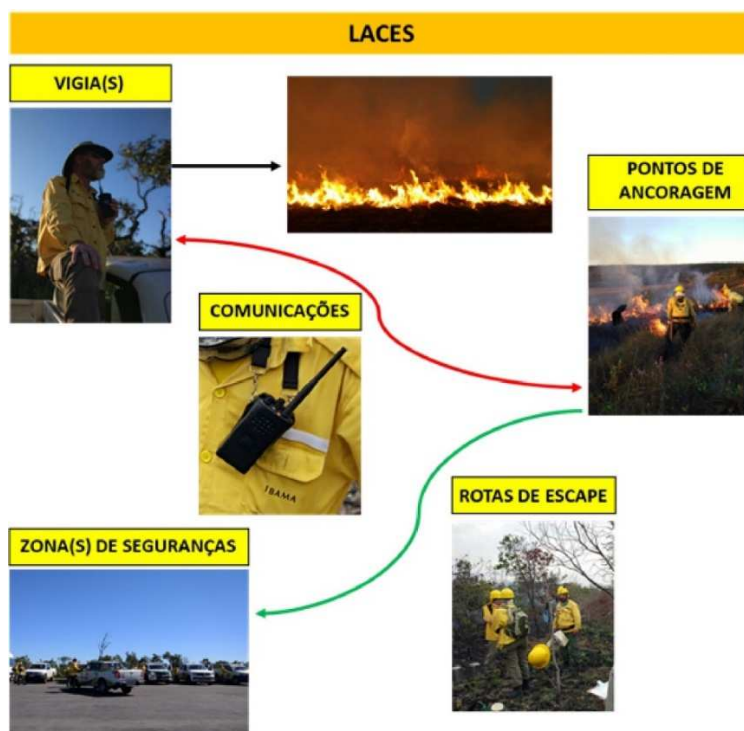


Figura 25 - Esquema de Protocolo de Segurança LACES.

Proteção Individual

Todo o operacional envolvido nas tarefas de extinção deverá encontrar-se provido de Equipamento de Proteção Individual (EPI), segundo os riscos a que estará exposto, de acordo com o trabalho desempenhado.

O equipamento de segurança e proteção individual de um operacional é constituído por um EPI, que protege o combatente de riscos inerentes aos incêndios florestais, e por um Equipamento Complementar (EC), composto por acessórios que incrementam ou apoiam a segurança individual (Figura 26).



Figura 26 - Equipamento de Proteção Individual para extinção de incêndios florestais.

Foto: E. Oliveira, 2013.

Esses equipamentos devem ser confeccionados cumprindo requisitos mínimos obrigatórios que os tornam equipamentos de proteção, ou seja, devem estar enquadrados no grupo ou categoria do risco a proteger. Eles normalmente devem ser submetidos a testes de qualidade para o respectivo fim.

São componentes do EPI:

- Gandola;
- Calça;
- Botas;
- Capacete;
- Óculos de proteção;
- Proteção de nuca;
- Luvas;
- Máscara de proteção.

São componentes do EC:

- Cinturão;
- Cantil;
- Peitoral porta-rádios e rádios;
- Mochila Tática/Técnica.

Quer a gandola quer a calça, para além da obrigatoriedade de cumprir os mais altos níveis em relação à resistência mecânica e ao comportamento ao fogo, deverão ser peças cômodas, permitindo a liberdade de movimentos, serem transpiráveis, de secagem rápida, facilitando a permeabilidade do ar, resistentes a rasgões. Deverão reduzir o risco de golpe de calor ou estresse térmico.

O desenho das peças deverá responder às seguintes necessidades ergonômicas:

Gandola de proteção contra riscos térmicos de cor amarela e manga comprida: i) colarinho de camisa com gola e de ajuste com velcro; ii) fecho central do tipo “zíper de correr”, sobreposto a este fecho, uma aba com velcro que o acompanha em toda a sua extensão; iii) os punhos deverão ser ajustáveis com fita de velcro; iv) bolsos frontais com fecho do tipo “zíper de correr” e velcro no lado esquerdo para bolacha de identificação; iv) fitas perimetrais refletoras duplas no corpo e nas mangas.

Calça de proteção contra riscos térmicos de cor verde: i) fecho do tipo “zíper de correr” e com botão na cintura; ii) reforço na parte detrás da calça; iii) bolso tipo francês na altura da cintura e nas pernas, com esteira e com velcro em ambos os lados; iv) bandas refletoras de perímetro duplo em ambas as pernas; v) o fundo de cada perneira, junto ao tornozelo, deve ser ajustável com fecho do tipo “zíper de correr” ou velcro; vi) interior da perneira dianteira deverá ser reforçada e forrada da cintura para baixo.

Preferencialmente, o tecido para confecção da gandola e da calça deverá ser composto por Aramida, Para-aramida e Viscose FR e o forro deverá ser 100% algodão. O material deverá corresponder à Categoria II – Equipamento de Proteção Individual –, indicado para proteção contra riscos térmicos em combate a incêndio. Caso não seja possível, eles devem ser confeccionados em algodão, evitando-se material artificial com risco de derretimento.

As botas de combate a incêndios florestais são de grande importância, quer na proteção quer na comodidade, pois durante horas e muitas vezes por dias consecutivos, o operacional fica sujeito a condições de desgaste muito elevadas, seja pela atividade de combate, pelo deslocamento a pé por longas horas, pela diversidade de tipos de piso, pelas condições meteorológicas ou pelos riscos com a vida selvagem (serpentes, insetos, escorpiões, etc.).

É importante que a bota seja de cano alto para proteção da zona do tornozelo, que pode estar submetida a torções e giros bruscos responsáveis por uma grande quantidade de acidentes com lesões musculoesqueléticas, bem como de mordidas de animais selvagens. Além disso, o pé não sofre apenas lesões musculares, mas também o excesso de suor e a má transpiração são fontes de lesões e doenças, assim como de incômodo que levará à redução do rendimento.

A sola deve comportar-se de forma eficaz, ser antiderrapante, com o máximo agarre em condições excepcionais e em qualquer tipo de terreno. Não deve ter qualquer lâmina metálica ou biqueira metálica, de forma a evitar a condutividade térmica.

Recomenda-se, por isso:

- i) o uso de botas preferencialmente impermeáveis e respiráveis confeccionada com couro hidrofóbico impermeável e com forro interno acolchoado, respirável e resistente à abrasão;
- ii) a existência de membrana interna impermeável e respirável;
- iii) a utilização de palmilha removível, anatomicamente pré-formada, com tratamento antibacteriano e resistente à abrasão;
- iv) o uso de sola em borracha nitrílica com sola intermédia em poliuretano e relevos antiderrapantes; e
- v) o emprego de fecho por fivela de aço inoxidável e atacador impermeabilizado.

As luvas também são uma peça do EPI de grande importância na proteção das mãos, pelo que deverão garantir, além da proteção térmica e mecânica, comodidade e incremento ao tato. Para tal, deverá cumprir alguns requisitos mínimos:

- i) confecção em couro natural e costura com fio do tipo Kevlar® hidrofugado;

- ii) reforço na zona das palmas da mão;
- iii) proteção do antebraço com manga longa, incluindo mosquetão para prender.

O capacete é outro elemento fundamental no EPI, normalmente composto por uma estrutura externa fabricada em peça única em policarbonato ou plástico ABS autoextinguível com viseira de proteção e sistema de ventilação superior. Deverá possuir fixação de vários tamanhos do arnês interno com pontos de ancoragem, removível e lavável, com sistema de ajuste rápido, usando uma roleta localizada na parte de trás. A cinta de queixo deverá ser ignífuga, removível e ajustável com pontos. É importante que disponha de fixação para óculos de proteção e encaixe de sistema de luz frontal.

Os óculos de proteção deverão garantir visão panorâmica e o desenho deverá ser ergonômico, com lente de 180° sem restrição de visão lateral, com sistema de ventilação e lente com tratamento antiembaçante, possuindo ainda uma cinta de ajuste para a cabeça, ampla e regulável.

Navegação terrestre para brigadistas de incêndios florestais

Navegar com carta e bússola é uma função essencial que se estende a todos os combatentes. Apesar da existência das novas tecnologias, hoje muito utilizadas e ao alcance de todos, como a tecnologia GPS (Global Position System), e de *softwares* como o Google Earth, a interpretação cartográfica e a utilização adequada da bússola continuam a ser fundamentais e necessárias, em paisagens tão vastas e complexas que caracterizam grande parte do território brasileiro e cujos incêndios podem durar dias e semanas até a sua total extinção. Essa complexidade do relevo e das suas formações vegetais, para além do distanciamento de áreas povoadas, obrigam a uma maior autonomia dos brigadistas

e bombeiros, pelo que o domínio de técnicas de navegação terrestre e experiência são a chave para a redução de riscos associados às operações de combate e do próprio teatro de operações.

A confiança e segurança na manipulação de cartas e na navegação terrestre advêm com a formação e com prática e experiência em diversas situações e com níveis diversos de dificuldade. Uma boa interpretação cartográfica por parte dos combatentes melhora as ações de combate aos incêndios, auxiliando na previsão do comportamento do fogo e na definição de estratégias e inclusive reduz o risco de acidentes e mortes.

Este capítulo não focará nas técnicas de interpretação cartográfica e nas práticas de navegação com carta e bússola, pois, à partida, todo o operacional envolvido em incêndios florestais deverá a priori dominar esses conhecimentos e técnicas. Assim a abordagem incidirá na necessidade de informação cartográfica e nos diversos tipos de mapas e sobre a interoperabilidade de técnicas de navegação e de geolocalização a implementar pelo dispositivo de extinção de incêndios florestais, com o fim de garantir um incremento da segurança dos operacionais no combate.

Mapas Específicos do Incêndio

Mapas operacionais são mapas situacionais que, pela sua especificidade nas diversas fases do incêndio, implicam uma elaboração contínua e a integração de informação recolhida pelos operacionais no terreno, com recurso a georreferenciamento da informação útil para a definição das estratégias e táticas. Constituem mapas operacionais os:

1. Mapas de Situação;
2. Mapas de Combate;
3. Mapa Operacional de Briefing;
4. Mapa de Progressão do Incêndio.

Mapas Operacionais

1 - Mapa de Situação

O Mapa de Situação é o mapa mais atual do incêndio florestal, uma vez que é atualizado continuamente. É o mapa base e os demais mapas usados no teatro de operações derivam deste. O Mapa de Situação é um grande mapa topográfico elaborado por computador ou desenhado manualmente.

Em grandes e complexas ocorrências de incêndios florestais, aconselha-se a existência de mapas específicos no posto de comando, com o fim de informar as diversas unidades de combate e os combatentes envolvidos no teatro de operações.

2 - Mapa de Combate

Consiste num simples mapa (formato A4 ou A3) elaborado preferencialmente com a sobreposição da carta topográfica sobre o mapa de sombras e relevo, com uma grelha de coordenadas UTM e podendo identificar-se infraestruturas de apoio ao combate, por exemplo, os pontos de água para abastecimento de meios terrestres e aéreos. Outras informações importantes podem ser adicionadas pelo próprio chefe de equipe, como por exemplo uma rota de escape, uma zona de segurança, um ponto crítico, uma zona a evitar, entre outros dados úteis para aquele momento.

Esse mapa deverá ser distribuído a todas as equipes de combate que chegam à zona de concentração onde se reúnem os meios e recursos para a tarefa. Trata-se, pois, do mapa principal utilizado pelos operacionais para cumprir a sua missão (Figura 27).



Figura 27 - Exemplo de Mapa de Combate. Sobreposição da carta topográfica sobre o mapa de sombras e relevo.

Foto: E. Oliveira, 2019.

3 - Mapa Operacional do Briefing

O Mapa Operacional do Briefing (Figura 28) é utilizado no decurso das sessões de informação para analisar a estratégia e identificar as manobras para o próximo período operacional. É um mapa generalista, elaborado em menor escala, com o fim de permitir uma visão global do incêndio. Normalmente é apresentado na presença de responsáveis políticos e órgãos de comunicação.



Figura 28 - Um simples croqui bem explicado no briefing é útil para evitar acidentes durante o combate.

Foto: E. Oliveira, 2019.

4 - Mapa de Progressão do Incêndio

O Mapa de Progressão do Incêndio mostra como o incêndio tem evoluído sobre a paisagem de acordo com uma escala de tempo (isócronas) e é usado para seguir a progressão do incêndio e o seu potencial.

Trata-se de um mapa topográfico que ilustra a alteração do perímetro do incêndio, o qual se distingue pela cor. O tamanho do Mapa de Progressão do Incêndio varia de acordo com a dimensão do incêndio e a escala de representação desejada (Figura 29).

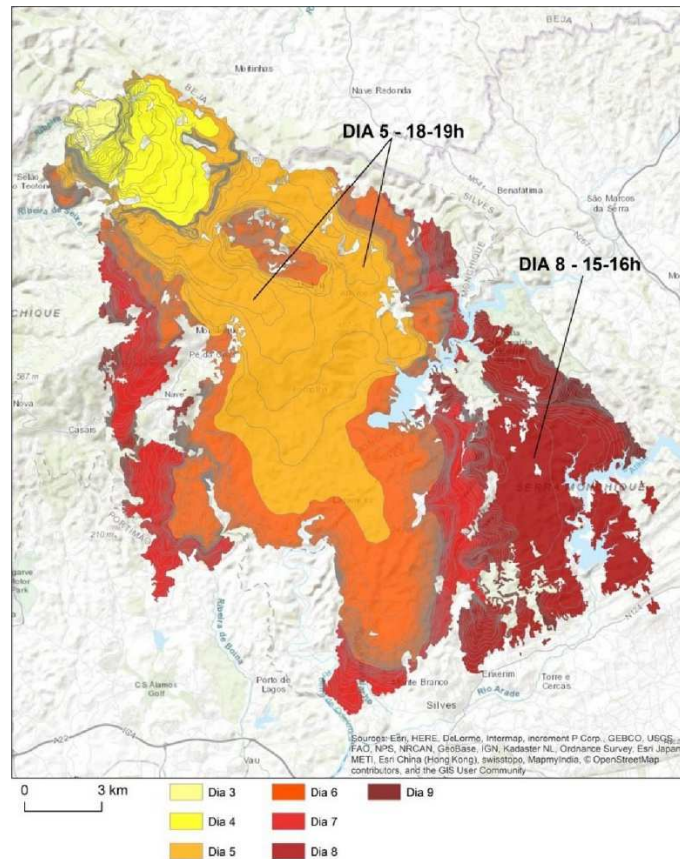


Figura 29 - Mapa de progressão do incêndio de Monchique (2018).

Fonte: Observatório Técnico Independente, 2019.

Preparação do Itinerário

Normalmente existe pouco tempo disponível para se chegar ao incêndio, porém é conveniente proceder à preparação do itinerário, pois é de vital importância para o êxito da tarefa a realizar e para garantir a segurança de todos os combatentes. Considerando a obrigatoriedade de se colocar em prática todas as medidas de segurança, essa etapa nunca deve ser menosprezada,

por mais simples que seja a tarefa relacionada: primeira intervenção, combate ou rescaldo. A preparação da tarefa é na maioria das vezes improvisada à última hora, obrigando a medidas de segurança que não se podem de forma alguma negligenciar, por melhor que se conheça o território. O deslocamento para um incêndio florestal requer assim uma abordagem prévia e serena e uma análise geral, que ainda assim atenda aos pormenores.

A rota escolhida para o ataque deverá contemplar os seguintes critérios básicos:

1. Segurança;
2. Desnível e Pontos Críticos;
3. Distância a percorrer a pé ou de veículo;
4. Rota de Escape e Zona Segura.

Há que considerar a condição física e técnica que possui cada elemento da equipe ou cada tipo de equipe. Quando se traça um itinerário, deve-se prever rotas de fuga, no caso de obrigação para se retirar, e zonas de segurança para a equipe e veículo de combate.

A saída para a ocorrência implica munir-se do respectivo Mapa de Combate, que pode ser fornecido no Posto de Comando ou a partir da Central de Operações, com o fim de permitir a melhor escolha de itinerário (rapidez *versus* segurança), além da recolha de toda informação útil que apoie o combate; nesse sentido, ressalta-se a importância de cada combatente fazer um necessário trabalho de memorização.

Metodologia para a seleção do itinerário

A seleção do itinerário, bem como o seu traçado, é a parte mais importante da preparação, pois há que sinalizar no mapa o

caminho que se pretende realizar, bem como definir os percursos alternativos e de escape e a zona de segurança. A ação de combate dependerá da preparação do itinerário, podendo acabar em pleno êxito ou num completo desastre (deriva, desorientação, esgotamento dos elementos do grupo, atrasos na intervenção, acidentes e mortes).

Antes de decidir o melhor itinerário deve-se questionar sobre o seguinte:

1. É necessário procurar “pontos de ataque”?
2. Por quais caminhos optar para alcançar os pontos de referência?
3. Quais são os pontos críticos determinados pelo relevo?
4. O itinerário é seguro?
5. Qual será a melhor rota de fuga?
6. Onde se pode ancorar o ataque?

- A escolha do itinerário dependerá do seguinte:

Segurança: Deve-se evitar trechos com risco potencial, principalmente quando o incêndio progride na base ou numa zona inferior da encosta, isto é, abaixo do itinerário definido ou com possibilidade de o incêndio fazer rápidas corridas.

Desnível: Deverá ser o menor possível quer na ascensão quer na descida. É preferível contornar zonas abruptas do que obrigar o grupo a subir e a descer continuamente, obrigando a execução de um esforço evitável.

Distância: A distância nos espaços florestais é relativa e difícil de determinar com exatidão, daí que se associe a distância com o tempo necessário para o deslocamento de um ponto a outro, quando em movimentação a pé ou em veículo. O melhor é evitar atalhos e seguir caminhos existentes e ter particular atenção em caminhos longos sem saída, sobre relevos recortados.

Esses três pressupostos de seleção de um itinerário são de vital importância a considerar, sendo muito influenciados pela condição física e técnica do grupo.

Equipes a pé

O cálculo de tempo é importante para preparar o itinerário, no entanto é difícil de estimar, derivado do conjunto de variáveis imprevistas, tais como: acidentes do relevo não revelados em cartografia, condição do grupo, carga de transporte, meteorologia, entre outros.

Para o cálculo estimado do tempo, tendo em conta que a mais valia será a nossa experiência, segue-se normalmente a seguinte regra:

- Uma pessoa sozinha ou um grupo experiente com boa condição física percorre 5 km de distância reduzida em 400 metros de desnível por hora.
- Um grupo normal percorre 4 km de distância reduzida em 300 metros de desnível por hora.

O cálculo estimado do tempo determina-se pelos metros de desnível do percurso e os quilômetros de distância percorrida. Calculam-se os tempos separadamente de acordo com a regra anterior e soma-se à quantidade maior a metade menor (em caso de desníveis em descida, ao tempo total subtrai-se um terço). A estimativa faz-se para cada uma das linhas diretrizes. Normalmente, ao tempo total do percurso, procede-se à adição de 10% por paragens e entre 10% e 20% como margem de segurança.

Igualmente, deve ter-se em linha de conta as horas de luz, caso o incêndio seja durante o período diurno. Tudo se complica, agravando-se consideravelmente, no período noturno.

Outra forma de estimar o tempo é a aplicação da seguinte regra:

1. Estimar 60 minutos por cada 4 km de distância reduzida medida no mapa e adicionar um minuto para cada 10 metros de desnível.
2. Se o desnível é negativo, mas suave, descontam-se 10 minutos para cada 300 metros de altitude que se desça.
3. Se o desnível é negativo, mas muito abrupto, adicionam-se 10 minutos para cada 300 metros de altitude que se desça.

Interoperabilidade de sistemas de localização – UTM

Conceitos prévios

A projeção Universal Transversa de Mercator, abreviadamente UTM, é provavelmente a projeção mais utilizada no mundo, devido à facilidade na interpolação de coordenadas, medida de distâncias, cálculo de ângulos e cálculo de áreas.

Nas cartas topográficas que utilizamos, a grade de coordenadas está relacionada com um sistema de coordenadas retangulares métricas, ou seja, as distâncias entre as linhas são medidas em metros e não em graus, o que permite a fácil medição das distâncias, diretamente na carta.

Antes de mais nada, convém saber que as coordenadas UTM não correspondem a um ponto, mas sim a um quadrado. Geralmente, existe uma “especial” tendência para pensar que o valor da coordenada UTM corresponde a um ponto determinado ou a uma situação geográfica concreta. Contudo, tal suposição não é correta, pois uma coordenada UTM corresponde sempre a uma área quadrada, cujo lado depende do grau de resolução da coordenada, logo qualquer ponto compreendido dentro deste quadrado tem o mesmo valor de coordenada UTM.

Na projeção UTM, a contagem dos fusos tem início no antimeridiano ao meridiano de Greenwich, isto é, no meridiano de 180°. A coordenada na linha do equador vale 10.000.000 de metros e a coordenada no meridiano central vale 500.000 metros. À direita do meridiano central, as coordenadas E (longitude, X) são somadas a 500.000 e, à esquerda, as coordenadas são subtraídas de 500.000. No hemisfério sul, as coordenadas N (latitude, Y) são subtraídas de 10.000.000 e no hemisfério norte são somadas a 0 (zero) (Figura 30).

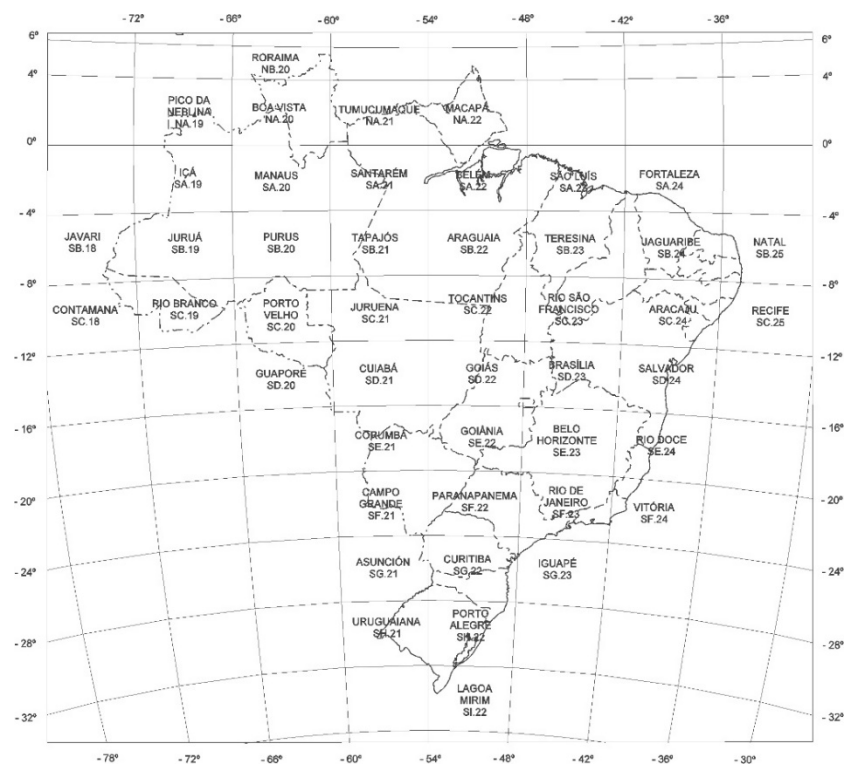


Figura 30 - Localização do Brasil na Projeção de Mercator.

A localização através da quadrícula UTM permite ao operacional determinar uma dada posição com uma considerável

exatidão. É um processo que qualquer elemento no teatro de operações deverá dominar, seja por questões de manobras (identificação de pontos de água, de pontos críticos, etc.) ou por questões de segurança (posicionamento de um acidente, de um veículo inoperacional, etc.). Igualmente, tem como vantagem a fácil comunicação e identificação no posto de comando ou na Central de Operações, permitindo a interoperabilidade com tecnologias como o GPS e o Google Earth Pro, sempre que a grelha do mapa topográfico esteja definida na projeção UTM, como se explica seguidamente.

Para podermos localizar ou referir uma posição na carta com maior precisão, é necessário recorrer ao esquadro de coordenadas. Esse instrumento permite dividir um quadrado da quadrícula UTM mais rigorosamente do que por estimativa, o que torna os resultados mais dignos de confiança.

Para usar um esquadro de coordenadas, colocamos o zero da escala no canto inferior esquerdo do quadrado da quadrícula, conservando a escala sobre a linha inferior do quadrado, fazendo a leitura nas subdivisões do esquadro, cujo quadrado equivale a 2500 m² (50 m x 50 m). Esses valores adicionados às coordenadas do canto do quadrado apresentam as coordenadas perpendiculares.

As Coordenadas UTM são também abreviadas de acordo com a precisão desejada, por exemplo, as abreviaturas possíveis para a coordenada UTM 23K 720871 7704442 podem ser as seguintes:

Coordenada UTM	Área Coberta
720 / 7704	1000 m por 1000 m
7208 / 77044	100 m por 100 m
72087 / 770444	10 m por 10 m
720871 / 7704442	1 m por 1 m

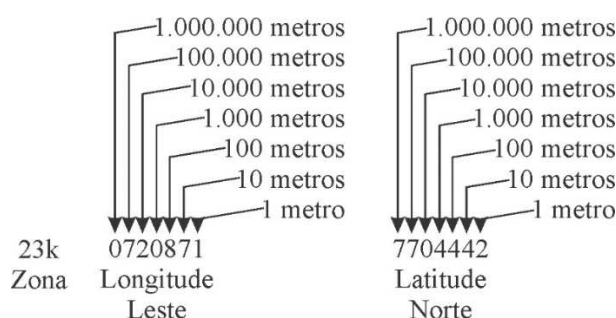


Figura 31 - Significado da coordenada UTM.

Foto: E. Oliveira, 2019.

A coordenada 0720871E representa a medida de leste a oeste, o que significa a direção de Leste. Essa coordenada está posicionada a 20871 metros ao oeste da zona 23 da linha do meridiano central. Esse número – 20871 metros –, calcula-se subtraindo o valor de 720871 desde o falso valor até o meridiano central, o qual se designa como 500 000. A posição dessa coordenada é de 720 mil, 821 metros a oeste da 23ª zona da linha do meridiano central.

A coordenada 7704442S representa uma medida de Norte a Sul, o que significa a direção de Sul. A posição dessa coordenada é 7.704.442 metros a Sul do Equador, na zona 23.

Do Teatro de Operações para a Central de Comunicações e Vice-Versa

A localização através da quadrícula UTM é uma técnica expedita de determinação de uma posição com uma considerável exatidão. Dada a sua facilidade, constitui uma técnica que deve ser do conhecimento e domínio de qualquer operacional no combate aos incêndios florestais. Para tal, obriga o combatente a estar devidamente familiarizado com a leitura e interpretação de

mapas topográficos e dominar as técnicas de orientação e navegação terrestre.

Não é de todo aceitável, hoje em dia, que os operacionais envolvidos no combate aos incêndios florestais não possuam conhecimentos de interpretação cartográfica e não saibam proceder à devida leitura de mapas topográficos.

Atualmente, face às exigências cada vez maiores em matéria de segurança e de aumento da eficácia no combate aos incêndios florestais, em que se exige execução de manobras de acordo com estratégias devidamente definidas, já é usual a introdução de cartografia de apoio ao combate nos teatros de operações, bem como o recurso às novas tecnologias de fácil alcance, tais como o Google Earth Pro e o uso de navegadores-receptores GPS. Porém, não adianta colocar à disposição cartografia operacional para não ser utilizada, devido à dificuldade na sua leitura e na sua interpretação por parte dos operacionais no terreno.

Durante uma situação de combate a incêndios florestais, é importante integrar os processos de localização articulados com os meios de informação e de comunicação envolvidos, de modo a apoiar a tomada de decisão no mais breve espaço de tempo. Seguidamente, descreve-se um processo que poderá ser implementado através das centrais de operações de defesa civil ou de unidades de combate a incêndios florestais, procurando a integração das tecnologias com os meios expeditos presentes.

1. Preparação Prévia – Planejamento

Exige-se a elaboração de mapas topográficos específicos usados no combate aos incêndios, tal como foi referido. Sendo assim, toda a cartografia desenvolvida pelo técnico, com mais ou menos informação, segundo a especificidade do seu uso, deve ser devidamente elaborada com vista a uma fácil interpretação e

leitura por qualquer operacional, principalmente aquela que diz respeito ao Mapa de Combate.

O Mapa de Combate poderá ter por base a cartografia topográfica à escala 1:50 000 (preferencialmente 1:25 000) sobreposta num mapa de relevo, o que facilita em grande medida a sua interpretação por qualquer operacional. Esse Mapa de Combate é apresentado com uma Quadrícula UTM (Projeção UTM) e com coordenadas retangulares, uma vez que permite a integração com Google Earth Pro e GPS.

2. Disponibilização dos Mapas de Combate

É importante, ao nível da eficácia da operacionalidade das manobras e da segurança dos operacionais envolvidos, que o Mapa de Combate seja distribuído a todas as equipas provenientes das diferentes unidades presentes no incêndio florestal. É inconcebível que uma equipa chegue a um incêndio em território desconhecido e que não lhe tenha sido fornecido qualquer mapa topográfico (a uma escala aceitável). Essa situação torna-se ainda mais grave se o incêndio decorre pela noite e a equipa é exterior ao território (por exemplo de outro Estado).

3. Interoperabilidade com os meios tecnológicos de localização: GPS e Google Earth Pro

Quando os operacionais no Teatro de Operações possuem um navegador-receptor GPS, podem determinar no imediato, caso possuam sinal satélite, a sua posição no mapa com uma margem de erro muito reduzida (inferior a 5 metros). Contudo, lembre-se que a margem de erro num mapa topográfico à escala 1:50 000 é muito superior em relação à posição real. Por outro lado, é necessário salientar o fato do deficiente funcionamento dos navegadores-receptores GPS em locais sombrios, rodeado de escarpas, desfiladeiros e florestas muito densas, além da

possibilidade de ocorrer a falta de bateria ou uma eventual avaria. Daí a necessidade de se trabalhar com métodos expeditos, com capacidade para determinar a localização através de quadrícula UTM e sempre acompanhado de um esquadro de coordenadas.

A configuração no GPS é simples. No caso dos navegadores-receptores da marca GARMIN, bastará ir ao “Menu” e posteriormente ir a “FORMATO DA POSIÇÃO” e selecionar “Formato da posição”: UTM UPS e o Datum desejado, lembrando que no Brasil utiliza-se principalmente o SIRGAS 2000 e que as cartas topográficas do IBGE trabalham com o Córrego Alegre.

Atualmente, quando um incêndio assume uma área considerável e é instalado um posto de comando, é usual observarmos a existência de computadores, de forma que o software Google Earth Pro deve fazer parte da tarefa como recurso tecnológico. Igualmente se aconselha o seu uso nas Centrais de Operações (defesa civil, bombeiros e brigadistas) que, para além dos aparelhos de radiocomunicações e telefônicos, possuem um ou mais computadores. No posto informático (computador) do operacional de comunicações (central) deverá encontrar-se instalado o programa Google Earth Pro. Essa ferramenta em articulação com a informação obtida no Teatro de Operações a partir do Mapa de Combate, e vice-versa, jogam no conjunto um papel fundamental no conhecimento correto da posição, interagindo e garantindo a segurança dos operacionais.

Para esses recursos tecnológicos funcionarem corretamente, em articulação com a informação recolhida expeditamente do Teatro de Operações, torna-se essencial a definição das propriedades do programa Google Earth Pro e do navegador-receptor GPS. A seguir, através de um exemplo prático, poderemos observar como funciona essa útil e necessária articulação.

Começamos por definir as propriedades do Google Earth: na barra do “Menu”, vá a “Ferramentas”, depois a “Opções” e na

“Visualização 3D”, selecione *Universal Transverse Mercator* na secção “Mostrar lat/long”. Ordene “Aplicar” e “OK”.

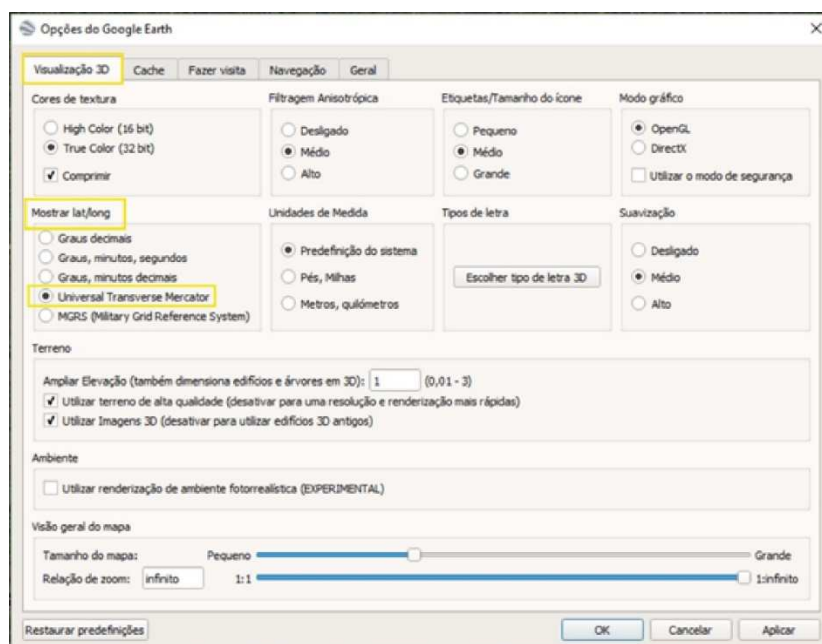


Figura 32 - Exemplo para a definição das propriedades no Google Earth.

Foto: E. Oliveira, 2019.

Agora já temos o Google Earth Pro definido com a Projeção UTM. Passemos então ao exercício: No terreno, o chefe de uma equipe em vigilância determinou a sua posição num Local Estratégico para vigilância, mediante o recurso ao esquadro de coordenadas e ao Mapa de Combate (Figura 33). Tendo obtido a seguinte coordenada:

1. Designação da Zona de Quadrícula: **23K**
2. Identificação do quadrado de 100 km: **Não se utiliza com o Google Earth/GPS**

3. Número da Quadrícula da Longitude: **0720**
- 3.1 Distância em metros desta linha ao ponto: **871**
4. Número da Quadrícula da Latitude: **7704**
- 4.1 Distância em metros desta linha ao ponto: **442**
5. Coordenadas: **23K 720871 7704442**

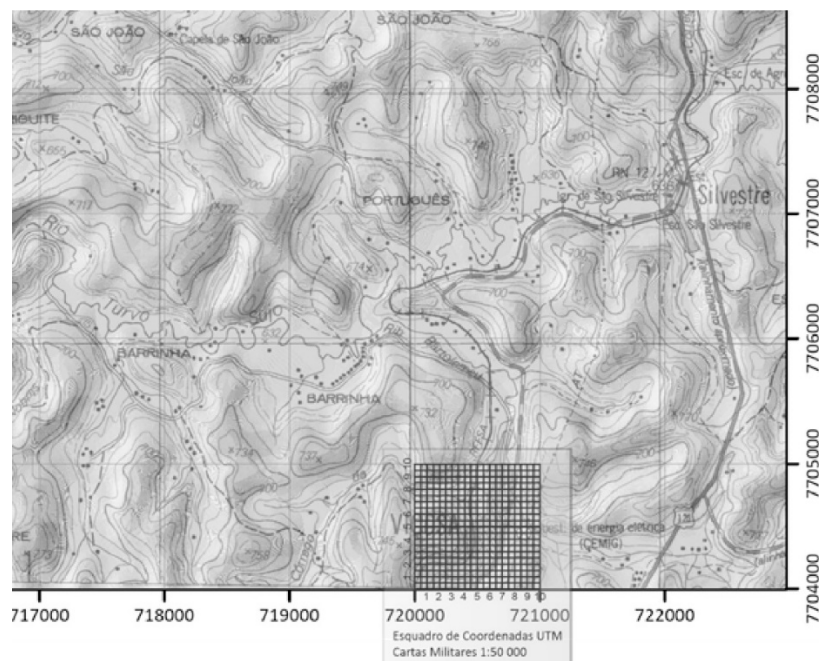


Figura 33 - Exemplo para a obtenção da coordenada através da Quadrícula UTM.

Foto: E. Oliveira, 2019.

Para comunicar a posição da equipe à Central de Operações, a coordenada deverá ser transmitida no Alfabeto Fonético da NATO e cumprindo as regras das comunicações, por exemplo:

A coordenada 23K 720871 770442 - comunica-se: Dois Três Kilo Sete Dois Zero Oito Sete Um Sete Sete Zero Quatro Quatro Quatro Dois

Uma vez recebida a coordenada, o operacional de comunicações na Central de Operações procede à sua localização e registo recorrendo ao Google Earth Pro. Para tal, irá “Adicionar marcador de local”, preenchendo os campos referentes à coordenada do local (Figuras 34, 35 e 36).

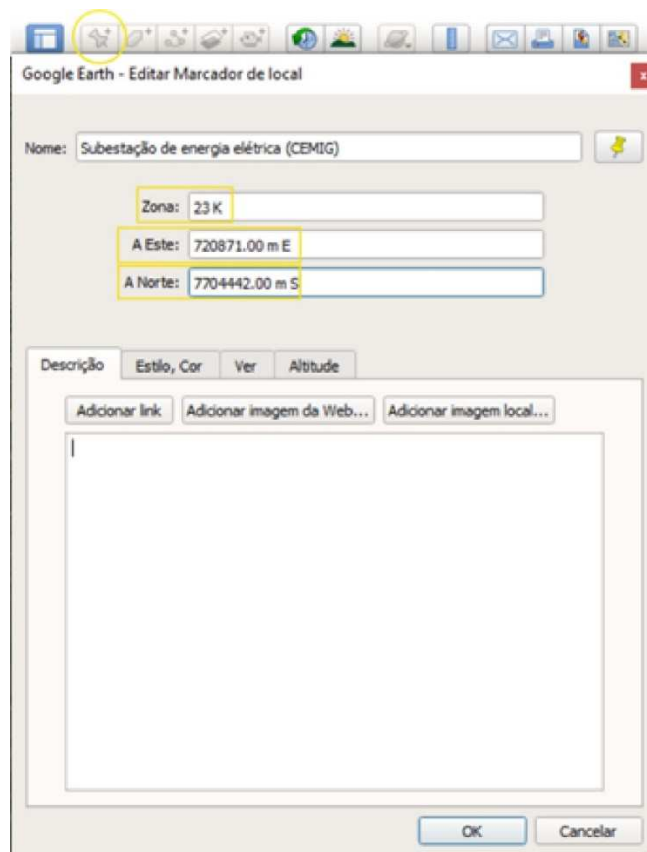


Figura 34 - Exemplo para a inserção no Google Earth Pro da coordenada obtida no terreno.

Foto: E. Oliveira, 2019.

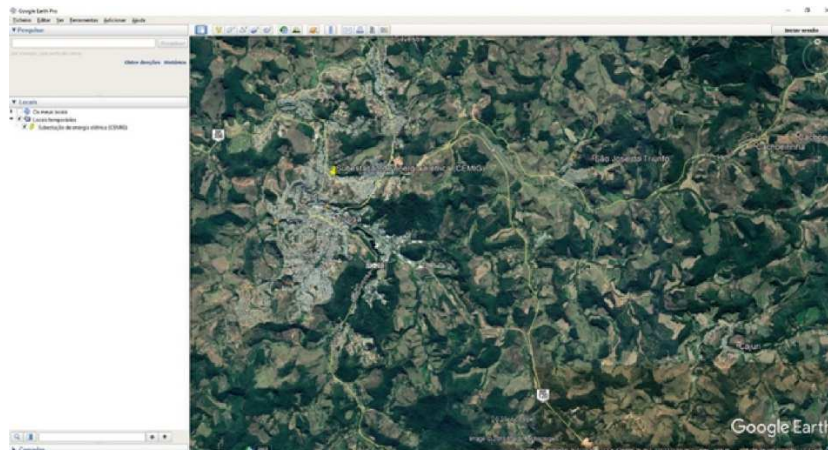


Figura 35 - Localização identificada no Google Earth Pro.

Foto: E. Oliveira, 2019.



Figura 36 - Localização identificada no Google Earth Pro com aproximação.

Foto: E. Oliveira, 2019.

Ações de Prevenção

O objetivo da prevenção resume-se à implementação de ações para reduzir as causas dos incêndios e os riscos de propagação do fogo. As principais causas dos incêndios estão relacionadas com as atividades do homem no meio rural, as quais podem se constituir numa ação involuntária, no caso dos incêndios culposos, ou ser uma atitude planejada e criminosa, no caso dos incêndios dolosos.

A redução dos riscos de propagação visa à adoção de medidas prévias para evitar a propagação dos incêndios, cuja origem não pode ser controlada, podendo ser usado para isso a construção de aceiros, o manejo do material combustível, a aplicação de retardantes preventivos e técnicas mais recentes como a silvicultura preventiva.

O conhecimento das causas dos incêndios é fundamental para implementação de programas eficazes de prevenção. Como já dito, a literatura científica enumera as causas mais comuns: naturais (raios), incendiários, queimas agrícolas ou florestais, caçadores, pescadores e turistas, estradas, diversas e não identificadas. Entre estas últimas estão, por exemplo, os incêndios causados por depósitos irregulares de lixo.

O primeiro passo em qualquer atividade de prevenção é realizar um levantamento da área que se deseja proteger.

Para tanto, a utilização de informações existentes, como plantas topográficas, mapas, dados climatológicos, ocorrências de incêndios florestais em anos anteriores, uso do solo em propriedades confrontantes, existência de estradas, caminhos e demais vias de acesso, incluindo os aceiros, é fundamental para dar início à implantação do plano de prevenção. A caracterização da área deve ser feita no ano anterior ao período crítico de incêndios florestais, que ocorre geralmente entre os meses de junho e setembro.

O levantamento prévio permitirá definir quais, como e quando as ações deverão ser implementadas, permitindo ainda a elaboração da previsão orçamentária necessária.

Para a caracterização da área, um passo fundamental é a obtenção de um mapa planialtimétrico atualizado da área a ser protegida, o qual deve conter o sistema viário, a rede hidrológica ou de drenagem, o uso do solo, as construções e os locais de maior ocorrência dos incêndios anteriores.

As informações cartográficas deverão ser complementadas com dados florestais e climáticos da região, períodos críticos de incêndios, existência de recursos humanos, materiais disponíveis para ações de prevenção e combate e informações sobre os hábitos da população confrontante.

Educação Ambiental

A conscientização da população para a importância das florestas e dos prejuízos que os incêndios florestais podem causar pode ser obtida através de contatos individuais ou em grupo, da elaboração e divulgação de material de apoio, da realização de reuniões, seminários, palestras, entrevistas e deve ser encarada como a primeira iniciativa na prevenção dos incêndios.

O conhecimento prévio das características da população confrontante permitirá a definição da melhor estratégia de abordagem. Contudo, o contato pessoal com os confrontantes, em particular aqueles situados em áreas de risco, é uma medida reconhecidamente eficaz. Deverá ser realizada pelo menos uma visita antes do período crítico, procurando motivar os confrontantes para o problema, estabelecer laços de parceria, difundir normas legais existentes e distribuir material de apoio.

O contato pessoal, apesar de ser um método caro, apresenta bons resultados, pois permite um diálogo direto, o que é muito importante para a população rural, geralmente carente de

informações. Dependendo da região, o contato em grupo poderá ser realizado, criando sinergia e aumentando a participação cooperativa nas atividades de prevenção. Reuniões em cooperativas, sindicatos rurais, após as missas, e até mesmo as atividades escolares se incluem na categoria de contato em grupo. O trabalho com os jovens é muito importante na busca de uma nova conscientização da população frente aos incêndios florestais.

Os principais meios de comunicação visando à educação da população são: televisão, rádio, jornais, livros, panfletos, filmes, painéis, palestras e abordagem direta. Todos esses meios são eficientes e poderão ser utilizados de forma isolada ou em conjunto.

O estabelecimento de convênios de cooperação com instituições públicas e privadas também é uma ferramenta importante na redução de custos e na otimização dos recursos disponíveis. Um exemplo prático e que tem trazido bons resultados é o convênio firmado entre a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), o Instituto Estadual de Florestas e a Polícia Militar de Minas Gerais, destinado a desenvolver ações educativas e implementar a fiscalização, para se evitar desligamentos de linhas de transmissão causados por queimadas ou incêndios florestais. Convênios de cooperação também poderão ser firmados entre empresas florestais e confrontantes, visando ações integradas de prevenção e combate ao fogo.

Uso do fogo

O fogo quando não é bem conhecido não é entendido! Logo o seu uso, ainda que constitua uma prática milenar indígena ou tradicional, converte-se num crime ambiental aos olhos de quem não entende. Os seus utilizadores, aqueles que durante gerações usaram o fogo para modelar e manter a paisagem, são hoje vistos como criminosos. Confundem-se o fogo indígena, as queimadas, as queimas de amontoados e resíduos agrícolas ou florestais com incêndios florestais. Inventam-se motivos e

interrelações, exageram-se os impactos do uso tradicional do fogo, criam-se opiniões pouco fundamentadas sobre os impactos da fumaça na saúde pública e inclusive no seu contributo para o aquecimento global, assim como os impactos no solo, na vegetação e na fauna silvestre. Salienta-se que essas práticas são cada vez mais reduzidas quando comparadas com as gerações anteriores, pois a população tradicional está em declínio há várias décadas e o seu território cada vez mais abandonado.

O fogo prescrito ou queima prescrita segue um conjunto de critérios estabelecidos e experimentados há várias décadas, com base em inúmeras investigações, procurando reduzir os impactos do fogo e contribuir para o equilíbrio dos ecossistemas. O fogo é assumido como um processo natural que frequentemente atua como uma parte integrante do ecossistema no qual ocorre. A queima prescrita procura reproduzir os efeitos do fogo natural, sob condições meteorológicas e ecológicas que permitam reduzir seus impactos e inclusive beneficiar os ecossistemas adaptados ao fogo (Figura 37).



Figura 37 - A espécie *Bulbostylis paradoxa* (conhecida como Cabelo-de-índio), muito presente no Cerrado, inicia a floração apenas 24 horas após a queima.

Foto: E. Oliveira, 2019.

Defende-se a reintrodução do fogo nos biomas adaptados a esta perturbação (por exemplo o Cerrado), como ferramenta de reeducação da gestão dos combustíveis à escala da paisagem, de forma semelhante ao que faziam os povos indígenas.

A queima prescrita joga um papel essencial que não foi ignorado pelos povos tradicionais, permitindo simultaneamente a redução da carga e do seu potencial risco de incêndio, a renovação de pastos para caça ou plantações, a fertilização do solo e o controle de animais selvagens. A sua eficiência reside sobretudo no seu efeito mais duradouro quando comparado com meios mecânicos, moto-manuais ou químicos.

A prescrição no uso do fogo é como a prescrição médica. Fazendo a analogia entre ambas, o técnico formado no uso do fogo, à semelhança do médico e de acordo com as condições do paciente, neste caso a paisagem, observa e analisa um conjunto de sintomas apresentados pelo paciente/paisagem, o qual se traduzirá num diagnóstico. Depois da fase de diagnóstico é prescrito um tratamento em que se detalha num documento oficial – o Plano de Manejo Integrado do Fogo – MIF (a nossa “receita médica”) – a forma como deve ser aplicado, ou seja, as condições, as “doses” e o período do tratamento. Dado o estado de vulnerabilidade do paciente – a paisagem –, poderá ser aplicado um tratamento preventivo, a fim de aumentar a resiliência da paisagem e reduzir a perturbação provocada por um potencial incêndio.

O fogo prescrito, sendo um fogo que procura reproduzir um incêndio de origem natural, funciona como uma vacina para uma paisagem com um sistema imunológico cada vez mais debilitado (pelo despovoamento, pelo envelhecimento da população, pela perda de usos do solo), com elevada carga de combustível disponível e vulnerável no quadro das oscilações climáticas. Obviamente existem outros tratamentos, tais como a roçada, seja ela moto-manual ou mecânica, ou mesmo tratamentos mais invasivos, como os químicos. O MIF é um programa de “vacinação” bastante eficaz e eficiente (custo x benefício), porém depende sempre das condições do nosso “paciente”.

Ainda que de forma empírica e muito antes de existirem os “médicos” de hoje, durante várias gerações, o Homem, observando o efeito do fogo natural, apercebeu-se da importância do seu uso no tratamento da paisagem e como “pajés” foram cuidando dela ao longo dos séculos. É notável ver o tratamento comum dos “curandeiros” dispersos pelo globo, nas comunidades indígenas do Brasil, ou nas populações indígenas de África, América do Norte, América do Sul ou Austrália, bem como no velho continente europeu, através das comunidades rurais/pastoris, atribuindo a “mezinha” do fogo para as diversas “enfermidades” da paisagem.

O uso do fogo na prevenção implica sobretudo cumprir as prescrições ecológicas e meteorológicas e alcançar os objetivos sociais, econômicos e de defesa da floresta contra incêndios, mais do que apenas controlar o fogo. Aqui reside a grande diferença, controlar o fogo ou cumprir a prescrição, pelo que é um compromisso técnico monitorar as queimas (Figura 38), divulgar junto da população as condições e a prescrição, assim como os resultados.



Figura 38 - Monitoramento das condições de prescrição da queima e resultados.

Foto: E. Oliveira, 2019.

Então, qual a prescrição mais adequada para o uso do fogo no tratamento das nossas paisagens?

Não se pode generalizar, fazendo prescrições transversais em paisagens diversificadas ou em subunidades paisagísticas ou igual para todos os ecossistemas e biomas. Antes de usar o fogo, temos que responder previamente a algumas questões:

1. Por que vamos usar o fogo num determinado espaço? Para quê?
2. Para quem?
3. Quando vamos usar o fogo?
4. Como vamos usar o fogo?
5. O que esperar após o fogo?

É comum sobrevalorizar a prescrição meteorológica a qual permite manter o fogo sob determinadas condições de controle e apoiada em recursos humanos e meios, ou seja, mais fogo controlado do que fogo prescrito. O fogo prescrito vai muito além da prescrição meteorológica, pois deve considerar outras condições (Figura 39):



Figura 39 - Condições a considerar no uso do Fogo Prescrito.

Foto: E. Oliveira, 2019.

- Prescrição Ecológica – considerando os ecossistemas e sua recuperação pós-fogo, de acordo com o estado fenológico dos complexos de combustível. Algumas espécies do Cerrado, por exemplo, dependem do fogo para completarem seu ciclo de vida, o próprio bioma foi moldado ao longo de toda sua história evolutiva pelo fogo. Igualmente, devem ser consideradas as condições edáficas, pois o solo é o suporte de vida dos ecossistemas.
- Prescrição Socioeconômica – considerando as necessidades das populações locais, tais como renovação de pastagens ou caça. No caso da renovação das pastagens, a queima deve ter em conta o tipo de gado e as formações vegetais que constituem o alimento dele, pois a técnica, o consumo pelo fogo e a estação do ano são importantes para obter os melhores resultados de acordo com as necessidades de cada espécie.
- Prescrição Técnica – a técnica e método de ignição e condução da queima são essenciais no alcance dos objetivos, procurando reduzir os impactos do fogo no solo e a redução da carga de combustível. Por exemplo, em solos mais pobres e jovens, devemos optar por um fogo rápido, isto é, com menor tempo de residência; ainda que aparentemente se manifeste como um fogo de alta intensidade, o impacto no solo é baixo. Por outro lado, no caso de proteção de zonas de interface ou de outros objetivos de defesa da floresta contra incêndios (DFCI), é preferível uma efetiva redução da carga de combustível, pelo que o fogo deverá cumprir um objetivo de elevado consumo nas formações vegetais, logo necessita mais tempo de residência.
- Prescrição Sanitária – bastante comum em países a sul do Equador, onde a queima pode ter um objetivo de controle de pragas e doenças derivadas, no que respeita à saúde pública e à sanidade animal na produção pecuária, tais como o controle de carrapatos. Igualmente, a queima pode ser um recurso eficaz na higienização de pastos para a atividade pecuária.

- Prescrição Estacional – a prescrição estacional está relacionada com a prescrição ecológica, socioeconômica e sanitária, pois a época em que usamos o fogo determinará os resultados pretendidos.
- Prescrição Meteorológica – esta é importante para estimar a disponibilidade dos combustíveis em relação ao fogo, reduzir os impactos, controlar a propagação, reduzir os riscos de piroescape, garantir a segurança e consolidar a queima.

Deve-se salientar que nem todas as formações vegetais estão adaptadas ao fogo, de forma que a prescrição do fogo só deve ser realizada para áreas onde ele faz parte da história evolutiva do bioma, como por exemplo o Cerrado. Florestas úmidas como as encontradas na Mata Atlântica ou Amazônia não têm adaptação ao fogo, por isso não se deve prescrever para estas áreas. Contudo, a vegetação campestre que circunda remanescentes de florestas úmidas podem ser manejadas com o fogo, evitando que um incêndio nessas áreas chegue à floresta.

Ações estruturais de prevenção

Linhas – Aceiros, linhas de defesa e linhas de controle

Os **aceiros** são barreiras naturais ou construídas, limpas de vegetação, parcial ou completamente, de uma largura variável (recomenda-se a largura de duas vezes a altura da vegetação), montados previamente ao incêndio: é uma atividade de **prevenção** (Figura 40).

A limpeza periódica dos aceiros é de grande importância como medida de prevenção. De um modo geral, basta realizar a operação de limpeza no início da época crítica para que os aceiros atravessem todo o período de risco de incêndio em bom estado de conservação. Durante o inverno (período mais crítico no Brasil),

as plantas estão em estado de dormência, com pequeno ou nenhum crescimento vegetativo.



Figura 40 - Aceiro na Mata do Paraíso (Viçosa, MG).

A manutenção dos aceiros pode ser feita com o uso de herbicida, o que tem sido utilizado por várias empresas florestais, com resultados satisfatórios. Entretanto, sua utilização em Unidades de Conservação tem sido questionada e deve ser precedida de estudos técnicos. De acordo com as características do terreno, a limpeza poderá ser feita, também, de forma mecânica (tratores, motoniveladoras, roçadeiras) ou manualmente (foices, enxadas).

De outro modo, as **linhas de defesa**, são faixas desprovidas de vegetação, com uma raspagem dos materiais até o solo mineral, de largura variável, e que se constroem ou instalam durante o **combate** (Figura 41).

Tanto os aceiros como as linhas de defesa se baseiam na remoção do combustível, ou seja, na quebra de continuidade da vegetação. Dependendo das circunstâncias e meios disponíveis, as linhas também podem ser instaladas com base na aplicação de água (linhas frias) ou de produtos químicos, no uso do fogo (linhas negras) ou simplesmente cobrindo-se o terreno com terra.



Figura 41 - Linha de defesa construída manualmente.

Outro conceito importante é a **linha de controle**, que seria a faixa de segurança do terreno desprovida de vegetação, de largura variável, que circunda todo o perímetro do incêndio, podendo ser formada por linha de fogo, mais barreiras naturais ou artificiais e aceiros.

Características das linhas (ICMBIO, 2010):

- a) A remoção da vegetação deve ser feita estritamente até o solo mineral, qualquer que seja a profundidade do material orgânico existente. Isso é necessário, particularmente, ante a possibilidade de propagação de incêndio subterrâneo.
- b) A quebra da continuidade da vegetação não deve ser somente no nível do solo, como também em todo o plano vertical sobre a linha. Logo, deve-se evitar a continuidade superficial e aérea, o que pode tornar necessário derrubar as árvores situadas próximas à linha, executar uma poda de ramos, soterrar o combustível, amassar a vegetação para reduzir sua relação superfície-volume, umedecer a vegetação, etc.
- c) Em terrenos com declive, é necessária a instalação de uma barreira ou trincheira na superfície inferior da linha, a fim de evitar a rodagem de materiais em brasa.
- d) A linha deve ser a mais curta possível evitando os ângulos agudos ou torcidos. Isto afeta o rendimento do trabalho e pode, em alguns casos, aumentar os efeitos de convecção e radiação sobre a área defendida.
- e) Na construção da linha, o material vegetal fino extraído deve ser lançado até o lado da frente do incêndio, a fim de evitar que alguma fagulha provoque sua ignição. Da mesma forma, o material grosso ou pesado deve ser depositado ao lado contrário, em razão da intensidade de calor que pode ser liberado caso ele se incendeie. Em ambos os casos, deve-se dispor o combustível de forma a não criar acúmulos muito grandes.

O método mais utilizado para a abertura de linhas manualmente é o chamado progressivo, que se caracteriza pela permanência de todos os componentes da brigada em suas posições relativas na construção da linha. O avanço dos brigadistas é simultâneo e aproximadamente a uma mesma velocidade. Seu deslocamento realiza-se de tal forma que cada um vai efetuando uma parte do trabalho, até que a linha fique totalmente feita.

Como o trabalho na linha apresenta diferentes tarefas, as ferramentas que empregam os combatentes são variáveis. Não existe uma regra a respeito dos tipos de ferramentas a utilizar na construção da linha porque depende das características do terreno e da vegetação, da quantidade de componentes da brigada e dos meios disponíveis. Mas, geralmente, na construção manual, a sequência é a seguinte:

- Localização da linha (marcação) – ferramentas cortantes (facão).
- Roçado do combustível aéreo e superficial – ferramentas cortantes (foice).
- Corte e raspagem do combustível, superficial e subterrâneo – ferramentas raspantes, mistas e múltiplas (enxada, rastelo, etc.).
- Derrubada de árvores próximas à linha – motosserra e machado.
- Queima de alargamento, dependendo do método de combate empregado – pinga fogo.
- Apoio e vigilância da linha, baseados, principalmente, na aplicação de agentes extintores (água, retardantes ou terra) – bombas costais, pás, enxadas.

Outra forma utilizada para a construção manual do aceiro é o “método de batida do rastelo”, no qual cada operário se coloca

ao lado do outro em fila simples, munido de rastelo ou enxada. O primeiro homem bate a ferramenta no material combustível e é seguido pelo segundo que faz a mesma coisa ao lado daquele local e assim sucessivamente até que a faixa esteja limpa. O primeiro então avança e é seguido pelos demais repetindo a operação.

Para as linhas mais largas, quando são necessários equipamentos maiores, a tarefa se inicia pela utilização de equipamentos pesados até chegar aos equipamentos mais leves (trator, motosserra, machado, foice, pás/enxadas, rastelo) até que a superfície se mantenha livre de material combustível. Entretanto, a situação local e a disponibilidade de equipamentos é que determinarão, na prática, os procedimentos a serem tomados. A grande importância das linhas é que, além de impedir o avanço do incêndio, a partir delas pode-se formar a linha de ataque. Durante as operações de combate, a linha deve ser o mais estreita possível, aproveitando-se ao máximo as barreiras naturais.

Mosaicos de gestão de combustível

Os mosaicos de gestão de combustível constituem um conjunto de parcelas no interior de compartimentos definidos por uma rede estrutural de gestão de combustível, estrategicamente localizadas, em que se procede à gestão de vários estratos de combustível e à diversificação da estrutura e composição dos complexos de combustível, com o objetivo de contribuir para a redução da possibilidade de ocorrência de fogos de grande dimensão e de alta severidade.

A localização e dimensão dos mosaicos vai depender de um rigoroso trabalho de análise de incêndios passados ou de rotas potenciais (eixos potenciais de propagação) no caso de incêndio. O objetivo dos mosaicos é garantir que as superfícies tratadas (i) reduzam a conectividade entre massas de elevada combustibilidade, (ii) otimizem os benefícios em relação às restrições como os custos de implementação e de manutenção, o

impacto paisagístico e (iii) facilitem a ação de combate e extinção. Áreas queimadas, afloramentos rochosos, espaços agrícolas entre outros espaços livres de combustível podem igualmente constituir mosaicos.

Vários estudos realizados em Portugal, Espanha e França permitem identificar o potencial de mitigação dos mosaicos de gestão de combustível em relação à propagação de incêndios, cujas queimadas para renovação de pastagens têm permitido reduzir a dimensão dos incêndios e da área ardida, inclusive em condições meteorológicas de maior severidade.

O sistema de agricultura itinerante de corte e queima, caracterizado pelo uso do fogo por parte das populações tradicionais, com curtos períodos de cultivo num longo período de pousio florestal, permite criar uma heterogeneidade que caracteriza a paisagem mosaica, diversificada.

As queimadas tradicionais ou a execução do Manejo Integrado do Fogo (IBAMA e ICMBio) realizadas na época pré-estiação garantem o efeito mosaico, permitindo um aumento da resiliência da floresta e a ocorrência de incêndios de menor dimensão e de menor severidade.

Proteção de linhas de transmissão de energia

Os incêndios florestais podem afetar a rede elétrica, provocando grandes constrangimentos à população e avultados prejuízos às empresas distribuidoras de energia e aos seus consumidores. Igualmente, os incêndios florestais podem ter origem na rede elétrica, pelo contato de árvores com as linhas ou pela recepção e condução de descarga elétrica atmosférica (raio) resultante de trovoadas, permitindo o seu contato ao solo e possibilitando a origem de uma ignição, tal como ocorreu no Grande Incêndio Florestal (GIF) de Pedrógão Grande (Portugal) em 2017, que consumiu cerca de 29.500 hectares e onde

morreram 64 pessoas e arderam 490 habitações (Mira; Lourenço, 2019).

As medidas de proteção de linhas de transmissão de energia têm dois objetivos essenciais: por um lado proteger de forma passiva as infraestruturas elétricas (sem necessidade de combate) e reduzir os impactos da passagem de incêndios. Por outro lado, isolar potenciais focos de ignição de incêndios.

Vários estudos apontam para a necessidade de execução de faixas de gestão de combustível por baixo das linhas de transmissão (Figura 42). Essa faixa deverá corresponder à projeção vertical dos cabos condutores exteriores das linhas de transporte e distribuição de energia elétrica em média, alta e muito alta tensão, acrescidos de uma faixa de largura que pode variar entre 7 a 10 m para cada um dos lados, nos espaços florestais e, em particular, em áreas com cobertura arbórea (Figura 43).



Figura 42 - Faixa de gestão de combustível da rede elétrica em média tensão.

Foto: E. Oliveira, 2016.

A execução dos trabalhos de prevenção para proteção das linhas implica alguns critérios:

- Cumprir com as distâncias de segurança e as épocas mais propícias para a realização dos trabalhos de execução de faixas, abates e desramação, bem como a remoção dos resíduos florestais decorrente dos trabalhos.
- Respeitar e manter as espécies de crescimento lento.
- Podar e manter as espécies protegidas.
- Proteger o solo com coberturas vegetais em áreas degradadas ou com risco de ravinamentos e voçorocas.



Figura 43 - Faixa de gestão de combustível da rede elétrica de muito alta tensão.

Foto: E. Oliveira, 2015.

No caso do combate a um incêndio florestal, os brigadistas e bombeiros que executam as operações de extinção nos terrenos próximos às linhas de transmissão de energia podem estar

expostos ao perigo de descarga elétrica, pelo que deverão atender às seguintes normas gerais de segurança:

1. Verificar se não existem cabos caídos; mesmo sem corrente são perigosos, pelo que deverá ser sinalizada a zona onde se verifique a queda.
2. Nunca trabalhar de forma conjunta equipes terrestres apoiadas por meios aéreos na presença de linhas elétricas, independentemente se a corrente está cortada ou não.
3. Nunca lançar água nas linhas elétricas, ainda que a corrente se encontre cortada.
4. Na presença de linhas elétricas, nunca se aproximar a menos de 8 metros dos cabos ou apoio elétrico. Isso inclui qualquer ação de extinção como descargas de meios aéreos, lançamento de água pelas equipes terrestres ou uso do contrafogo.
5. Verificar se existe contato entre a vegetação e as linhas, e se isso se confirmar, não lançar água à vegetação que está a arder e esperar que o incêndio saia da zona de proximidade.
6. A fumaça pode ser condutora da eletricidade, logo não permanecer em zonas onde ela afete as linhas de transmissão, mantendo a distância de segurança.

Ações conjunturais de prevenção

Índices de risco de incêndios florestais

O monitoramento do risco de incêndio florestal e das variáveis meteorológicas possui importância na caracterização de regiões que apresentam potencialidades de ocorrência de incêndios, possibilitando assim, subsídios à prevenção e ao combate, ao dimensionamento da infraestrutura e das equipes, e à vigilância e acompanhamento das ocorrências.

Devido à sua capacidade em fornecer estimativas quantitativas sobre a possibilidade de ocorrências de incêndios

florestais, os índices de risco, com base em dados meteorológicos, tornaram-se ferramentas importantes na avaliação do risco potencial de incêndio regional, ao longo do tempo.

Projetados para estimar quantitativamente o risco de incêndios, esses índices normalmente integram um conjunto de variáveis (vento, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) que abrangem os principais fatores envolvidos na iniciação e propagação de incêndios florestais. Os métodos de cálculo levam a um índice numérico que é traduzido como um nível de alarme que aumenta com o crescimento da probabilidade de condições de ocorrência de incêndio.

A utilização de um índice de perigo pouco eficiente pode levar à tomada de decisões equivocadas em relação aos procedimentos de prevenção e combate aos incêndios florestais, ao mesmo tempo que um índice de predição confiável pode ajudar na maior quantificação e distribuição dos recursos para a prevenção.

A eficiência dos índices de incêndio varia consideravelmente em escalas espaciais regionais, o que reforça a necessidade de análise da eficiência de vários índices para a mesma região. A melhor forma de comparar diferentes índices de perigo de incêndios florestais é submetê-los aos mesmos dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios.

A seguir, são apresentados sete índices de perigo de incêndios encontrados na literatura e testados no estado de Minas Gerais (Torres *et al.*, 2018): Índice Logarítmico de Telicyn; Índice acumulativo de precipitação-evaporação (P-EVAP) e da divisão da evaporação pela precipitação (EVAP/P); Índice de Nesterov; Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺); e o índice canadense Fire Weather Index (FWI).

Índice Logarítmico de Telicyn

Equação Básica:

$$I = \sum_{i=1}^n \log (t_i - r_i)$$

Sendo:

I = índice de Telicyn;

t = temperatura do ar em °C;

r = temperatura do ponto de orvalho em °C;

log = logaritmo na base 10.

Sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandonar a somatória e recomençar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar. No(s) dia(s) de chuva, o índice é igual a zero (Tabela 5).

Índice acumulativo da divisão da evaporação pela transpiração (EVAP/P)

O índice EVAP/P também é acumulativo e relaciona a divisão da evaporação pela precipitação, ambas medidas diariamente em milímetros. Para seu cálculo, são utilizadas algumas restrições apresentadas na Tabela 5.

Índice acumulativo de precipitação-evaporação (P-EVAP)

O índice acumulativo P-EVAP relaciona a diferença entre a precipitação (P) e a evaporação (EVAP), ambas medidas diariamente em milímetros. A precipitação também apresenta algumas restrições (Tabela 5).

Índice de Nesterov

Equação básica:

$$G = \sum_{i=1}^n di \cdot ti$$

Sendo:

G = Índice de Nesterov;

d = *deficit* de saturação do ar em milibares;

t = temperatura do ar em °C.

O *deficit* de saturação do ar, por sua vez, é igual à diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, podendo ser calculado através da seguinte expressão:

$$d = E(1-H/100)$$

Sendo:

d = *deficit* de saturação do ar em milibares;

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares;

H = umidade relativa do ar em %.

No índice de Nesterov, a continuidade da somatória é limitada pela ocorrência de precipitações (Tabela 5).

Fórmula de Monte Alegre

Equação básica:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100/H_i)$$

Sendo:

FMA = Fórmula de Monte Alegre;

H = umidade relativa do ar (%);

n = número de dias sem chuva.

O índice apresenta restrições à precipitação (Tabela 5).

Fórmula de Monte Alegre Alterada

Equação básica:

$$\mathbf{FMA^+ = \sum_{i=1}^n (100/H_i) e^{0,04v}}$$

Sendo:

FMA⁺ = Fórmula de Monte Alegre Alterada;

H = umidade relativa do ar (%);

n = número de dias sem chuva;

v = velocidade do vento em m/s;

e = base dos logaritmos naturais (2,718282).

Sendo acumulativo, o índice também está sujeito às restrições de precipitação (Tabela 5).

Tabela 5 - Restrições dos índices de acordo com a chuva

Índice	Chuva (mm)	Modificação no cálculo
Telicyn	>2,5	Abandonar a somatória e recomeçar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar. No(s) dia(s) de chuva o índice é igual a zero.
EVAP/P	< 1 1 a 15 >15	Não entra no cálculo. Dividir a EVAP/P da véspera pela chuva do dia. Interromper o cálculo, recomeçando no dia seguinte ou quando a chuva cessar. No dia da chuva EVAP/P = 0.
Nesterov	≤2,0 2,1 a 5,0 5,1 a 8,0 8,1 a 10,0 >10,0	Nenhuma. Abater 25% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia. Abater 50% no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia. Abandonar a somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G= (d.t) do dia. Interromper o cálculo (G=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.
P-EVAP		Idem a Nesterov.
FMA e FMA ⁺	≤2,4 2,5 a 4,9 5,0 a 9,9 10,0 a 12,9 >12,9	Nenhuma. Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. Interromper o cálculo (FMA=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

Fonte: Torres *et al.* (2017).

Fire Weather Index

O índice FWI do Sistema Canadano de Indexação do Risco de Incêndio Florestal (CFFDRS) apresenta seis componentes que podem ser classificados em níveis. Em um

primeiro nível, há o Índice de teor de umidade de combustíveis finos (FFMC); Índice de teor de umidade da camada orgânica (DMC); e o Índice de Seca (DC), representativo do *deficit* de água no solo. Todos calculados a partir de dados meteorológicos: temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), e velocidade do vento a 10m de altura (m/s).

Em um nível intermédio, encontram-se dois índices relacionados com aspectos do comportamento ou propagação do incêndio: Índice de propagação inicial (ISI), que incorpora o índice de teor de umidade dos combustíveis finos e o valor da velocidade do vento para produzir uma medida da velocidade de propagação do incêndio em terreno plano, como deverá ocorrer na fase inicial de um incêndio; e Índice de Combustível Disponível (BUI), que integra os dois subíndices DMC e DC para obter uma estimativa da proporção da vegetação disponível (partículas médias e grossas) que irá participar efetivamente na propagação.

O resultado final do sistema é uma conjugação dos dois grupos, designada por índice de risco meteorológico (FWI) e constitui o dado de saída que mais diretamente se relaciona com a possibilidade de ocorrência de incêndios e com a respectiva periculosidade.

Meteorologia Operacional

Cada vez é mais importante que todos os bombeiros e brigadistas dominem as técnicas mais básicas relacionadas com interpretação e análise dos fatores meteorológicos e o seu papel na influência do estado dos combustíveis e no comportamento do fogo.

Nos meses de inverno, onde a estiagem domina em grande parte dos biomas do território brasileiro, o fogo e o impacto dos incêndios florestais é cada vez maior e mais severo, principalmente em biomas mais sensíveis tais como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica.

O aumento de períodos prolongados de estiagem, temperaturas mais elevadas e a escassa umidade são três fatores das oscilações climáticas determinantes para o favorecimento do aumento do número de incêndios (desde que haja a ignição) e aumento da área ardida. Para prevenir ou evitar a propagação, bem como para apoiar a tomada de decisão de determinadas estratégias de combate aos incêndios florestais, a meteorologia é um instrumento importantíssimo a que todo o operacional deve recorrer.

Seguidamente, descrevem-se alguns recursos e técnicas para interpretar os dados meteorológicos e a sua influência no risco meteorológico de incêndios e na propagação e comportamento dos incêndios.

Temperatura e Umidade

A estimativa de temperatura, umidade relativa e ponto de orvalho pode fornecer informações sobre os limiares críticos do comportamento do fogo quanto ao potencial de ignição e de incêndio de copas.

A temperatura dos combustíveis está relacionada com a quantidade de radiação solar recebida e o seu conteúdo de umidade. Se os combustíveis se encontrarem frios, necessitarão de mais calor para atingirem o ponto de ignição.

Umidade do Combustível

A umidade do combustível pode ser definida como o conteúdo de água retida pela vegetação, independentemente se está morta ou viva.

O teor de umidade do combustível fino morto (de 1 hora) pode ser estimado a partir da umidade relativa.

Umidade do Combustível Fino Morto

O conteúdo de umidade no combustível fino morto (UCFM) é um dado importante para a predição do comportamento do fogo. Essa medição é difícil de executar no campo, porém se pode recorrer a estimativas com base nos valores da temperatura e da umidade relativa do ar. Devido às diferenças da radiação solar que existem entre as diversas exposições, a época do ano (meses), a nebulosidade/sombreamento e a diferença adiabática em relação ao declive, torna-se necessária a aplicação de correções por estimativa.

Nesse sentido, para estimar a UCFM recorre-se às tabelas criadas em 1983 por Rothermel, tendo sido adaptadas para o hemisfério sul. Salienta-se que para a utilização dessas tabelas há que se ter em consideração que as horas constantes nas tabelas de Rothermel referem-se à hora solar, o que obriga a aplicação da correção adequada em relação à hora oficial.

Para estimar a UCFM, utilizam-se como dados de entrada o valor da temperatura e da umidade relativa (Tabela 6). O teor de umidade de referência do combustível morto pode ser obtido localizando a interseção dos valores da temperatura e da umidade relativa. Observe que a umidade relativa tem um efeito muito maior no teor de umidade do combustível.

Uma vez estimada a UCFM de referência, é necessária a correção em função da época do ano (meses), hora, exposição, nebulosidade/sombreamento e declive (Tabelas 7, 8 e 9). Para a correção, toma-se o valor da UCFM de referência e se soma o valor obtido numa das tabelas de correção.

Como exemplo, considerando que às 14 horas do mês de agosto, numa encosta orientada a norte, com um declive de 15%, num dia de céu limpo, a temperatura seja de 33 °C e a umidade relativa do ar seja de 42%, a partir da Tabela 6, obtém-se a UCFM de referência no valor de 6. Tratando-se do mês de agosto, recorreremos à Tabela 9, para proceder à referida correção, pelo que dadas as condições enunciadas, soma-se o valor obtido, neste caso, 0. Sendo assim, a UCFM será aproximadamente de 6%.

Tabela 6 - Tabela de referência de umidade do combustível

T°C	UMIDADE RELATIVA																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
<0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	8	8	9	9	9	10	11	12	12	13	13	14
0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	12	13	13	13
10	1	2	2	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	11	12	12	12	13
21	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	9	10	10	11	12	12	13
32	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	8	9	9	10	10	11	12	12	13
>42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	8	8	9	9	10	10	11	12	12	12

Tabela 7 - Tabela de correções do teor de umidade do combustível morto nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro

Exposição	Hora	Exposto - menos de 50% dos combustíveis à sombra						
		08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	
S	Declive							
	0-30%	5	4	3	3	4	5	
O	>31%	5	5	5	5	5	5	
	0-30%	5	4	3	3	4	5	
	>31%	5	5	3	2	3	5	
N	0-30%	5	4	3	2	4	5	
	>31%	5	3	1	1	3	5	
L	0-30%	5	4	3	2	4	5	
	>31%	5	4	3	3	5	5	
Sombreado - Mais de 50%								
S, O, N, L	Todas	5						
Terreno plano = exposição sul								

Tabela 8 - Tabela de correções do teor de umidade do combustível morto nos meses de março, abril, maio e outubro

Exposição	Hora	Exposto - menos de 50% dos combustíveis à sombra						
		08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	
S	Declive	4	2	1	1	2	4	
	0-30%	4	3	3	3	3	4	
O	0-30%	4	2	1	1	2	4	
	>31%	5	4	1	1	1	3	
N	0-30%	4	2	1	1	2	4	
	>31%	4	2	1	1	2	4	
L	0-30%	4	2	1	1	2	4	
	>31%	3	1	1	2	4	5	
Sombreado - Mais de 50%								
S	Todas	5	4	4	4	4	5	
O	Todas	5	4	4	4	5	5	
N	Todas	5	5	4	4	5	5	
L	Todas	5	5	4	4	4	5	
Terreno plano = exposição sul								

Tabela 9 - Tabela de correções do teor de umidade do combustível morto nos meses de junho, julho, agosto e setembro

Exposição	Hora	Exposto - menos de 50% dos combustíveis à sombra						
		08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	
S	Declive							
	0-30%	3	1	0	0	1	3	
O	>31%	4	2	1	1	2	4	
	0-30%	3	1	0	0	1	3	
N	>31%	5	3	1	0	0	2	
	0-30%	3	1	0	0	1	3	
L	>31%	3	1	0	0	1	3	
	0-30%	2	1	0	0	1	4	
	>31%	2	0	1	1	3	5	
Sombreado - Mais de 50%								
S	Todas	5	4	3	3	4	5	
O	Todas	5	4	3	3	4	4	
N	Todas	4	4	3	3	4	5	
L	Todas	4	4	3	4	4	5	
Terreno plano = exposição sul								

Probabilidade de Ignição (%)

Uma vez estimada e corrigida a UCFM, recorrendo-se à Tabela 10 é possível estimar a probabilidade de ignição, através da interseção do valor da UCFM corrigida e da temperatura. Usando os valores do exemplo anterior, da interseção do teor de UCFM e da temperatura de saída e percentagem de sombreamento (no caso 0%, tratando-se de céu limpo) tem-se então a probabilidade de ignição igual a 60%.

O valor da umidade relativa e o teor de umidade dos combustíveis de 1h e de 10h permitem estimar a facilidade de probabilidade de ignição, de ocorrência para a geração de focos secundários e da intensidade do incêndio, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 10 - Tabela para a estimativa da probabilidade de ignição

Sombra %	T°C	Unidade do combustível fino morto															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0-10	> 40	100	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	20	10
	35 40	100	90	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
	30 35	100	90	80	70	60	60	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
	25 30	100	90	80	70	60	60	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10
	20 25	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	15 20	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	10 15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5 10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	0 5	90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	10-50	> 40	100	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20
35 40		100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
30 35		100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	20	10	10
25 30		100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
20 25		100	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
15 20		90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
10 15		90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5 10		90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
0 5		80	70	60	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10	10

Continua...

Tabela 10 - Cont.

Sombra %	T°C	Umidade do combustível fino morto															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
50-90	> 40	100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
	35	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10
	30	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	25	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
	20	90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	10
	15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	5	90	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10	10
	0	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
	100	> 40	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10
35		100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10	10
30		100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
25		90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	10
20		90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
15		90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
10		90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5		80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
0		80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10

Tabela 11 - Intensidade do incêndio relacionada com a umidade relativa e a umidade dos combustíveis de 1h e de 10h

UR %	UC 1h (%)	UC 10h (%)	Facilidade relativa da possibilidade de ignição, de focos secundários e condições gerais de queima
>60	>20	>15	Baixíssimo risco de ignição. Alguns focos secundários poderão ocorrer se o vento for superior a 15 km/h.
45-60	15-19	12-15	Baixo risco de ignição.
30-45	11-14	10-12	Médio risco de ignição. Condições para arder com facilidade. O uso do fogo pode ser perigoso.
26-40	8-10	8-9	Alto risco de ignição. Qualquer uso do fogo é perigoso. Possibilidade de fogo de copas. Focos secundários causados por rajadas de vento.
15-30	5-7	5-7	Ignição rápida, rápido desenvolvimento e forte potencial para copas. Qualquer vento pode causar focos secundários.
<15	<5	<5	Qualquer ignição é perigosa. O fogo propaga-se de forma intensa, ocorrendo diversos focos secundários que se propagam rapidamente. Condições críticas e elevada possibilidade de comportamento excepcional do fogo.

Fonte: NFES (EUA).

Umidade do Combustível Vivo

A Umidade do Combustível Vivo (UCV) depende da época do ano e do estado fenológico da planta. Segundo Rothermel (1983), existem cinco estados diferentes de crescimento da vegetação, e cada um destes estados corresponde ao seu conteúdo de umidade que pode ser estimado visualmente (Tabela 12).

Tabela 12 - Interpretação do teor de umidade de combustível vivo com base no estado de desenvolvimento da vegetação (Rothermel, 1983)

UCV%	Estado de desenvolvimento da vegetação
300	Folhagem jovem, de cor muito verde. Desenvolvimento intenso de herbáceas. Início do ciclo de crescimento.
200	Folhagem madura, porém ainda em desenvolvimento. As células estão saturadas de água.
100	Folhagem madura, tendo finalizado o crescimento. Folhagem perene velha e de cor verde muito intensa.
50	Início do repouso vegetativo e início da mudança de cor da folhagem. Queda de folhas.
<30	Folhagem completamente madura, descolorida, tornando-se amarelas e castanhas. Completamente seca (considerada como combustível morto).

Ponto de Orvalho

O Ponto de Orvalho designa a temperatura na qual o vapor de água presente no ar passa ao estado líquido na forma de pequenas gotículas, por condensação (orvalho). Quanto mais alta for a temperatura do ponto de orvalho, maior quantidade de vapor de água está contido no ar úmido.

A relação entre a umidade e a temperatura do ar altera-se com a aproximação de uma nova massa de ar. Um bom indicador dessa mudança de massa de ar é dado pela temperatura do ponto de orvalho, que diminui com a aproximação de uma massa de ar mais seca.

O Ponto de Orvalho é útil como indicador da formação de orvalho durante a noite sobre os combustíveis finos. A

inexistência de Ponto de Orvalho indica, por sua vez, a falta de recuperação de umidade noturna pelos combustíveis, pelo que o comportamento do incêndio poderá manter-se com intensidade durante a noite, bem como pela manhã os combustíveis estarão disponíveis para arder.

Com os valores da temperatura do ponto de orvalho e da temperatura do ar, é possível também se calcular a altitude da base das nuvens baixas, ou seja, a altitude da linha em que há a saturação do ar e formação de nuvens, através da equação: $\text{Altitude da base das nuvens} = (T^{\circ}\text{C do ar} - T^{\circ}\text{C do ponto de orvalho}) * 125$. Essa informação é importante no cálculo da camada de instabilidade do ar, o que pode afetar o comportamento da fumaça dos incêndios.

Ventos

Ventos gerais

Os ventos gerais são ventos em grande escala produzidos por gradientes de pressão em larga escala entre sistemas de alta e baixa pressão. Eles podem ser influenciados e modificados consideravelmente na atmosfera mais baixa pelos efeitos do terreno e da estrutura vegetativa. Esses ventos de altitude afetam a coluna convectiva.

Os ventos fortes tendem a inibir o desenvolvimento vertical das colunas convectivas e podem inclinar a coluna de fumaça de modo que ela permaneça próxima do solo à medida que a fumaça se afasta do incêndio. No entanto, num ambiente muito instável, os ventos podem ser mais erráticos, e, durante períodos de ventos mais suaves, o desenvolvimento vertical da coluna de fumaça pode-se intensificar e aumentar o potencial de transporte de fagulhas com os ventos mais fortes que seguem.

Ventos locais

Para além dos ventos gerais, importa ter especial atenção ao vento que circula a 10 metros de altura sobre a zona do incêndio e o vento a média chama que circula a cerca de 2 metros sobre o solo.

Os ventos locais são ventos convectivos causados por diferenças de temperatura local, geradas numa área relativamente pequena, determinadas pelo relevo e microclima. Eles diferem daqueles que seriam próprios para o padrão de pressão geral, pois são limitados pela superfície próxima e controlados pela intensidade da radiação solar durante o ciclo diurno.

O vento é um fator determinante durante o desenvolvimento dos incêndios florestais, o qual determina sua velocidade e seu sentido da propagação.

A forma do vale encaixado ou da bacia de drenagem determina o rumo do vento que segue o seu curso geral e forma remoinhos e intensas correntes que ascendem pelas encostas.

Na intersecção de duas drenagens (2 linhas de água), o incêndio pode seguir um curso ou ambos, dependendo dos seguintes fatores:

- A direção em que sopram os ventos no vale, de acordo com os efeitos da orientação e hora do dia.
- Os ventos dominantes (ventos locais) no vale.
- Os remoinhos de vento que se formaram na bifurcação.
- A disponibilidade de combustíveis na zona de bifurcação.

A chaminé é um efeito que o relevo exerce sobre o ar ascendente, ocorrendo em talvegues muito estreitos, sendo formada por 3 paredes que criam um canal vertical e estreito. O relevo canaliza o fluxo de ar ascendente de encosta e aumenta a sua velocidade. O pré-aquecimento da encosta em altura e a

radiação irradiada através do talvegue criam uma corrente semelhante à de uma chaminé que alimenta o incêndio, tal como acontece com a chaminé de uma lareira. O resultado pode ser uma velocidade de propagação excepcional, com ignição de focos secundários e de condições difíceis para se estabelecer uma zona de segurança ou para se deslocar para ela.

O efeito chaminé ocorre quando as condições de ar instável produzem uma corrente ascendente através de um vale encaixado.

Sob determinadas condições, a convergência de ventos erráticos numa cumeada pode provocar focos secundários. Essa situação é mais provável quando no barlavento sopram ventos mais intensos em relação ao fluxo de ar ascendente do lado de sotavento. Nessas condições, a segurança dos operacionais pode-se ver comprometida e a cumeada deixa de ser uma linha de defesa eficaz.

Estabilidade ou instabilidade atmosférica

A estabilidade da atmosfera inferior avalia-se tendo em consideração a distribuição vertical da temperatura. A atmosfera é considerada estável se as parcelas de ar resistem à deslocação vertical, o que significa que a convecção fica anulada. Se a capa da atmosfera é muito instável, permite maiores deslocamentos verticais do ar, o que pode contribuir ao desenvolvimento de tempestades possivelmente perigosas ou extensas colunas de fumaça.

Como já foi referido, a umidade relativa nas camadas baixas da atmosfera é um fator que influencia a umidade do combustível florestal. Valores baixos de umidade do combustível aumentam as probabilidades de que ocorra um comportamento excepcional do fogo.

O Índice de Severidade da Atmosfera Inferior (vulgarmente conhecido por Índice de Haines) foi desenvolvido

durante a década de 1980 como uma ferramenta de meteorologia de incêndio – pirometeorologia – para estimar o efeito da secura atmosférica e da estabilidade no potencial de crescimento de um incêndio. O objetivo era identificar combinações típicas de umidade e estabilidade e as contrastar com combinações de estabilidade e umidade dominantes durante ocorrências de incêndios complexos.

Considerando a elevação do terreno em que ocorre o incêndio, utiliza-se a diferença de temperatura entre as diversas camadas da atmosfera (Tabelas 13 e 14):

Tabela 13 - Cálculo do Índice de Haines

Estabilidade Térmica		Depressão Psicométrica (B)	
Baixa altitude			
A	T°C 950hPa – T°C 850hPa	B	T°C 950hPa – Td 950hPa
1	≤ 3°C	1	≤ 3°C
2	4° a 7°C	2	6 a 9°C
3	≥ 8°C	3	≥ 10°C
Média altitude			
A	T°C 850hPa – T°C 700hPa	B	T°C 850hPa – Td 850hPa
1	≤ 5°C	1	≤ 5°C
2	6° a 10°C	2	6 a 12°C
3	≥ 11°C	3	≥ 13°C
Alta altitude			
A	T°C 700hPa – T°C 500hPa	B	T°C 700hPa – Td 700hPa
1	≤ 17°C	1	≤ 14°C
2	18° a 21°C	2	15 a 20°C
3	≥ 22°C	3	≥ 21°C

A equação para calcular o índice de Haines é: $IH = A + B$

T: é a temperatura do ar;

Td: é a temperatura e ao ponto de orvalho;

950 hPa – próximo da superfície;

850 hPa – \approx 1.500 m de altitude;

700 hPa – \approx entre 2.500 a 3.000 m de altitude;

500 hPa – \approx entre 5.000 e 5.500 m de altitude.

Tabela 14 - Interpretação do Índice de Haines (IH)

HI (A + B)	Potencial para a taxa de propagação do fogo
2 ou 3	Baixíssimo
4	Baixo
5	Moderado
6	Alto

Além da importância de analisar os dados meteorológicos e de saber interpretar a ação destes na ignição e na propagação e comportamento do fogo, é essencial que todo bombeiro ou brigadista registre a informação recolhida no terreno (Figura 44), que lhe permita fundamentar a sua avaliação e que possa auxiliar em reconstruções e avaliações pós-incêndio.

possível, uma vez que a detecção de um foco de incêndio é um fator determinante para o desenrolar de todas as restantes ações. É a partir da detecção, e da forma como essa informação chega aos centros operacionais, que se desencadeiam todos os subsequentes procedimentos.

O principal objetivo da detecção é o de reduzir o tempo entre o início do incêndio e a intervenção dos meios necessários para procederem ao seu controle e extinção. As condições que permitem uma detecção rápida dos focos de incêndio pressupõem a existência de uma estrutura simples, que permita o cruzamento de dois ou mais azimutes, mas que se tem tornado mais complexa por ser gradativamente complementada com meios tecnológicos mais sofisticados. Daí que, além da tradicional vigilância em torres de vigia, hoje podemos ter também patrulhas móveis, monitoramento via satélites, videovigilância com câmeras de alta resolução e sensores eletrônicos de alterações de condicionantes atmosféricos ou raios infravermelho que transmitem informações (imagens e dados) para os centros operacionais. A partir dessas informações, os centros podem localizar a ignição e dar o alerta. em alguns casos, com o recurso de um sistema de informações geográficas e tecnologias de comunicação, sempre que esses procedimentos estejam automatizados.

Contudo, cada um desses meios de detecção tem as suas vantagens e limitações, pelo que a implementação e o desempenho de cada um deles deve ser alvo de uma análise escrutinada, avaliando as várias opções e as características intrínsecas da área a monitorar.

Tradicionalmente a vigilância das florestas tem sido realizada por pessoas, previamente instruídas para esse efeito, mas ultimamente cada vez mais é complementada com recurso a diversos meios tecnológicos. A detecção e vigilância, em função dos recursos que utiliza, costuma dividir-se em: terrestre (fixa e móvel) e aérea (aeronaves e satélites).

Terrestre

Fixa

A vigilância das florestas tem sido realizada com base em postos fixos de vigilância, denominados Postos de Vigia, que inicialmente eram construções de alvenaria, depois passaram a funcionar em torres metálicas e, mais recentemente, passaram a dispor de uma só componente metálica (Figura 45).



Figura 45 - Sistema tradicional de detecção terrestre fixa: a) Construção de alvenaria; b) Torre metálica; c) Torre metálica de uma só componente.

Fonte: DGF, 2009.

Normalmente, os postos de vigia estão situados em pontos altos, nas cumeadas montanhosas, de onde facilmente se pode observar uma extensa área. Esses postos estão equipados com um goniômetro (medidor de ângulos horizontais) que contém uma mira, dotado de movimentos circulares, montado sobre um círculo graduado (360°), fixo, e que, regra geral, está predefinido com o valor zero orientado para o norte geográfico (Figura 46). Assim, olhando através da mira para o local que permite

visualizar a coluna de fumaça, um indicador que se encontra acoplado ao visor marcará, no círculo graduado, o azimute do foco de incêndio. O posto de vigia dispõe ainda de binóculos (Figura 46), para poder melhorar os detalhes da observação, e de um sistema de comunicação via rádio, não só para poder comunicar as novas ocorrências de incêndio, mas também para prestar outras informações, nomeadamente sobre o desenvolvimento de incêndios que são visíveis do posto, sempre que tal lhe seja solicitado.



Figura 46 - Goniómetro num posto de vigilância fixa para incêndios florestais, em Vila Nova de Cerveira (Portugal).

Foto: E. Oliveira, 2009.

Para se obter a localização exata de um foco de incêndio é necessário que dois ou mais postos de vigia forneçam os respectivos azimutes desse foco de incêndio aos centros operacionais, onde,

sobre um mapa, cruzam-se as linhas correspondentes a esses azimutes, cujo local de intersecção dá as coordenadas geográficas do ponto de ignição (Figura 47).

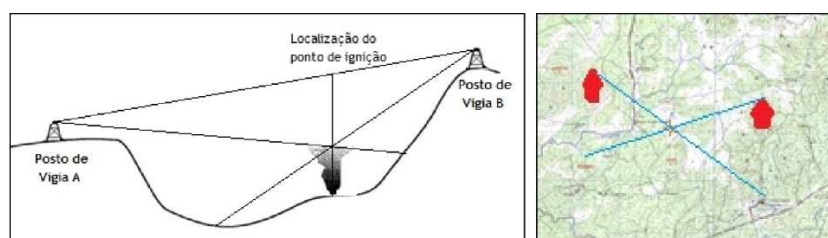


Figura 47 - Representação esquemática da detecção de um foco de incêndio por dois postos de vigia.

Fonte: Adaptado de Fisher, 1996.

A eficácia dos Postos de Vigia depende das capacidades do próprio vigilante em reconhecer uma coluna de fumaça, diferenciando-a de outras fumaças inerentes à atividade humana do dia a dia, para não ativar falsamente os escassos meios de combate, bem como depende também dos meios de que dispõe para entrar em contato com os centros de decisão.

Contudo, por vezes, existem áreas que não são diretamente visíveis, ou que apenas são visíveis a partir de um único posto. Nesses casos, o foco de incêndio poderá ser ou não detectado consoante o posto de vigia alcança ver, ou não, a coluna de fumaça. Nesse caso, como só existe um azimute (Figura 48), não é possível localizar com precisão o foco de incêndio, o que poderá fazer com que as equipes de combate enveredem por um percurso mais longo, consumindo assim, desnecessariamente, tempo precioso na sua deslocação até o foco de incêndio, o que atrasa o ataque inicial.

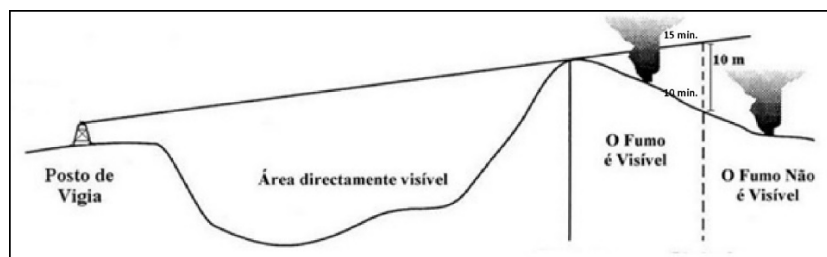


Figura 48 - Representação esquemática da existência de áreas que não são diretamente visíveis do posto de vigia, mas onde, provavelmente, um foco de incêndio será detectado e onde não será detectado.

Fonte: Adaptado de Catry *et al.*, 2004 *apud* Fisher 1996.

Deste modo, é fundamental uma boa distribuição dos postos de vigia para se conseguir assegurar um grau de visibilidade abrangente e contínuo das manchas florestais, para com o menor número de postos de vigia se cobrir a maior área possível. Para otimizar a colocação da rede dos postos de vigia são fundamentais as cartas com a visibilidade de cada posto, a qual é fortemente condicionada pela altura da torre de observação, pela topografia, pelos tipos e densidade das formações vegetais, bem como pelas vias de acesso que podem condicionar a respectiva implementação.

Vantagens

- Os Postos de vigia permitem uma vigilância contínua das áreas florestais e em comunicação permanente com os centros operacionais. Todavia, para assegurar um grau de cobertura satisfatório, é necessária uma rede articulada de vários postos;
- A detecção por dois ou mais postos de vigia permite localizar facilmente, através de técnicas de triangulação, o foco de incêndio e proceder ao alerta e ativação de meios de combate;

- Os postos de vigia servem, também, para fiscalização da área, coibindo a ação dos agentes causadores de incêndios, principalmente de origem humana.

Desvantagens

- A detecção atempada depende do grau de conhecimento dos agentes e da atenção constante dos vigias durante o seu turno;
- A existência de áreas extensas que não se conseguem observar em linha de vista, uma vez que a área diretamente visível pelos postos de vigia pode variar, consoante os locais, entre 10 e 40 ou mais quilômetros (Davis *et al.*, 1959; Brown e Davis, 1973);
- Dependência das condições atmosféricas e diminuição do grau de visibilidade durante a noite, o que dificulta a detecção das colunas de fumaça, pelo que só se conseguirá detectar as chamas flamejantes do foco de incêndio que terá de estar dentro da área diretamente visível;
- Normalmente é um trabalho sazonal, precário, com condições de trabalho abaixo dos padrões aceitáveis, pelo que há dificuldades de recrutamento e contratação de pessoal, que geralmente é de baixo nível de formação e de fraca responsabilidade dos operadores;
- A acuidade visual e a fadiga a que estes agentes estão sujeitos, bem como deficientes técnicas de observação, fazem com que o índice de detecção seja mais baixo que os alertas dados pelos populares;
- Devido à distância, a observação nem sempre permite a obtenção de informação suficiente e credível para o acompanhamento e monitoramento do incêndio;
- A implementação de uma rede de postos de vigia acarreta encargos financeiros elevados, que há dificuldade em operacionalizar fora dos períodos convencionais;

- Os incêndios constantes provocam alterações, quer no tipo de espécies florestais presentes, quer no alargamento ou diminuição da sua respectiva mancha florestal, bem como no uso do solo, que podem condicionar a visibilidade, de modo que de década a década pode ser necessário redistribuir os postos de vigia, o que é um grande entrave do sistema.

Vigilância Móvel

A vigilância móvel terrestre consiste no patrulhamento das áreas florestais feito através de veículos motorizados *off-road*, motociclos, bicicletas, animais montados e a pé. A principal missão dessas patrulhas é a de evitar as ignições, funcionando como dissuasores elementares, de proximidade e de sensibilização da comunidade local, além de contribuírem para detecção atempada de ignições e, em certos casos, até procederem logo ao ataque inicial.

Para o patrulhamento das manchas florestais, podem ser destacados ou alocados agentes de proteção civil de várias entidades como sejam: brigadas de vigilância e primeira intervenção; brigadas de investigação de incêndios florestais; brigadas autárquicas; bombeiros; voluntários e Cidadãos/Populares. Todos esses intervenientes são pessoas previamente instruídas, competentes e com robustez física para o desempenho das funções.

A vigilância móvel visa ser um complemento da vigilância fixa, cobrindo as “áreas sombra” que se encontram fora do campo de visão direta dos postos de vigia. Contudo, no caso dos veículos, essa observação fica limitada às vias de acesso existentes. No caso da vigilância a cavalo ou pedonal, é possível uma maior observação do interior da floresta, embora a marcha seja mais lenta e o percurso obrigatoriamente mais curto.

Vantagens

- Predefinição de trajetos e percursos de acordo com o grau de risco de incêndio florestal;
- Possibilidade de, nos períodos mais críticos, intensificarem-se as patrulhas;
- Fiscalização de pessoas que utilizam o fogo nas suas atividades (agricultores, silvicultores, turistas e outros);
- Possibilidade de atualização constante do estado de conservação das vias de acessos, dos acessos e estado dos pontos de água, elementos cruciais para um bom desempenho do ataque inicial e ampliado;
- Possibilidade de iniciar o ataque a pequenos focos.

Desvantagens

- Em regra, a área observada é limitada, pois é realizada ao longo das estradas, perto das atividades humanas, ou junto a divisórias de terrenos, ou locais próximos a vilas e povoados, o que reduz o grau de visibilidade;
- Não permite observação contínua, pois se pode passar muito tempo entre duas observações de um mesmo local;
- Necessita de uma forte componente humana e de meios de transporte para detecção e vigilância, o que envolve custos logísticos bastante importantes;
- Possui custo muito elevado, no caso de 24 horas contínuas de observação, e o grau de detecção no período noturno é reduzido;
- Geralmente, as equipas são desmanteladas ano a ano, pelo que não se cria um vínculo ou espírito de equipa, o que traz algumas limitações a nível de rotinas e estandardização dos procedimentos;

- Normalmente, as esquipes são despachadas centralmente para os locais a vigiar, pelo que não conheceram previamente o terreno nem as características do território a vigiar, nem há proximidade com os agentes e a população local;
- Quando a vigilância móvel é efetuada por populares, os elementos de localização prendem-se mais com a toponímia, topografia local, ou elementos urbanísticos de relevo local como a igreja, capela, biblioteca, fábrica, etc., dessa forma, a localização pode não ser exata, mas facilita na escolha do percurso a tomar pelos meios de combate.

Vigilância Aérea

Aeronaves

A vigilância aérea consiste na observação de uma área florestal continua por meios aéreos, tais como pequenos aviões e helicópteros, que permitem chegar a zonas não visíveis (mortas) dos postos de vigia, num espaço de tempo muito curto.

Baseia-se no uso de aviões, geralmente monomotores com capacidade para dois elementos. O piloto é acompanhado por um observador, que realiza a observação adequadamente, ou, em alternativa, a aeronave está dotada de câmeras que captam imagem, ou fazem registo através de raios infravermelho ou de sensores térmicos. Esse método permite observar uma grande quantidade de superfície por unidade de tempo e recolhe uma grande quantidade de informações relativas às possíveis ocorrências detectadas.

Devido à velocidade que esses meios atingem, torna-se difícil a adequada detecção pelo olho humano, pelo que esses meios costumam estar equipados com câmeras de alta resolução, dotadas de infravermelhos para detecção dos focos de incêndio, adaptação que eleva os seus custos. Para além das câmeras, esses meios estão ainda equipados com tecnologia de georreferenciamento, que permite obter informação acerca da localização exata do incêndio.

Contudo, devido ao custo elevado, a sua utilização restringe-se a escassas horas de voo. A vigilância é desenvolvida em percursos previamente definidos e tende, dependendo do país, a se realizar apenas nos períodos em que o índice de risco de incêndio é muito elevado.

Essa tipologia visa aumentar o grau de cobertura das manchas florestais, contudo está dependente das limitações intrínsecas dos meios a utilizar. No caso dos aviões ligeiros, o percurso terá de ser o mais retilíneo possível, logo o perfil da mancha observada é mais longitudinal (Figura 49a). Já os helicópteros, que podem rodar sobre si próprio, facilitando uma observação a 360°, e permanecerem imóveis no mesmo ponto, podem cobrir um maior área e o seu perfil assemelha-se a círculos contíguos (Figura 49b).

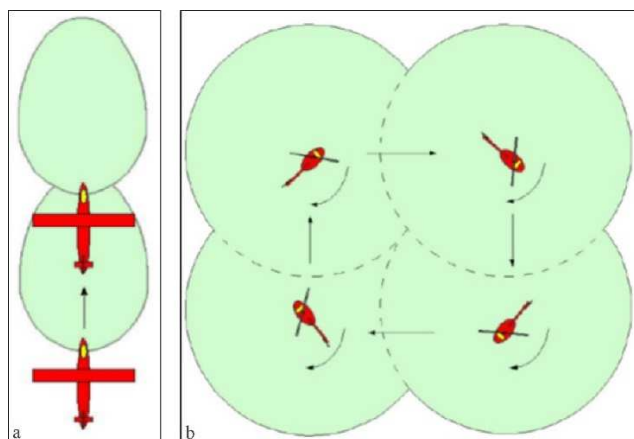


Figura 49 - Exemplos de possíveis trajetórias para cada um dos aparelhos de vigilância aérea: a) avião; b) helicóptero.

Fonte: Relvas *et al.*, 2005.

Todavia, face aos custos elevados de operação e manutenção desses aparelhos, os quais têm de ser utilizados por gente instruída e certificada, o que torna o processo muito oneroso, cada vez mais se tem passado a usar vigilância aérea por

Veículo aéreo não tripulado (VANT) (Figura 50), dirigíveis ou drones, controlados remotamente, com aplicabilidades e restrições distintas e até complementares.

Os VANTs consistem geralmente em aparelhos voadores de baixa altitude e com um raio de ação limitado, face à sua autonomia e necessidade de contato permanente com a estação de controle. No entanto, quando equipados com câmeras de visão, infravermelhos, LiDAR (*Light Detection And Rangin*) ou outros dispositivos capazes de detectar colunas de fumaça e ignições a grandes distâncias, permitem uma localização precisa do foco de incêndio; para a reportar, precisam de um meio de comunicação que cubra o território a vigiar.

Nos últimos anos, pelo aumento da demanda, tem-se assistido ao desenvolvimento dessa tecnologia para diversos usos e fins.

Esse meio de vigilância apresenta um grau de desempenho adequado e ajustado, com baixa taxa de falsos alarmes, dependente da resolução da câmera que transporta, embora o tempo de voo esteja intimamente dependente da autonomia do aparelho, para fazer face à área a cobrir.



Figura 50 - Componentes que constituem um VANT ou RPAS - *Remotely Piloted Aircraft System*.

Fonte: Adaptado de Viana, 2010.

Vantagens

- Garantem uma perspectiva de observação num prisma superior, podendo identificar a chama diretamente;
- Atingem maiores velocidades que os meios terrestres e se podem dirigir diretamente para o destino, conseguindo frequentemente chegar ao incêndio e começar a operar antes da chegada dos meios terrestres;
- Conseguem ter acesso a áreas remotas e acidentadas que os meios terrestres têm dificuldade em atingir;
- Têm uma visão de toda a extensão do incêndio, acessos e ameaças, permitindo a recolha de informações em tempo útil (fator oportunidade), as quais podem ser transmitidas às forças terrestres, favorecendo a proficiência dos processos de tomada de decisão, nas suas várias etapas;
- Podem apoiar o combate ao incêndio florestal;
- Não envolvem riscos para os operadores, associados à propagação do fogo, e podem ser transportados facilmente para os locais que se pretendem observar;
- Podem ser utilizados para outros fins, como busca e salvamento, monitoramento ambiental, estudos de vida selvagem, monitoramento de plantações, de cortes e de outras operações silvícolas e rurais, monitoramento de tráfego, vigilância da costa e das fronteiras.

Desvantagens

- Requerem uma base aérea perto da área florestal a monitorar, no caso dos VANTs, necessita-se da instalação de uma estação terrestre (*Groundstation*);
- Exigem alocação de equipas específicas com formação certificada para operar esses meios;

- Não conseguem operar em condições meteorológicas adversas nem durante a noite;
- Não podem vigiar continuamente uma determinada área;
- O helicóptero, tendo à partida menos autonomia e menor velocidade que um avião, pode apenas ser operado com ventos reduzidos;
- Os VANTs não dispõem de capacidades de navegação autônomas, diurna e noturna, nem de uma razoável capacidade de autonomia;
- Os VANTs necessitam de contato permanente com a estação terrestre (*Groundstation*);
- Os VANTs têm fraca estabilidade para fazer frente a condições adversas.

Satélites

Os satélites artificiais são usados, cada vez mais, para vigiar e proteger grandes áreas homogêneas, sendo também usados para a detecção de incêndios florestais, uma vez que, face às grandes dimensões da área que monitoram, traduzem uma baixa relação custo/área.

À medida que, na sua trajetória orbital, os satélites vão varrendo a superfície terrestre, procedem à captação de imagens com características espectrais (multiespectrais, pancromáticos, RADAR, LIDAR, óticos, térmicos, etc.), consoante sua própria tipologia, dado que não só têm diferentes velocidades e altitudes orbitais, mas também estão munidos com um conjunto de diferentes sensores, geralmente *Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) ou *Along-Track Scanning Radiometer* (ATRS). Esses sensores tornam os satélites capazes de levantar e monitorar diversas variáveis que permitem a detecção e localização do foco de incêndio, após serem tratadas por meio de *softwares* de detecção remota e recomposição das bandas de imagens.

A “*rapidez na detecção e na localização dos incêndios ainda não são as desejadas*” (COTEC/ADAI, 2005), pois está dependente da passagem dos satélites, que em média demoram 12 horas a recobrir a mesma área, pelo que a detecção inicial de um foco de incêndio está muito condicionada pelo intervalo de tempo entre as passagens sucessivas. Embora esse método tenha facilidade em detectar incêndios florestais, a detecção de fogos iniciais é mais limitada e tem gerado falsos alarmes, designadamente porque a qualidade das imagens de satélites e a sua interpretação está dependente, basicamente, das condições meteorológicas.

Uma das principais limitações do uso de imagens de satélites na detecção de incêndios florestais é devida à presença de nuvens e à reflexão de vários objetos cujo registro é muito semelhante ao dos incêndios, pelo que têm sido desenvolvidos e testados muitos algoritmos, embora ainda não se tenha encontrado nenhum perfeito.

“O MODIS possui bandas espectrais especificamente concebidas para a detecção dos incêndios. O canal mais importante do AVHRR para detecção de incêndios localiza-se no infravermelho térmico, podendo detectar incêndios que cobrem apenas uma fracção (menos de 0,1% ou 1200 m²) de um pixel de 1,2 km²; dado que outros tipos de objetos, como as bordaduras das nuvens e os solos nus, produzem igualmente uma resposta significativa no infravermelho médio, são necessárias informações dos outros canais deste sensor para eliminar os “falsos alarmes”” (Ribeiro, 2007).

No entanto, apresentam a mais-valia no monitoramento e avaliação de áreas ardidas, servindo como complemento aos sistemas de detecção terrestre, e podem apoiar a tomada de decisão no combate aos incêndios

A constante evolução da tecnologia dos sensores tem produzido melhorias nas características dos sistemas e redução de custos, pelo que são vários os sistemas de satélites hoje em circulação (Tabela 14).

Tabela 14 - Exemplo de instrumentos usados em satélites artificiais em circulação e as principais características deles

Instrumento	Família de Satélite	Órbita	Resolução temporal	Resolução espacial
AVHRR	NOAA	Polar	2 vezes em 24 horas	
MODIS	Terra/Aqua	Polar	4 vezes em 24 horas (2x noite, 2x dia)	250m, 500m e 1.000m
ETM	Landsat	Polar		
SEVIRI	Meteosat	Geoestacionária (GEO)	15 minutos	2,2km
Imager	GOES	Geoestacionária (GEO)	30 minutos	4,0km/1,0km
JAMI	MTSAT-IR	Geoestacionária (GEO)	<24 minutos	300m
VIRR	FY-2	Geoestacionária (GEO)	30 minutos	5km
WFI-2	CBERS	Órbita terrestre baixa (LEO)	5 dias	76m
SAR-C	Sentinel 1A sucessor do ENVISAT	Órbita terrestre baixa (LEO)	5 a 90 dias	4m a 80m

Fonte: Lemos, 2015.

Vantagens

- Permitem a vigilância de grandes áreas florestais não só onde a presença humana, fixa ou móvel, é de difícil acesso, mas também das “áreas sombra”;

- Proporcionam cobertura frequente e repetitiva de uma área de interesse;
- Apresentam tempos médios homogêneos na cobertura das imagens, permitindo comparações diretas;
- Proporcionam aquisição de dados em diferentes escalas, resoluções e periodicidade;
- Fornecem imagens que podem ser interpretadas para diferentes fins e aplicações;
- Possibilitam a detecção de incêndios ativos tanto durante o dia, pela atividade térmica ou pelo infravermelho médio, quanto à noite, pela luz emitida pelo incêndio;
- Apresentam uma mais-valia na componente de monitoramento de incêndios e avaliação das áreas ardidadas e podem ser usados para outros fins.

Desvantagens

- Elevados custos para a sua implementação e operacionalização;
- A rapidez na detecção e na localização dos incêndios ainda não é a mais adequada para que se consiga uma primeira intervenção rápida;
- A presença de nuvens limita a quantidade de informação válida numa imagem, uma desvantagem clara em relação à detecção de incêndios, que reside no fato das nuvens poderem ocultar o foco de incêndio ativo ou gerar falsas detecções, em virtude de fenômenos de reflexão, uma vez que tanto os bordos de nuvens, como outros elementos do mobiliário urbano ou das atividades humanas podem apresentar uma assinatura espectral similar à dos incêndios florestais no infravermelho médio.

Não existindo uma ferramenta perfeita, quer devido às limitações de cada um dos recursos analisados, quer resultante das diversas condicionantes do território que limitam a eficiência e eficácia das diversas tecnologias desenvolvidas, os diversos sistemas de detecção de incêndios podem e, mediante os casos, é o que se recomenda, ser usados integrados numa rede de sistemas de detecção, alarme e monitoramento dos incêndios, funcionando assim em complementaridade.

Ações de combate

Comunicação, mobilização e ataque inicial

A partir da detecção das ocorrências, ressalta-se que a eficiência do sistema de comunicações diminui o tempo de resposta, que fica compreendido entre a detecção do fogo e o recebimento da informação pelo responsável pelo desencadeamento das ações de combate. Assim, torna-se de suma importância a implementação de um sistema de comunicações eficiente, que possibilite contato imediato entre todos os agentes envolvidos.

Na operação de combate, que é a fase do plano de proteção contra incêndio que reúne todas as técnicas, produtos, equipamentos, ferramentas, transporte e pessoal, colocam-se em prática todos os trabalhos desenvolvidos para combater o fogo.

Os dois pontos básicos que devem ser destacados nessa fase são:

- a) Treinamento de pessoal – engloba a capacitação do pessoal envolvido nos trabalhos de controle dos incêndios, sejam os responsáveis pela elaboração e execução do plano de proteção, seja o pessoal que atua na “linha de fogo”. O treinamento deve ser feito periodicamente, visando harmonizar os trabalhos dentro e entre equipes, utilizar as técnicas de combate adequadas e utilizar as ferramentas e os equipamentos corretamente.

A capacidade de um brigadista para realizar um bom trabalho é consequência de um conjunto de qualidades, como capacidade física, inteligência, entusiasmo, habilidade, experiência, aclimatação e estado nutricional. Um combatente com boa capacidade física realiza mais trabalho, resiste melhor ao calor, aclimata-se mais rapidamente, sofre menos acidentes, trabalha com menor pulsação e temperatura corporal mais baixa e fica menos dias afastado do trabalho por enfermidades ou injúrias físicas.

A realização de provas físicas, como corrida de 2,5 km, são indicadas para avaliar os interessados em participar da brigada. O acompanhamento médico nessa etapa de seleção é sempre importante.

Poderão ser criadas tantas brigadas quanto houver disponibilidade de pessoal e demais recursos, extensão e importância da área a ser protegida. Cada brigada poderá ter no mínimo 7 e no máximo 14 integrantes, para que a equipe não seja sobrecarregada e o chefe da brigada mantenha todos os brigadistas sob seu controle.

b) Equipamentos (Figura 51) – os equipamentos podem ser tão simples quanto um abafador, ou tão sofisticados quanto as aeronaves desenvolvidas exclusivamente para esse fim, ou detectores automáticos de incêndios com câmeras de vídeo, sistemas com raios infravermelhos ou a *laser*. Entretanto, não se deve ter em mente que o uso de um equipamento de tecnologia mais avançada substitui um equipamento mais simples. Nenhum recurso deve ser desprezado, pois na maioria das vezes o uso de um complementa o de outro. A eficiência de um plano de proteção contra os incêndios florestais está na habilidade de uso dos recursos disponíveis, incluindo o emprego correto dos produtos e equipamentos no momento certo, a um custo mais reduzido.



Figura 51 - Principais ferramentas para uso dos brigadistas.

As ferramentas devem ser de **uso exclusivo** para combate ao fogo, mantidas em bom estado de conservação e armazenadas em locais escolhidos exclusivamente para essa finalidade. O uso de ferramentas para outras funções pode fazer com que na hora da emergência a mesma não esteja disponível em boas condições para o combate. Em locais que se utilizam mesmas ferramentas para outros fins (exemplo: pás, enxadas, facões, foices, etc.), uma alternativa útil para demarcar aquelas para uso exclusivo do combate de incêndios é pintar os cabos com tinta vermelha (ou outra cor). Cada ferramenta deve ser utilizada para sua aplicação específica e mantida em local visível (e separada das demais ferramentas de uso no local) para ser encontrada com facilidade e evitar acidentes. Algumas ferramentas como o MacLeoad, pulaski e pá tem várias funções, o que as tornam polivalentes e muito úteis

em campo, por exemplo: a pá, quando tem seus lados afiados, serve como cortante, como abafadora (cobrindo o material incandescente com terra ou batendo como abafador), para cavar e para raspar o solo mineral. Atenção especial deve ser dada ao comprimento do cabo das ferramentas para cada brigadista, pois ergonomicamente, pode fazer com que o indivíduo se canse mais ou menos; cabos curtos demais podem forçar a coluna do brigadista, diminuindo sua resistência em combate.

As ferramentas cortantes devem ser transportadas em veículo diferente daquele que transporta pessoal para evitar acidentes. No campo, deve ser mantida uma separação de pelo menos 3 metros entre cada brigadista (tanto no uso como no deslocamento). As ferramentas devem sempre ser carregadas com o fio cortante voltado para fora do corpo do brigadista e do lado esquerdo (quando o terreno permitir). Outros tipos de equipamentos e produtos podem ser utilizados, como tanque-pipa reboque; carro-pipa de tamanho médio; extintor explosivo; misturador de espuma (Figura 52) e retardantes (ver mais a frente).



Figura 52 - Outros equipamentos que podem ser utilizados.

Planejamento do combate

Identificado o incêndio, seu combate deverá ser precedido de adequado planejamento. O primeiro passo consiste na avaliação prévia da situação. Nesse momento, deverão ser avaliadas as condições do incêndio (velocidade, direção, intensidade, tipo de combustível, topografia), local de ocorrência, grau de riscos à área (determinação das áreas prioritárias para a proteção) e se os recursos disponíveis no local são suficientes para o combate ou se haverá necessidade de convocação de meios humanos e materiais externos.

Somente uma pessoa, a mais experiente, deverá coordenar o combate. Essa pessoa é considerada o Chefe de Incêndio. Essa medida evita situações de perigo, gastos desnecessários, desperdício de recursos e comandos descontraídos que acontecem quando mais de uma pessoa dá ordens.

É nesta fase do combate que:

- i) reúnem-se os dados necessários sobre o comportamento do fogo e valores em risco;
- ii) avaliam-se possíveis problemas de segurança e de controle;
- iii) planejam-se a ação de combate, os métodos, táticas e estratégias;
- iv) estabelecem-se os protocolos de segurança (LACES – Look Out, Anchor Point, Communications, Exit, Security Zone –, isto é, as equipes de combate devem sempre estabelecer Observadores, Pontos de Ancoragem, Comunicações, Rotas de Escape e Zonas de Segurança).

Ataque inicial

Esta fase tem por fim impedir o avanço da frente de chamas principal do incêndio ou outra frente, cuja propagação apresenta potencial para dar origem a um grande incêndio ou

colocar em causa valores de elevado risco, como pode ser a existência de residências ou outros equipamentos à frente da linha do fogo. Essa ação compreende intervir com os recursos disponíveis para a primeira intervenção. Normalmente, trata-se, em primeiro lugar, de deter a frente de avanço que represente os maiores problemas, tendo em linha de conta o comportamento do fogo e os valores em risco (áreas prioritárias).

Os incêndios são na generalidade atacados onde existe uma maior probabilidade de escapar, o que pode requerer um ataque na cabeça, nos flancos e na cauda ou qualquer combinação visando o controle das 3 partes. No entanto, a principal função do combatente é a de atacar o incêndio em segurança. É fundamental escolher sempre um ponto de ancoragem para iniciar o ataque contra o fogo e para evitar que ele se escape. Neste sentido, deve-se proceder estritamente de acordo com o definido no reconhecimento.

Métodos de combate

Combate direto

Consiste no ataque direto às chamas, recorrendo à tática ofensiva, sempre que possível (visando em primeiro lugar a segurança e em segundo a eficácia), na cabeça do incêndio ou no flanco com potencial de propagação de um grande incêndio, de forma a impedir o seu desenvolvimento. Se essa ação não for segura e possível, devido à intensidade e radiação, o ataque inicia-se pelas demais frentes, na direção da frente principal, de modo a empurrar as chamas para onde for mais favorável, com vista a dominar e extinguir a frente do incêndio.

Combate indireto

Tem como fim impedir a propagação das chamas, quando o ataque direto não é possível, procurando circunscrever o

incêndio em uma determinada área. Esta deverá apoiar-se em linhas de defesa, isto é, por zonas previamente tratadas para retardar a propagação ou mesmo extinguir as chamas. Essas linhas de defesa ou faixas de contenção poderão ser constituídas por:

- Barreiras previamente existentes: estradas, aceiros, campos de cultivo (verdes), etc.
- Barreiras construídas durante o incêndio: mediante a eliminação de combustível até ao solo mineral (abertura com máquina pesada ou manual).

Essas linhas podem ser alvo de ampliação e consolidação, mediante a aplicação de retardantes, bloqueadores químicos ou água sobre a vegetação adjacente, ou através de uso de contrafogo (Fogo Tático).

Combate paralelo ou intermediário

Consiste na aplicação em simultâneo dos métodos direto e indireto na mesma frente de chamas. Para o efeito, pode-se recorrer a máquinas pesadas para a abertura da linha de defesa (indireto), a qual poderá ser imediatamente percorrida por veículos de combate que aplicam o ataque direto.

Normalmente, num pequeno incêndio aplica-se o ataque direto e ofensivo nos flancos e cabeça ou na cauda. Num grande incêndio, o combate indireto é o mais usual principalmente à cabeça e flanco quente. As ações e possíveis recursos implicados em cada método de combate podem ser sintetizadas de forma prática (Tabela 15).

Tabela 15 - Ações e recursos utilizados por cada método de combate

Método	Ação	Recurso
Ataque direto	Deslocamento violento do ar	Soprador
		Abafador ou ramos
	Aumentar o vapor de água	Água pulverizada (veículo-pipa ou bomba costal)
	Sufocar as chamas	Cobrir com abafadores
		Cobrir com terra com uma pá ou recorrer a maquinaria pesada (Trator de Esteira)
	Reduzir a temperatura do combustível	Uso de água (veículo-pipa ou bomba costal)
Retirar e dispersar o combustível	Cortar, retirar e dispersar o combustível com ferramentas manuais	
Ataque indireto	Modificar o comportamento do fogo da frente de chamas	Aplicar contrafogo (fogo tático)
		Aplicar retardantes ou água
Ataque combinado ou paralelo	Cortar a continuidade do combustível	Abertura de linhas de defesa manuais
		Abertura mecanizada de linhas de defesa
		Retardantes
	Fogo Tático	
Reduzir a temperatura do combustível	Água	

Estratégias de combate

Em geral o sistema de combate de incêndios assenta na articulação de meios diversificados (Figura 53).

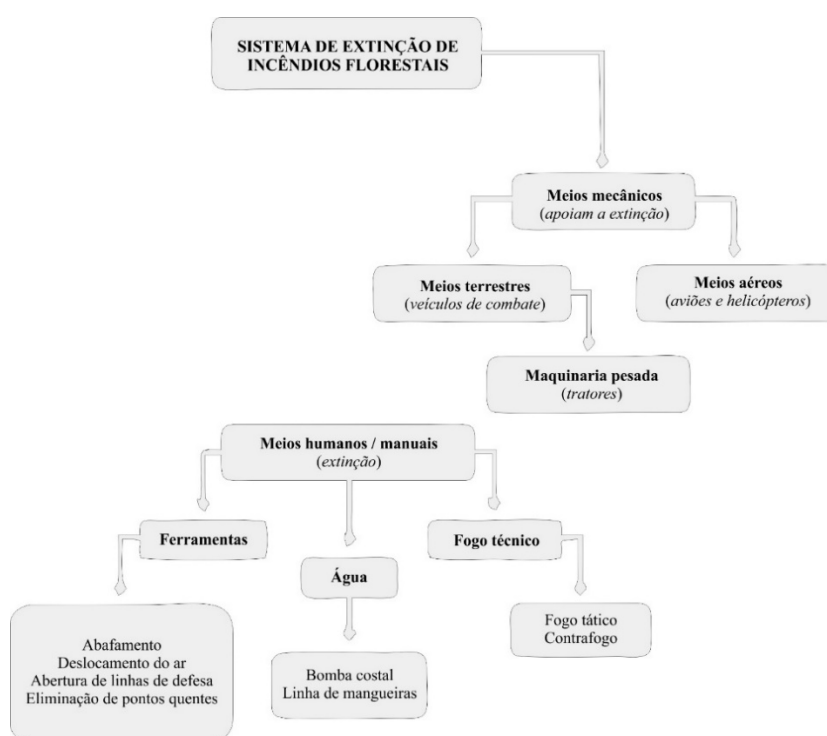


Figura 53 - Sistema de Extinção de Incêndios Florestais

Agentes extintores

A extinção do fogo ocorre quando se elimina, ou se diminui a níveis mínimos necessários para o processo de combustão, um ou mais lados do triângulo do fogo. Para tal, os meios mais usuais são: água, retardantes químicos e terra.

Água

Num incêndio com fogo de baixa ou média intensidade, pode-se optar por realizar o ataque direto, combinando o uso de água de bomba costal para baixar a altura da chama e de abafadores e sopradores para sufocar, deslocar ou retirar o oxigênio. Com esse procedimento economiza-se água, cujo reabastecimento pode ser difícil.

Sempre que se recorre à aplicação com água, seja proveniente de bomba costal seja de veículos-pipa, deve-se aplicar na base das chamas e sempre que possível em modo de aspersão ou pulverização, uma vez que esta técnica permite aplicar a água em superfícies maiores e se obtém um maior rendimento, pois um menor tamanho das gotas produz uma absorção mais rápida do calor, garantindo assim maior eficácia e eficiência no ataque.

Apesar de seu potencial extintor, dependendo da intensidade do fogo, a água proveniente de uma bomba costal pode não ser suficiente, assim, sua utilização visa a diminuição da temperatura, o que permitirá a aproximação do abafador para realizar a extinção propriamente dita.

Retardantes

Um retardante de fogo é um agente químico que quando utilizado, sozinho ou misturado com água, reduz ou elimina a combustão de um determinado combustível.

De acordo com sua composição e propósito de uso, os retardantes podem ser classificados em dois tipos:

- 1 - Retardantes de curta duração – que atuam simplesmente pelo aumento da capacidade extintora da água, através da maior retenção da água pelo combustível ou pelo retardamento da evaporação, ou ambos;

2 - Retardantes de longa duração – que deixam resíduos de agentes inibidores da combustão sobre o material combustível depois de toda água ter sido evaporada.

Os retardantes químicos de curta duração são os concentrados de espuma, isto é, produtos que misturados à água formam uma espuma que aumenta em até cinco vezes a eficiência da água na extinção dos incêndios, dependendo do equipamento usado. Para que haja maior eficiência, é necessário que o ar também entre na mistura. Por este motivo, sua aplicação por meio do uso de extintores costais ou equipamentos motorizados, com bicos com entrada de ar, maximizam a eficiência do produto.

Os retardantes de longa duração têm sido utilizados largamente em muitos países para confecção de aceiros químicos em operações de prevenção e combate a incêndios florestais. São produtos solúveis em água, que se decompõem pelo calor, inibindo a perda de gases voláteis pelo combustível, dificultando a ignição. Seu efeito tem maior duração, como o próprio conceito diz, mesmo após a evaporação da água que o dilui.

Terra

O solo mineral apaga as chamas por abafamento. Nos arbustos e nas árvores, quando arremessada, a terra produz um choque que é suficiente para suprimir o oxigênio, por instantes, , podendo também, ao cair, ajudar no abafamento do material combustível sobre a superfície. Além da extinção das chamas, uma quantidade certa de terra pode formar uma capa separando o combustível do oxigênio.

Assim, sua utilização, além de ajudar na aproximação à linha do fogo, diminui a quantidade de fumaça, não requer outros equipamentos além dos já usuais e permite o combate em locais de difícil acesso de pessoal, veículos e equipamentos.

Linhas de defesa e de controle

Linhas de defesa e de controle, como já explicado no item **Linhas – Aceiros, linhas de defesa e linhas de controle**, são faixas desprovidas de material combustível que se diferenciam dos Aceiros por conta da fase de instalação. Como já dito, enquanto o Aceiro é conceituado como uma estratégia de prevenção, ou seja, instalado antes da ocorrência, as linhas de defesa e de controle são instaladas durante a fase do combate e circundam todo o perímetro do incêndio. Elas podem ser feitas por diversos meios: (i) utilização de ferramentas manuais, equipamentos e veículos para a retirada do material combustível e consequente afloramento do solo mineral, (ii) utilização do fogo para queima do material combustível, de maneira controlada e segura, antes que o incêndio chegue ao local (linhas negras); ou (iii) utilização de retardantes ou água (linhas frias).

Rescaldo e vigilância pós-incêndio

Depois da execução da faixa de contenção primária ou linha de controle, inicia-se a árdua tarefa de consolidação do perímetro de incêndio, por forma a criar uma faixa segura e de extinção total do fogo presente – a essa ação aplicamos a definição de Rescaldo.

O rescaldo implica todas as ações que visam à eliminação de pontos quentes e à redução da potencialidade de reacendimento, mediante a aplicação de técnicas e operações na zona de incêndio, dentro e fora do seu perímetro. Essa operação é muito cansativa e consome muito tempo, por vezes mais de 50% do total de duração do incêndio.

Na teoria do combate aos incêndios florestais, o rescaldo começa logo após o controle, no entanto essa tarefa poderá começar antes, dependendo dos recursos disponíveis. Normalmente é possível proceder às fases de controle e rescaldo

em simultâneo. Por vezes, não existe a necessidade de realizar a tarefa de rescaldo por toda a área ardida pelo incêndio, contudo irá depender da área e da carga e disponibilidade do combustível não consumido pelo fogo. No entanto, nos vulgarmente denominados “pontos críticos”, a exigência rigorosa do rescaldo é total e obrigatória.



Figura 54 - Combustíveis queimados e quentes (após evaporação da água) em contato com combustíveis por arder.

Foto: E. Oliveira.



Figura 55 - Corte e desramação na área adjacente à linha de controle.

Foto: E. Oliveira.

O Rescaldo, geralmente, inclui as seguintes ações:

- 1 - Apagar o fogo e
- 2 - Eliminar o combustível.

A operação de Rescaldo implica a aplicação dos seguintes princípios básicos:

- a) Começar a trabalhar em cada seção da linha de defesa logo após o fogo ter sido extinto e uma vez criada essa faixa de contenção primária.
- b) Deixar arder o combustível que ficou dentro do perímetro, sempre que sejam salvaguardas as medidas de segurança e cujo material não incremente a propagação do incêndio por projeções (fagulhas, radiação, convecção).

- c) Em incêndios pequenos, extinguir todo o fogo procedendo ao rigoroso rescaldo, sempre e quando as cargas de combustível não sejam demasiado excessivas, a ponto de tornarem a operação impraticável.
- d) Em caso de incêndios de maiores proporções e grandes incêndios, a operação de rescaldo deverá ter em consideração a relação potencial/previsão meteorológica e o comportamento do fogo, os combustíveis presentes e os impactos, etc. Geralmente o perímetro de rescaldo tem uma distância específica, determinada de acordo com o potencial de reacendimento, o declive, a exposição solar, o tipo/modelo de combustível, entre outros fatores.
- e) Nos grandes incêndios, a zona adjacente à linha de controle deve ser completamente intervencionada, a fim de impedir que o fogo passe por projeções aéreas (fagulhas), por material rolante ou por pontos quentes (material incandescente).
- f) Procurar com rigor pontos quentes e material incandescente.
- g) Arrastar todo material pesado incandescente para o interior do queimado, a uma distância segura, evitando sua extinção com água ou com terra, a fim de poupar os recursos
- h) Avaliar a possibilidade potencial de ignição a partir de cepos, troncos e de concentrações de combustível fora da linha de controle.
- i) Procurar e desenterrar as raízes queimadas junto da linha de controle.
- j) Utilizar água sempre que seja possível e prático.
- k) Utilizar água com moderação para efetuar o rescaldo, tendo em consideração a quantidade necessária para a sua execução. O recurso à água executa-se sempre num trabalho de equipe entre duas pessoas: um combatente aplica a água enquanto que o outro combatente procede à raspagem e à remoção do combustível.

- l) Nas zonas com húmus ou com camada de manta morta mais elevada, deve-se raspar e remover essa camada, enquanto se aplica a água. Na falta desta, revolva as brasas com terra.
- m) Dentro da área ardida, separar as massas de combustível de grande tamanho, com o fim de reduzir a temperatura e o perigo de projeções.
- n) Cortar todas as árvores queimadas dentro da linha de controle que se possam incendiar ou cair e incendiar o combustível por arder existente no outro lado da linha. É necessário ter muito cuidado nesta operação, pois árvores queimadas e muito danificadas poderão cair a qualquer momento.
- o) Colocar todo material rolante numa posição de modo a não se deslocar pela linha de controle.
- p) Abrir sulcos ou regos no espaço confinante com material pesado, com o fim de evitar a sua deslocação para a linha de controle.

Sinais de pontos quentes

Alguns dos indicadores são os enxames de mosquitos (Figura 56), cinza, terra branca, solo apresentando pequenos orifícios e madeira das árvores apresentando insetos xilófagos. Para procurar pelos pontos quentes, o brigadista deve tirar a luva e, com a mão posicionada com a palma voltada para o solo, procurar diferenciar alterações na temperatura, cuidando para evitar queimaduras. No mercado já existem equipamentos portáteis de infravermelhos que auxiliam na localização de “pontos quentes”, no entanto, seu uso requer a necessidade de um elemento da equipe devidamente capacitado para o manusear. Vale ressaltar a necessidade de atenção especial em zonas de samambaia (Figuras 57 e 58); quando não queimada, ela tende a cair sobre o solo quente, dessecando-se e podendo a qualquer momento inflamar-se, dando origem a um novo foco de incêndio.



Figura 56 - Enxame de mosquitos indicam a existência de um ponto quente junto à linha de controle.

Foto: E. Oliveira.



Figura 57 - Ponto quente junto a samambaia, dessecando-a para posteriormente arder e podendo originar um novo foco de incêndio por reacendimento.

Foto: E. Oliveira.



Figura 58 - Ponto quente no lado exterior à linha de defesa (cerca de 10 metros), ocorrido por projeção.

Foto: E. Oliveira.

Registro

Um dos itens de suma importância e que não recebe o devido tratamento no Brasil (e em outras partes do mundo) são os registros das ocorrências de incêndios florestais. Esses registros servem para sistematizar as ocorrências e levantar as informações necessárias para a elaboração de estratégias de prevenção e minimização das ocorrências. Assim, todas as informações de antes (modificações no uso do solo, meteorologia, ações de prevenção, etc.), durante (informações sobre o fogo, ações de combate, etc.) e depois (área queimada, data e horário do início e fim, situações imprevistas, etc.), são de vital valor para a elaboração do plano de proteção contra incêndios florestais e para as tomadas de decisões norteadas por eles, além de avaliar a eficiência do referido plano. Contudo, mesmo nos casos raros em que os registros são obrigatórios, eles são enxergados como

questões burocráticas, não sendo elaborados com o rigor necessário. Outras explicações seriam a falta de treinamento e de pessoal para a realização de um registro confiável.

Avaliação do plano de prevenção e controle de incêndios florestais

O plano de prevenção e combate aos incêndios deverá ser avaliado periodicamente, objetivando o seu aprimoramento por meio da correção das falhas observadas em todas as suas etapas. Para tanto, a manutenção dos registros de todas as atividades é fundamental, principalmente com relação à etapa de combate.

O sistema de prevenção deverá ser avaliado pelo menos uma vez antes e outra durante a Estação Normal do Fogo, registrando-se o tempo gasto para detecção, comunicação e primeiro ataque a partir de um exercício de simulação.

A etapa de combate deverá ser avaliada anualmente após a Estação Normal do Fogo. Entretanto, após cada incêndio florestal deverá ser feita uma avaliação de todos os procedimentos do combate, e um relatório deverá ser elaborado para subsidiar a avaliação anual.

Como atividade, sugere-se a realização de reunião da administração para avaliação dos problemas e medidas positivas tomadas em cada incêndio e a elaboração de relatório anual sobre os trabalhos relativos à prevenção e ao combate aos incêndios que porventura tenham ocorrido no período, analisando e avaliando os procedimentos adotados.

O plano de proteção pode ser avaliado utilizando-se uma ou várias medidas, conforme mostrado abaixo, comparando-se diferentes planos ou planos de diferentes épocas.

a) Número de horas/homem por hectare queimado – NHH

$$\text{NHH} = \frac{\text{Número de combatentes} \times \text{Tempo de combate}}{60 \times \text{Área Queimada}}$$

b) Número de combatentes por hectare

c) Área queimada por incêndio – Classe de tamanho

Classes	Área Queimada
I	0,0 – 0,9
II	1,0 – 4,0
III	4,1 – 40,0
IV	40,1 – 200,0
V	> 200,0

d) Tempo entre a detecção/comunicação e o primeiro ataque

Classes	Tempo (minutos)
I	0,1 – 30
II	31 – 60
III	61 – 120
IV	121 – 480
V	acima de 480

e) Tempo de combate

Classes	Tempo (minutos)
I	0,1 – 60
II	61 – 120
III	121 – 480
IV	acima de 480

Critérios para a determinação de níveis econômicos na proteção contra incêndios florestais

Nos principais países que possuem tradição na prevenção e combate a incêndios florestais, os critérios econômicos gerais mais empregados em atividades de prevenção são:

- a. utilização anual de 0,1 a 0,5% do valor do capital da área florestal a ser protegida;
- b. utilização anual de 30 a 50% do percentual médio de perdas decorrentes de incêndios em anos anteriores;
- c. utilização anual de 1 a 2% dos recursos produzidos pela propriedade;
- d. análise econômica de custos do esforço de proteção e seu impacto em diminuir os danos, buscando-se um nível que atinja a otimização da curva custo x benefício.

Outros aspectos poderão definir um maior ou menor aporte de recursos para atividade de prevenção, como a imagem da empresa ou outros prejuízos decorrentes dos incêndios florestais, como perda de equipamentos e de faturamento.

No Brasil, a falta de metodologias apropriadas de valorização de perdas econômicas e ambientais tem levado a decisões subjetivas na definição de recursos para a atividade de prevenção.

BIBLIOGRAFIA

- Alkhatib, A. A. A. (2014). A Review on Forest Fire Detection Techniques, Hindawi Publishing Corporation. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10(3), 597368.
- Almeida, A. R. de. (1993). Combate aos fogos florestais, o último recurso. *Atas I Encontro Pedagógico sobre Risco de Incêndio Florestal*, Coimbra, 22 de outubro.
- Almeida, R. (2003) *Sistema Nacional de Detecção de Incêndios Florestais - SNDIF*. Oeiras, 19 de Novembro.
- Almeida-Filho, R. (2003). Um sistema brasileiro de sensoriamento remoto orbital dedicado à questão das queimadas? *Anais XI SBSR*, Belo Horizonte, Brasil, INPE, 2409- 2414.
- Alves, R. A. V. - MAJ GNR INF (2018). *Emprego de meios tecnológicos na vigilância florestal em Portugal*. Trabalho de Investigação Individual do CEMC. Instituto Universitário Militar, 94 p.
- APIF - Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais (2005). Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios. Miranda do Corvo, ISBN: 972-99914-0-5, Depósito Legal n.º 230096/05, volumes I e II (anexos), 236 p.
- Bäckström, L. and Grenert, P. (2019). Damage Assessment of the 2018. Swedish Forest Fires Using Sentinel-2 and Pleiades Data.
- Batista, A. C. (2004). Detecção de incêndios florestais por satélites, *Floresta* 34 (2), Mai/Ago, 237-241.
- Brown, A. A., Davis, K. P. (1973). Forest fire detection. *In Forest fire – Control and use*, Second Edition (Eds. W.P. Orr, N. Frankel and S. Langman), McGraw-Hill, New York, 327-344.
- Catry, F. X., Almeida, R. M., Rego, F. C. (2004). Produção de Cartografia de Visibilidades para Portugal Continental. A Importância da sua Utilização na Vigilância Contra Incêndios Florestais. *Silva Lusitana* 12(2): 227 – 241.
- COTEC/ADAI (2005). *Incêndios Florestais. Estudo Sobre Sistemas de Vigilância de Incêndios Florestais*. Editores: COTEC - Associação Empresarial para a Inovação e ADAI - Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, 75 p.
- Davis, K. P., Byram, G. M., Krumm, W. R. (1959). *Detection. In Forest fire. Control and use*. McGraw-Hill, New York, 282-303.

DGF - Direcção-Geral das Florestas (2009). *Rede Nacional de Postos de Vigia*. Direcção Geral das Florestas.

Félix, F. (2014) *Ensaio metodológico sobre a importância da modelação espacial da sinuosidade rodoviária para apoio à decisão no ataque inicial aos incêndios florestais. O exemplo da serra da Lousã (Tese de Mestrado)*. Apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 178 p.

Fisher, P. F. (1996) Extending the applicability of viewsheds in landscape planning. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 62: 1297-1302.

Giglio, L., Desclotres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87(2-3):273-282.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

INOV-INESC Inovação (2017). CICLOPE/INOV. Disponível em: <http://www.inov.pt/index/projetos/184-ciclope.html> [Acedido em 21 Nov. 2019].

Junta de Andalucía, (s/ d) Plan Infoc, capítulo XI - Sistemas de vigilancia y detección. Red de comunicaciones, 184 – 2001. Disponível em: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap11_sistemas_vigilancia_deteccion.pdf

Kelhä, V., Rauste, Y. and Buongiorno, A. (2000). Forest Fire Detection by Satellites for Fire Control. *Automation Technology Review*, 2000, 34-40. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7693/c5b9e2692f92e61e4433c58ebac5263b8714.pdf>

Krstinic, D., Stula, M. e Seric, L. (2012). *Intelligent forest fire monitoring system*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251226635_Intelligent_forest_fire_monitoring_system

Lemos, L. C. M. (2015). *Estudo comparativo de tecnologias para detecção precoce de incêndios florestais em áreas de reflorestamento no Brasil*, Belo Horizonte: Universidade FUMEC, 54 p.

Lourenço, L. (1991). *Aspectos sócio-económicos dos incêndios florestais em Portugal*. Biblos, Vol. LXVII.

Lourenço, L. (1992). Avaliação de Risco de Incêndio nas Matas e Florestas de Portugal Continental. *Finisterra*. XXVII.

Lourenço, Luciano (1999). *PROSEPE. Floresta Viva*. Brochura de divulgação. Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, Coimbra, 86 p.; http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos_de_Colaboradores/PDF/Livros_e_Guias/Brochura_de_divulgacao1999

Lourenço, Luciano (2006). *PROSEPE – Floresta conVida (2003/4-2005/6)*, Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 104 p. ISBN 972-99462-8-0. http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos_de_Colaboradores/PDF/Livros_e_Guias/Brochura_2003_2006

Lourenço, Luciano (2011). *PROSEPE – Olhar pela Floresta (2006/07 - 2008/09)*, Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 79 p. ISBN 972-99462-08-0.

http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Estudos_de_Colaboradores/PDF/Livros_e_Guias/Brochura_1993_2003

Lourenço, L., Quintanilla, V. (2003). Coimbra, ponte e charneira entre territórios desiguais com problemas comuns - Análise de desequilíbrios ecológicos provocados por incêndios florestais em matas e Bosques de Países Temperados. Casos de estudo em Portugal e no Chile. *Cadernos de Geografia*, número especial, Coimbra, p.135-151.

Lourenço, L. Nave, A. (2006). *O papel dos socacos na prevenção de incêndios florestais. Exemplo das bacias hidrográficas dos rios Alva e Alvoco (Serras do Açor e da Estrela)*. NICIF; FLUC; Coimbra

Lourenço, L. e Félix, F. (2019). As vagas de incêndios florestais de 2017 em Portugal continental, premissas de uma quarta ‘geração’? *Territorium – Revista Internacional de Riscos*, n.º (26 (II)), 35-48. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-2_3

Lourenço, L.; Serra, G.; Mota, L.; Paúl, J.J. Correia, S. Parola, J. Reis, J. (2006) *Manual de combate a incêndios florestais para equipas de primeira intervenção*. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 209p.

Merino, L., Caballero, F. Martínez-de-Dios, J.R. and Ollero, I. M. A. (2012). An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems manuscript*, Volume 65, pp. 533-548. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220062080_An_Unmanned_Aircraft_System_for_Automatic_Forest_Fire_Monitoring_and_Measurement

Milz, M., e Rymdteknik, A. (2013). Study on forest fire detection with satellite data. Luleå tekniska universitet, Kiruna, March 8, 29 p. Disponível em: <http://www.diva->

portal.org/smash/get/diva2:997222/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR14722fT
v4RFwef-bJUCV2OwXc-Bs8Aa44R4XjGv3eA6z9DJvOQikTr7mA

Mira, M. e Lourenço, L. (2019). Grandes incêndios florestais de 17 de junho de 2017 em Portugal e exemplos da determinação das respetivas causas. *Territorium – Revista Internacional de Riscos*, n.º (26 (II)), 49-60. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-2_4

Morais, S. P. (2013). *Emergência Pré-Hospitalar "Quando um minuto pode fazer a diferença"*. (Relatório de Estágio Mestrado Integrado em Medicina.). Apresentado ao Instituto de Ciências Biomédica Abel Salazar da Universidade do Porto, 69 p.

Nogueira, G. S., Ribeiro, G. A., Ribeiro, A. A. S., Silva, E. P. (2002). Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. Sociedade de Investigações Florestais. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.26, n.º3, 363-369.

Observatório Técnico Independente, Castro Rego F., Fernandes P., Sande Silva J., Azevedo J., Moura J.M., Oliveira E., Cortes R., Viegas D.X., Caldeira D., e Duarte Santos F. - Coords. (2019). Avaliação do Incêndio de Monchique. Relatório. Observatório Técnico Independente. Assembleia da República. Lisboa. 78 pp.

Oliveira, E. R. S. La Prevención a la Escala del Paisaje para hacer frente a los Grandes Incendios Forestales. Análisis en el Alto Minho. Portugal. 114 f. Dissertação (Mestrado em Técnicas de luta contra incendios florestais). Universidad Politécnica de Madrid, 2015.

Pausas, J. G., Vallejo, R. (1999). The role of fire in European Mediterranean ecosystems. In *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer, Berlin, 3-16.

Pereira, J. S. (2013). *O Futuro da Floresta em Portugal*. Fundação Francisco Manuel dos Santos. Depósito Legal n.º 368917/13.

Pita., L. P., Viegas, D. X., Ribeiro e L. M. (2005). Iniciativa incêndios florestais. Projecto COTEC: Aplicação de sistemas avançados de detecção e monitorização de incêndios florestais na zona do Pinhal Interior Centro. In Silva, R., Páscoa, F.(eds.) *Actas do 5º Congresso Florestal*.

Pyne, S. J. (2006). Fogo no Jardim: Compreensão do Contexto dos Incêndios em Portugal. Livro *Incêndios Florestais em Portugal. Caracterização, Impactes e Prevenção*, Editores: João Santos Pereira, José M. Cardoso Pereira, Francisco Castro Rego, João M. Neves Silva e Tiago Pereira da Silva, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 115-131.

- Ramos, P. C. M. (1995). Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. *Anais/IPEF*: Abril: 29-38.
- Relvas, P., Silva, L. e Almeida, J., (2005). *Projeto de um Sistema Nacional de Videovigilância Florestal*, Lisboa: INOV, INESC Inovação - Instituto de Novas Tecnologias.
- Ribeiro, G. A. (1989). Um sistema de prevenção de incêndios para a microrregião de Viçosa. Viçosa, MG, Relatório Técnico, 103 p.
- Ribeiro, J. R. D. P. (2007). *A detecção remota no inventário florestal: análise das potencialidades da utilização das imagens de satélite* (Doctoral dissertation). Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação da Universidade de Lisboa, 153 p.
- Ribeiro, M. I. M. (2014). Prevenção e detecção de incêndios florestais: análise holística e sistemas tecnológicos (Dissertação de Mestrado). Apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 94 p.
- Soares, R. V. (1985). *Incêndios florestais – controle e uso do fogo*. Curitiba: Fundação de Pesquisa florestal do Paraná, 213 p.
- Soares, R. V., Batista, A. C. (2007). *Incêndios florestais - controle, efeitos e uso do fogo*. Curitiba, R. V. Soares e A. C. Batista editores, 250 p.
- Torres, F.T.P.; Machado, P.J.de O. (2011) *Introdução à Climatologia*. São Paulo: Cengage Learning, 211p.
- Torres FTP, Lima GS, Costa AG, Félix GA, da Silva Júnior MR. Forest fire statistics in Brazilian Conservation Units from 2008 to 2012. *Floresta* 2017; 46:531–41. doi:10.5380/ufv.v46i3.44199.
- Torres FTP, Lima GS, Martins SV, Valverde SR. Analysis of efficiency of fire danger indices in forest fire prediction. *Revista Árvore* 2017; 41:1–10. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000200009>
- Torres FTP, Ribeiro GA, Martins SV, Lima GS. Determination of the most favorable period for the occurrences of vegetation fires in the urban area of Juiz de Fora, MG. *Revista Árvore* 2010; 34:297–303. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200012>.
- Torres FTP, Ribeiro GA, Martins SV, Lima GS. Susceptibility mapping of the occurrence of vegetation fire in the urban area of Ubá - MG. *Revista Árvore* 2014; 38:811–7. doi:10.1590/S0100-67622014000500005.
- Torres, F. T. P.; Romeiro, J. M. N.; Santos, A. C. A.; Oliveira Neto, R. R.; Lima, G. S.; Zanuncio, J. C. Fire danger index efficiency as a function of fuel moisture and fire behavior. *Science of the Total Environment*, v. 231-232, 1304-1310, 2018.

Viana, J. (2010). *Rede nacional de postos de vigia: Tendências para o futuro?* (Doctoral dissertation) Academia Militar. Direção de Ensino, 47 p.

Blanco, Javier; Operaciones de Extinción - Curso Básico de Defensa Contra Incendios Forestales - Unidad de Fuegos Forestales, Universidad de Lleida; 2011

Campbell, Doug. The Campbell Prediction System Workbook II. 2003

Campbell, Doug. The Campbell Prediction System. Ojai, CA : s.n., 1995

CARCEDO, F; OLCINA, J; LAÍN, L; GONZÁLEZ, JIMÉNEZ; 2006. Ordenación del territorio en la mitigación de riesgos naturales en Ayala: Europa en Riesgos Naturales y desarrollo sostenible: impacto, predicción y mitigación. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie de medio ambiente. Madrid, p.65.88

CASTELLNOU, M, PAGÉS, J., MIRALLES, M., PIQUÉ, M.; 2009. Tipificación de los incendios forestales de Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal. Quinto Congreso Forestal Español. Montes y Sociedad: saber qué hacer.

CASTELLNOU, M; RODRIGUEZ, L; MIRALLES, M.; 2003. Urbanizaciones y el fuego Forestal. Aportaciones desde la experiencia en Cataluña durante la Campaña Forestal del 2003.

COSTA, PAU; CASTELLNOU, M.; LARRAÑAGA, A.; MIRALLES, M., KRAUS, D.; 2011. La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo. UT GRAF – Bombers de la Generalitat de Catalunya

Couceiro, Santiago & Agulló, António; Apontamentos do Curso de Fogo Controlado; Porto, 2011

Dixon, Conrad; GPS - Que es, Para que sirve, Como se usa; Editorial Noray, 1997

Dudfield, Murray; Rural Fire Management Handbook - National Rural Fire Officer; New Zealand

Escuela de Administración Pública de Extremadura, Consejería de Presidencia - JUNTA DE EXTREMADURA, Manual del Alumno del Curso para la Extinción de Incendios Forestales; Mérida, Abril de 2004

Escuela Española de Alta Montaña; Certificado de Iniciación al Montañismo – Texto Oficial de Enseñanza de la EEAM; BARRABES Editorial – Junio 2001

Exército, Serviço Cartográfico do; Manual de Leitura de Cartas; S.C. Exército; Lisboa – 1972

- Fleming, June; Manual de Orientación—Todo sobre el mapa y la brújula; Ediciones Desnivel; Madrid – 1995
- FUNDAÇÃO LUSO AMERICANA; 2005. Prevenção, Detecção e Combate de Fogos Florestais; Lisboa
- HALTENHOFF, HERBERT; 2012. Corporación Nacional Forestal de Chile; Incendios Forestales en la Interfase
- Hill, Pete & Jonhston, Stuart; Técnicas de Montaña – Manual Práctico para Monitores y Guías; Ediciones Desnivel; Madrid - 2002
- Huertas, Victor & Al.- Grupo Tragsa - “MANUAL DEL PRIMER ATAQUE A UN INCENDIO FORESTAL”; Edita: Junta de Castilla y León, 2002
- Lourenço, Luciano & Al. - Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção; Cadernos Especializados ENB (nº1); Edição Escola Nacional de Bombeiros; Sintra 2006
- MATTHEW S. CARROLL, KEITH A. BLATNER, PATRICIA J. COHN, CHARLES E. KEEGAN III, TODD MORGAN. Gestión del Riesgo de Incendios Forestales en el Interior del Noroeste de Estados Unidos: Un “Problema Perverso” para la Política de Fincas Públicas; Memorias del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global
- Mauro, Leonel; O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura; ESTUDOS AVANÇADOS 14 (40), 2000, pp. 231-250
- MOREIRA, F; CATRY, FILIPE; SILVA, JOAQUIM S.; E REGO, FRANCISCO; 2010. Ecologia do Fogo e Gestão de Áreas Ardidadas; Instituto Superior de Agronomia – ISA
- National Wildfire Coordinating Group National - Interagency Incident Management System; Basic Land Navigation - June 2007
- National Wildfire Coordinating Group National – Introduction to Wildland Fire Behavior, S-190
- National Wildfire Coordinating Group National - Wildland Fire Suppression Tactics Reference Guide - April 1996
- National Wildfire Coordinating Group National – Wildland Fire Suppression Tactics Reference Guide; Abril 1996
- Natutechnia; Apontamentos do Curso de Análise e de Fogo de Supressão; Porto, 2012
- Neuns, Alva - Water vs Fire; California Division of Forestry - US Forest Service California Region; 1950

Oliveira, E.; Caderno Técnico de Cartografia e Orientação em Montanha; Clube Celtas do Minho, 2010

Oliveira, E.; Manual de Leitura de Mapas e de Orientação – Combatentes de Incêndios Florestais; Março de 2013

Oliveira, E.; Manual Operacional de Rescaldo – Construção Segura de Faixas de Contenção; Abril de 2013

Oliveira, E.; La prevención a la escala del paisaje para hacer frente a los grandes incendios forestales; ETS Ingeniería de Montes y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid; 2015

Pelaz, Javier Sintés; Manual Técnico – Alpinismo y Desafío de la Alta Montaña; Ediciones Desnivel; Madrid 2003

RIFÀ, A; CASTELLNOU, M.; El modelo de extinción de incendios forestales catalán.

Secretaría de Desarrollo Pecuário - Protectora de Bosques del Estado de México, Dirección de Protección Forestal; Manual de Toda de Decisiones ante los Incendios Forestales ; Guadalupe – 2010

Staden, Hans; Viagem ao Brasil; Versão do Texto de Marpurgo, de 1557 por Alberto Löforen, Revista e Anotada por Theodoro Sampaio; Rio de Janeiro, 1930

TRUJILLO-FERNÁNDEZ, J. B.; 2009. Gestión del Paisaje y Protección Ambiental del Territorio

VEGA, JOSÉ; 2001. Manual de Queimas Prescritas para Matogueiras de Galicia; Conselleria de Medio Ambiente – Xunta de Galicia

VELEZ, R.; 2002. “Incendios Forestales” en Ayala-Carcedo, F., Olcina, J. (coords): Riesgos Naturales. Ariel, Barcelona, pp. 1181-1196

Wilson, Neil; Manual de la Orientación – Todas las técnicas para orientarse al aire libre; Editorial LIBSA; Madrid – 2003

Endereços eletrônicos

Funchal notícias. Reabastecimento do helicóptero de combate a incêndios na Madeira. Disponível em <https://i1.wp.com/funchalnoticias.net/wp-content/uploads/2018/06/helicopetro-00.jpg?ssl=1>,

Mais Ribatejo, Patrulha Aérea deteta corte ilegal de árvores em Espaço Florestal (vídeo). disponível em <https://maisribatejo.pt/2019/09/11/patrolha-aerea-deteta-corte-ilegal-de-arvores-em-espaco-florestal-video/>.