

Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Centro Especializado de Prevenção e Combate e Incêndios Florestais

Investigação de Incêndios Florestais



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Centro Especializado de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais

Investigação de Incêndios Florestais

Novembro, 2010

Organização:

Alexandre de Matos Martins Pereira – Ecólogo
Analista Ambiental – Bonito (MS)

Antônio Carlos Monteiro Cattaneo – Engenheiro Florestal
Analista Ambiental, Coordenador do Prevfogo em Roraima
Ibama – Boa Vista (RR)

Fabiola Siqueira de Lacerda – Bióloga, M.Sc.
Coordenadora do Núcleo de Capacitação e Treinamento
do Prevfogo Ibama – Brasília (DF)

Francisco Celso Medeiros – Engenheiro-Agrônomo
Analista Ambiental – Teresina (PI)

Oscar Rensburg Willmersdorf – Engenheiro Florestal
Analista Ambiental – Sorocaba (SP)

Paulo Sérgio Campos Avelar – Engenheiro Florestal
Analista Ambiental – Santana do Riacho (MG)

Diagramação e Capa:

Carlos José

Fotografias:

Taylor Nunes Pereira e arquivos

Ilustrações:

Osmar Barreto Borges – Biólogo
Analista Ambiental Ibama/Roraima
Ibama – Boa Vista (RR)

Catálogo na Fonte

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

P128 Investigação de incêndios florestais / Alexandre de Matos Martins Pereira...
[et al] – Brasília: Prevfogo/Ibama, 2010.

75 p. : il. ; 16 cm.

Bibliografia

1. Incêndio florestal. 2. Prevenção e controle de incêndios florestais.
I. Cattaneo, Antônio Carlos Monteiro. II. Lacerda, Fabiola Siqueira de. III.
Medeiros, Francisco Celso. IV. Willmersdorf, Oscar Rensburg. V. Avelar,
Paulo Sérgio Campos. VI. Centro Especializado de Prevenção e Combate
e Incêndios Florestais. VII. Título.

CDU(2.ed.)630.43

Sumário

Introdução	7
Capítulo I – Incêndios florestais	9
1. Causas dos incêndios florestais	9
Causas estruturais	9
Causas determinantes	9
2. Nomenclatura do incêndio florestal	10
Capítulo II – Comportamento dos incêndios florestais	13
1. Combustíveis florestais	13
1.1 Características dos combustíveis	14
a) Quantidade de biomassa vegetal	14
b) Relação superfície/volume	15
c) Compactação	15
d) Continuidade horizontal	15
e) Continuidade vertical	16
f) Densidade da madeira	16
g) Substâncias inflamáveis	16
h) Umidade	16
i) Uniformidade	17
j) Disponibilidade dos combustíveis	18
2. Combustão	18
2.1 Combustão de material lenhoso	18
2.2 Ignição.....	19
2.3 Fases da combustão	19
a) Pré-aquecimento	19
b) Combustão dos gases	20
c) Combustão do material lenhoso	20
3. Transmissão de calor	21
a) Condutibilidade.....	21
b) Radiação.....	21
c) Convecção.....	22
d) Emissão de partículas de ignição	22
4. Propagação dos incêndios florestais	23
4.1 Início do incêndio.....	24
4.2 Triângulo do fogo.....	24
4.3 Propagação do incêndio	25
4.4 Propagação do fogo.....	26
4.5 Ação do vento	27
4.6 Geometria do incêndio florestal	32

5. Intensidade do incêndio florestal	33
Capítulo III – Investigação dos incêndios florestais	35
1. Objetivo, qualificação, pessoal e equipamentos	35
2. Processo de investigação	38
2.1 Notícia do incêndio florestal	38
2.2 Observação dos dados históricos e meteorológicos	38
2.3 Determinação da geometria do incêndio florestal	38
3. Aplicação do método das evidências físicas	39
3.1 Grau de danos	40
3.2 Padrão de queima.....	41
3.3 Cor das cinzas	42
3.4 Combustível protegido	42
3.5 Carbonização superficial	43
3.6 Carbonização profunda	45
3.7 Congelamento de galhos finos e folhas.....	45
3.8 Mancha de fuligem	46
3.9 Caule de gramíneas.....	47
4. Busca da zona de confusão	48
4.1 Delimitação da zona de confusão	49
4.2 Investigação da zona de confusão em busca da área de origem do incêndio.....	50
4.3 Busca e registro do dispositivo de ignição, pegadas, marcas de pneus e objetos de uso pessoal	50
4.4 Dispositivos de ignição	51
5. Classificação da causa através das tabelas de indicadores de ignição	52 .
Acampamento ou atividade recreativa	53 .
Apicultura	53 .
Atividade ferroviária	53
Balão de festa junina	54
Caça de animais	54
Crianças	54
Foguete sinalizador.....	54
Fogos de artifício	55
Incendiário	55
Linhas de transmissão de energia elétrica de alta tensão.....	56
Munição incendiária.....	56
Queima de resíduos agrícolas.....	57
Queima de lixo	57
Raios	57
Queima em trabalhos rurais	58
Rituais religiosos	58
5.1 Depoimentos.....	60
5.2 Análise de provas materiais e depoimentos	62
5.3 Hipótese principal	62
5.4 Causa do incêndio florestal	62
5.5 Sinopse sobre investigação	62

6. Instruções para a Brigada de Combate a Incêndios Florestais	64
7. Laudo pericial	64
Glossário	71
Referência	75

Introdução

O aumento de incêndios florestais nas últimas décadas evidencia as ações de prevenção como um fator essencial à política ambiental. O primeiro passo para equacionar o problema causado pelos incêndios florestais é determinar quais as suas causas.

Com freqüência são indicadas as condições socioeconômicas da população rural e indígena ou circunstâncias naturais como possíveis causas. No entanto, para conhecer a realidade e prover com informações corretas e detalhadas os esforços para adotar sistemas de prevenção, é imprescindível investigar as causas dos incêndios. Suposições sem a devida investigação conduzirão, muitas vezes, a conclusões erradas.

As observações dos efeitos da queima em materiais combustíveis e não-combustíveis, somadas ao conhecimento do comportamento do incêndio, possibilitam compreender a dinâmica desenvolvida pelo incêndio florestal e encontrar a sua origem.

Uma investigação minuciosa na área de origem poderá evidenciar a causa do incêndio. Pegadas, marcas de veículos e dispositivos de ignição proporcionam informações que podem levar ao indiciamento do autor ou, ao menos, à identificação dos motivos que o levaram a incendiar.

Outras evidências podem definir uma causa natural ou acidental, como um raio ou as partes incandescentes do freio de uma locomotiva ejetadas ao longo de ferrovias. Portanto, com fundamento na investigação podem ser justificadas as medidas de prevenção mais apropriadas às circunstâncias que causaram os incêndios florestais.

Dessa forma, também podemos prover bases fundamentadas para instruir processos decorrentes do crime ambiental, justificando o fato às considerações judiciais.

Quanto mais pessoas conhecerem a realidade, mais difícil será escondê-la e, se ilícita, menos encorajador praticá-la.

Capítulo I - Incêndios Florestais

Os efeitos causados pelo fogo em sua livre propagação através dos processos de transmissão de calor, sem limites preestabelecidos, sob a incitação das forças atuantes de clima, relevo e combustível em biomassa vegetal, são designados como incêndio florestal.

1. CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Estruturais: fatores ambientais e sociais.

Determinantes: fatores naturais e antrópicos.

1.1 Causas estruturais

- Clima: baixa umidade relativa do ar, alta temperatura e ventos fortes.
- Inflamabilidade do combustível: vegetais com grande potencial de inflamabilidade.
- Uso do fogo como ferramenta rural: queima de pastagens e de árvores derrubadas para fins agrícolas.
- Acúmulo de material combustível no solo florestal.
- Aumento da suscetibilidade das florestas: incêndios e extração de árvores proporcionam o surgimento de vegetação de sub-bosque, aumentando a quantidade de combustível entre a superfície do solo e a copa das árvores.
- Deficiente espírito conservacionista da população rural: inexistência de educação ambiental por parte das entidades direta ou indiretamente relacionadas ao meio rural.
- Características topográficas que intensificam a ação do fogo: aclives acentuados.
- Extensão territorial: a grande dispersão de áreas suscetíveis, e consequentemente os custos elevados, comprometem as ações preventivas e de combate aos incêndios.
- Desconhecimento ou negligência do uso controlado do fogo: apesar de inadequado, o uso do fogo como ferramenta agrícola devido às graves consequências na química atmosférica e no equilíbrio biológico do solo – a queima controlada – é dispositivo imprescindível de prevenção contra incêndios florestais enquanto persistir a atual política agrária.

1.2 Causas determinantes

- Natural: raios.

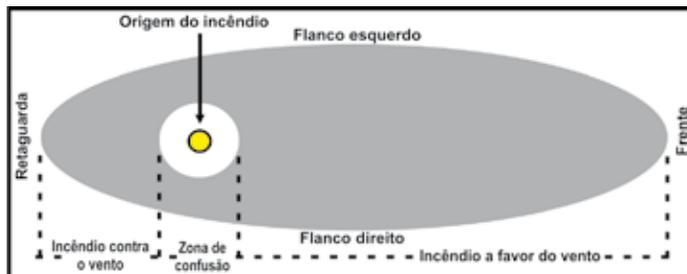
- Acidental: linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão, emissões de partes incandescentes dos freios de locomotivas, combustão espontânea, carga de carvão em transporte rodoviário.
- Antrópica por negligência: queima agrícola e de pastos, queima de lixos, fogueiras de acampamentos, fogos de artifício e balões de festa junina, projéteis luminosos e munições incendiárias.
- Antrópica de origem intencional: insatisfações, vingança ou desavença, piromaniacos, combate a animais peçonhentos, intenção de promover estado de calamidade pública – aumentando a incidência em época de seca – queima de pastagens nativas.

2. NOMENCLATURA DO INCÊNDIO FLORESTAL

O incêndio geralmente nasce da seguinte forma: as chamas iniciais, incitadas pelo vento, relevo e combustível, abandonam as sutis definições de queima da zona confusa e definem dinâmicas distintas de expansão do incêndio florestal, configurando áreas de propagação das chamas a favor e contra o vento.

Para conhecer o que provocou um incêndio florestal é necessário localizar a origem do incêndio, pois na origem está a causa, o dispositivo de ignição. A investigação que permite chegar até esse dispositivo baseia-se na reconstrução da evolução do incêndio através da análise de sua dinâmica no ambiente natural, relacionando-a ao relevo e ao sentido dos ventos, e da observação das marcas deixadas pelo fogo nos combustíveis e materiais não-combustíveis na área em que avançou a favor do vento, em seus flancos e na área que avançou contra o vento.

Diante das evidências reveladas por esse procedimento é possível localizar e classificar a causa que provocou o incêndio florestal.



Frente - avanço de maior velocidade do incêndio florestal impelido pelos condicionantes vento, relevo e combustível, conjugados aos efeitos de convecção e radiação das chamas e do material ardente. Na frente do incêndio florestal o vento intensifica a convecção, a radiação e a condução – formas de propagação do incêndio – causando pré-aquecimento e desidratação nos materiais combustíveis, adiante das chamas, aumentando, portanto, a velocidade de propagação do incêndio.

Retaguarda - avanço do incêndio florestal contra o vento, progressão de menor velocidade.

Flanco - lateral do incêndio florestal que se expande com características semelhantes ao avanço de retaguarda, porém com velocidade inicial maior.

Zona de confusão - área queimada por chamas de baixa convecção e radiação, que circunscribe o início do incêndio florestal momentos antes da formação da frente, retaguarda e flancos do incêndio.

Origem do incêndio - local da ignição que causou o incêndio florestal.

Observação: é possível acontecer que circunstâncias de vento, relevo e vegetação restrinjam ou excluam a área da zona de confusão.

Capítulo II - Comportamento dos Incêndios Florestais

1. COMBUSTÍVEIS FLORESTAIS

É toda a matéria de origem vegetal suscetível à queima. A inflamabilidade depende essencialmente (ou predominantemente) da porcentagem de umidade no combustível.

As características dos combustíveis florestais dependem de:

- Exposição ao vento e ao sol: os vegetais expostos ao vento e ao sol são mais suscetíveis à perda de umidade, sendo a influência do vento mais eficaz do que a do sol na desidratação.
- Altitude: em geral, a quantidade de combustível diminui com o aumento da altitude.
- Latitude: quanto mais próximo da latitude 0^o maior é a quantidade de radiação solar recebida pela superfície terrestre, influenciando na profusão vegetativa e na temperatura atmosférica.
- Solo: solos arenosos têm menor capacidade de retenção de água do que solos argilosos, portanto, vegetais em solos arenosos entram em estado de deficiência hídrica mais facilmente.
- Idade da vegetação: vegetais velhos produzem maior quantidade de galhos e folhas mortas do que os vegetais novos.
- Ações antrópicas: atividades extrativas aumentam a suscetibilidade a incêndios tanto pela abertura de espaços para a penetração dos raios solares, que promovem o surgimento de vegetação superficial e de sub-bosque na floresta desde a superfície do solo até a parte aérea das árvores, quanto pelo aumento de galhos e folhas no solo.

A primeira classificação dos combustíveis refere-se ao grau de vitalidade, distribuição espacial e tamanho.

- Quanto à vitalidade:
Vegetais mortos e vivos.
- Quanto à distribuição espacial:

Subterrâneos – raízes, galhos e folhas permeando camadas de solo mineral.

Superficiais – combustíveis abaixo de 1,5 m de altura, tais como caules, galhos, folhas, ascículas, gramíneas, arbustos, árvores e palmeiras jovens.

Aéreos – combustíveis acima de 1,5 m de altura, como cipós, palmeiras e árvores.

● Quanto ao tamanho:

CLASSIFICAÇÃO	COMBUSTÍVEL	DIÂMETRO(mm)
Leve	erva, capim, folhas, ramos	< 5
Regular	galhos e caules finos	5 a 25
Mediano	galhos e caules médios	25 a 75
Pesado	galhos grossos, troncos de árvores	> 75

Combustíveis menores perdem umidade, ardem mais rapidamente e são mais suscetíveis à queima completa. Quanto maior for o volume de combustíveis leves mais rápida será a propagação e maior a intensidade do incêndio.

1.1 - Características dos combustíveis

Os combustíveis em relação à sua capacidade de comburir e o conseqüente comportamento do incêndio florestal são classificados quanto à:

a) Quantidade de biomassa vegetal

Define-se quantidade de biomassa a relação entre o peso de combustível seco e a unidade de área.

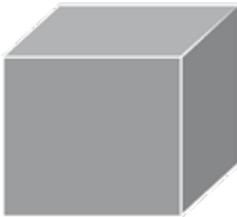
VEGETAÇÃO	REGIÃO	BIOMASSA VEGETAL (t/ha)
Floresta densa	Amazônia Brasileira 1	453
Floresta aberta	Amazônia Brasileira	392
Floresta estacional	Amazônia Brasileira	336
Floresta de contato	Amazônia Brasileira	372
Cerradão	Amazônia Brasileira	134
Campinarana	Amazônia Brasileira	332
Formação pioneira	Amazônia Brasileira	285
Savana	Amazônia Brasileira	71
Formação pioneira	Amazônia Brasileira	21
Floresta de terra firme	Ilha do Bananal 2	223
Floresta de alagadiço	Ilha do Bananal	197
Sub-bosque de terra firme	Ilha do Bananal	45

1 - Acre, Amazonas, Amapá, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

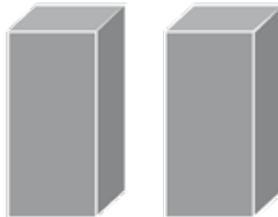
2 - Ilha do Bananal e seu entorno.

b) Relação superfície/volume

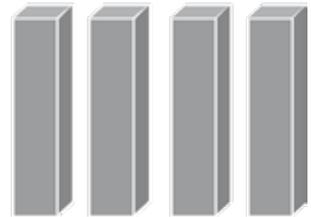
Combustíveis trocam umidade e calor com o ambiente através de sua superfície. Quanto maior a superfície, por unidade de volume, mais rápida será essa troca. Portanto, quanto maior a relação da superfície/volume mais rapidamente o combustível entra em equilíbrio com a umidade atmosférica e absorve, de forma mais eficaz, o calor emitido pelo ambiente, alcançando em pouco tempo a sua temperatura de ignição.



volume = 1 m^3
superfície = 6 m^2
relação $\text{m}^2/\text{m}^3 = 6$



volume = 1 m^3
superfície = 8 m^2
relação $\text{m}^2/\text{m}^3 = 8$



volume = 1 m^3
superfície = 12 m^2
relação $\text{m}^2/\text{m}^3 = 12$

Combustíveis leves, de maior superfície, entram em ignição mais facilmente e combustem mais rápida e completamente do que combustíveis pesados. São, portanto, responsáveis pela velocidade de propagação do incêndio florestal.

COMBUSTÍVEL	RELAÇÃO SUPERFÍCIE/VOLUME (m^2/m^3)
Ramos de 13 mm de diâmetro	308
Acículas de pinus	5.600
Gramíneas (pasto)	6.000

c) Compactação

Entre a matéria combustível, esteja em pé ou acamada sobre o solo, existem espaços ocupados pelo ar (comburente).

Quanto mais compactada a matéria combustível menos espaços haverá entre as suas partes, portanto, aumentará a retenção de umidade no material combustível, reduzindo a velocidade de propagação do incêndio. Com o aumento da compactação diminui o volume de oxigênio disponível entre as partículas do material, resultando em queima mais lenta e de menor intensidade.

d) Continuidade horizontal

É a distribuição dos vegetais de superfície ou aéreos no plano horizontal.

Essa distribuição é inerente à evolução do incêndio e influi em sua velocidade de avanço. A distância entre vegetais que impede a transposição de chamas denomina-se descontinuidade horizontal.

e) Continuidade vertical

É a distribuição dos vegetais no plano vertical desde a superfície do solo até a parte aérea de maior altura da biomassa vegetal. Essa distribuição é inerente à evolução do incêndio de superfície para o incêndio de copas. A distância entre os níveis das camadas vegetais que impede a transposição de chamas denomina-se descontinuidade vertical.

Ações antrópicas, como a extração de madeiras ou a ocorrência de incêndio em algumas copas de árvores, numa floresta com densa continuidade horizontal, possibilitam que a luz solar, antes retida em grande parte pela proximidade das copas, tenha maior penetração, difundindo-se por extensa área entorno das árvores afetadas. Tal difusão da luz solar proporciona o surgir ou o aumentar do volume da vegetação arbustiva, possibilitando, em situações críticas de clima e vegetação, a transposição de incêndio superficial, para incêndio de copas, através dos estratos vegetais arbustivos. Assim, a cada incêndio a floresta torna-se mais suscetível ao fogo.

f) Densidade da madeira

Madeiras de alta densidade necessitam de maior quantidade de calor para entrar em ignição. Madeiras de baixa densidade ardem sob o estímulo de pouca quantidade de calor, contribuindo, portanto, para o aumento da velocidade de propagação do incêndio florestal.

g) Substâncias inflamáveis

Vegetais que contêm óleos essenciais, ceras e resinas inflamáveis causam incêndios de maior intensidade e velocidade de propagação.

A desidratação dos vegetais diante do incêndio realiza o arraste de substâncias inflamáveis para a atmosfera. Tais substâncias, que necessitam de menor temperatura para alcançar o seu ponto de ignição, podem inflamar-se antes de as chamas alcançarem a massa de ar que as contém e, dessa forma, aumentar a intensidade, a velocidade de propagação do incêndio e a dificuldade de combatê-lo. Incêndios que se propagam através das copas das árvores têm como sustentação a inflamabilidade das substâncias contidas nas seivas.

h) Umidade

A umidade é a propriedade mais importante da inflamabilidade dos combustíveis florestais vivos ou mortos. Antes de arder, é necessário evaporar o excesso de umidade que o combustível contém. Portanto, seu percentual de umidade influencia muito na quantidade de calor necessária para ignificá-lo.

$$\text{Umidade do combustível (\%)} = \frac{100 \times \text{peso úmido} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}}$$

A umidade dos combustíveis florestais mortos pode variar de 0% a 300% e nos combustíveis florestais vivos geralmente situa-se entre 40% e 150%.

Vegetais vivos não trocam umidade com a mesma intensidade dos vegetais mortos, portanto, podem atuar como barreira natural contra o incêndio, atenuando a velocidade ou impedindo a progressão do fogo.

Combustíveis mortos estão em contínua troca de umidade com o ambiente através de um processo de equilíbrio higroscópico que depende, em grande parte, da umidade relativa do ar.

O tempo que uma partícula necessita para alcançar o estado de equilíbrio higroscópico com o ambiente é denominado tempo de retardo e é considerado como o tempo necessário para que o combustível perca 63% de sua umidade.

COMBUSTÍVEL	em mm	TEMPO DE RETARDO	
		HORAS	DIAS
Leve	< 5	1	
Regular	5 a 25	10	
Mediano	25 a 75	100	5
Pesado	> 75	1.000	42

Devido à sua elevada relação superfície/volume, os combustíveis leves atingem mais rapidamente o estado de equilíbrio higroscópico do que os combustíveis pesados.

De modo geral, a fumaça branca é produzida na queima de combustíveis leves e a cor branca provém da umidade contida no combustível. A fumaça escura é característica da combustão de material lenhoso com conteúdo de resinas ou outros compostos de queima semelhantes. No entanto, tais configurações são muito variáveis.

i) Uniformidade

Quanto maior a uniformidade na disposição dos combustíveis leves maior homogeneidade terão as características de velocidade, expansão e danos causados pelo incêndio.

A variação da uniformidade nas disposições e nos tamanhos de combustíveis modifica a velocidade e, conseqüentemente, a intensidade do incêndio, resultando em queimas não homogêneas ao longo de sua dinâmica.

j) Disponibilidade dos combustíveis

Quando ocorre um incêndio florestal nem todo o material combustível é consumido. Raramente os combustíveis mais pesados são consumidos completamente. Somente com baixa umidade relativa do ar, geralmente por mais de 60 dias e ausência total de chuvas, os combustíveis pesados mortos ficam suscetíveis à queima completa. Portanto, nem todo combustível que há na área do incêndio tem condições de arder e, em relação a essa situação, os combustíveis são classificados como:

- Combustível total: toda matéria vegetal, viva ou morta, dentro da área sujeita a incêndios.
- Combustível disponível: material que está em condições de arder e consumir-se no incêndio.
- Combustível restante: são combustíveis afetados pelo incêndio que, por não estarem disponíveis para arder, tombam na área queimada após o incêndio.

A disponibilidade dos combustíveis vegetais varia conforme a hora, a época do ano, a distribuição na área, as condições atmosféricas e as características dos combustíveis.

2. COMBUSTÃO

Combustão é uma reação química exotérmica auto-alimentada com presença de combustível em fase sólida, líquida ou gasosa. Explosão é uma combustão confinada com súbita elevação de pressão, cuja energia rompe o meio que a contém.

2.1 Combustão de matéria lenhosa

A energia latente do combustível converte-se em energia ativa quando se dá a combustão, assim, a matéria transforma-se em energia radiante com característica diferente da que apresenta em estado condensado.

Os vegetais são compostos essencialmente por celulose, hemicelulose e lignina. Ao receberem calor com suficiente energia para alcançar a sua temperatura de ignição e estando em presença de oxigênio, ocorre a seguinte reação química:



onde **h** é porcentagem de umidade e **Q** é energia.

No processo químico de combustão completa, de 4.855 Kcal/kg de material lenhoso, desprende-se uma quantidade de energia equivalente a 2.772 Kcal.

Dessa quantidade, 15% (728,25 Kcal) é irradiada, produzindo o aquecimento da massa de ar e afetando os combustíveis à frente do incêndio, aquecendo-os e desidratando-os. Os demais 85% (4.126,75 Kcal) são calor latente que integram o processo de auto-alimentação da reação e aumentam a temperatura das fases da combustão.

2.2 Ignição

É o fenômeno que dá início à combustão auto-alimentada. A temperatura mínima que necessita um material para se inflamar é denominada temperatura de ignição e geralmente é muito menor do que a temperatura necessária para a auto-ignição.

A ignição provocada é produzida por um agente externo (chama, fagulha ou brasa) e auto-ignição origina-se de um estado incomum de pressão, ou atrito, que eleva o calor do material combustível até o seu ponto de ignição. A carga de carvão em transporte rodoviário pode, em circunstâncias de temperatura elevada e condições que permitam constante atrito entre os pedaços de carvão, entrar em combustão por auto-ignição.

Para que as moléculas de combustível e oxigênio possam reagir quimicamente produzindo calor, é necessário excitá-las até que alcancem um estado de atividade suficiente para comburir. Essa atividade molecular pode ser provocada por outras moléculas excitadas, através da ignição provocada, ou por elevação de temperatura do próprio combustível (auto-ignição).

Se a quantidade de combustível e oxigênio é suficiente e a quantidade de moléculas excitadas é adequada, a ignição toma a forma de reação em cadeia, pois a velocidade de produção de moléculas ativadas supera a taxa natural de desativação das moléculas.

Assim, uma vez iniciada, a ignição continuará até consumir todo o material combustível ou esgotar o comburente (O_2), ou até que a chama se apague por esfriamento ou, ainda, por diminuição do número de moléculas excitadas.

2.3 Fases da combustão

Para descrever os fenômenos físicos e químicos existentes em um incêndio, analisaremos a ignição, a combustão e a extinção do incêndio em um galho seco de árvore.

a) Preaquecimento

Ao aplicar uma fonte de calor em um galho seco de árvore, esse combustível será aquecido por radiação. À medida que a temperatura na superfície do combustível aproxima-se da temperatura de ebulição da água, a madeira começa a desprender gases, principalmente vapor d'água. Esses gases têm insignificante ou nenhuma combustibilidade.

Ultrapassando 100 °C o processo de dessecação alcança o interior da madeira. Ao aproximar-se de 300 °C ocorre modificação na cor do combustível e inicia-se a fase de pirólise. Nessa fase, a madeira desprende gases combustíveis e aparece um resíduo carbonizado – o carvão vegetal. A pirólise aprofunda-se na madeira na medida que o calor continua atuando.

Imediatamente depois de iniciar a pirólise a madeira produz rapidamente suficientes gases combustíveis que alimentam uma combustão gasosa. Para que o galho entre em combustão é necessário chama, fagulha ou alguma fonte que produza moléculas quimicamente ativas em quantidade suficiente para alcançar a ignição provocada.

b) Combustão dos gases

Ocorrendo a ignição, uma chama difusora cobre rapidamente toda a superfície sob a ação da pirólise e evita o contato dessa superfície com o oxigênio. No entanto, a chama aquece a superfície do galho e aumenta a velocidade da pirólise.

Se retirarmos a fonte de calor que foi aplicada inicialmente ao galho de árvore, a combustão continuará desde que o galho tenha um diâmetro menor do que 2 cm, em média.

Em um galho mais grosso, as chamas se apagam ao ser retirada a fonte de calor, pois o calor produzido pela combustão é insuficiente para suprir o calor de radiação. As chamas não conduzem calor ao interior da madeira e não geram calor suficiente para alimentar a combustão, pois o galho mais grosso tem maior superfície e volume para ser aquecido e manter moléculas ativas em quantidade suficiente para continuar a combustão.

Porém, em estado natural, pode ser mantida a continuidade da combustão por parte do calor que, emitido por radiação, reflete-se em galhos e troncos voltando à sua origem e mantendo assim o calor necessário para auto-alimentar a combustão.

c) Combustão do material lenhoso

A espessura da parte carbonizada na fase de combustão dos gases aumenta com a continuidade da combustão. Essa matéria carbonizada, que possui boa propriedade como isolante térmico, limita a quantidade de calor que penetra no interior da madeira, reduzindo a intensidade da pirólise até terminar a combustão em fase gasosa.

Ao acabar a combustão em fase gasosa, a chama difusora que cobria toda a superfície sob a ação da pirólise e evitava o contato dessa superfície com o oxigênio se esgota, permitindo que o oxigênio do ar entre em contato com a parte carbonizada, intensificando a continuidade da combustão incandescente.

FASE	TEMPERATURA (°C)	PROCESSO
Preaquecimento	<100	Dessecação do material lenhoso, desprendimento de vapor de água até a desidratação completa.
	100 a 270	Destilação do material lenhoso, desprendimento de gases combustíveis, emissão de CO ₂ .
Combustão de gases	270 a 350	Presença de CO ₂ , início de fomação de carvão vegetal, desprendimento de energia >300 Kcal/Kg.
	350 a 500	Continua a combustão.
Combustão do material lenhoso	500 a 800	Esgotamento da emissão de gases, combustão lenta do carvão vegetal.
	800 a 1.200	Combustão completa.

3. TRANSMISSÃO DE CALOR

A transferência de calor determina a ignição, a combustão e a extinção da maioria dos incêndios florestais. O calor é transmitido entre os combustíveis das seguintes formas:

a) Condução

É a transmissão de calor através da colisão entre as moléculas de um combustível e a subsequente transferência de energia cinética. A quantidade de energia térmica transmitida é proporcional à temperatura e à condutibilidade dos corpos.

Povos nativos ao realizarem o atrito veloz e contínuo entre madeiras através da corda de um arco, aumentam a energia cinética de suas moléculas, produzindo calor e induzindo a transmissão de energia por contato direto entre as madeiras que alcançam, dessa forma, a temperatura de queima. Tal temperatura sob o influxo adequado de oxigênio é suficiente para produzir chamas em combustíveis leves. A partir de então, o fogo propaga-se por radiação e convecção.

Devido à baixa condutibilidade da madeira, essa forma de transferência de calor não é importante na progressão dos incêndios florestais, porém muitos incêndios considerados extintos, reativam-se pela transmissão de calor de um combustível superficial ou subterrâneo, em fase de combustão, que passou despercebido nas ações de rescaldo.

b) Radiação

É a emissão de energia calorífica na forma de ondas eletromagnéticas que se propagam no ar, praticamente na velocidade da luz, em todas as direções. Essa radiação transforma-se em calor ao entrar em contato com materiais combustíveis ou não-combustíveis.

O material incandescente (em brasa) emite radiação. Sob o aumento da intensidade calórica causada por comburente (vento ou combustíveis leves, óleos essenciais, ceras, resinas) o material incandescente adquire um dinamismo que o transforma em material ardente (em chamas).

Esse material que, antes, em um estado lento de combustão, emitia um determinado quantum de radiação, passa a emitir mais radiação por ter passado a um estado de combustão acelerada, um estado em que a liberação energética da queima ocorre com maior velocidade.

Chamas pequenas, como de uma vela, emite a maior parte de calor através da convecção. No entanto, os incêndios florestais de grande magnitude liberam quantidades de energia relativamente iguais, por radiação e convecção. A energia irradiada é mais perigosa porque as superfícies dos combustíveis vegetais, próximos ao incêndio, absorvem a radiação incidente, entrando em fase de preaquecimento, enquanto que a maioria da energia gerada por convecção flui por uma coluna de convecção ascendente, criada pelo fluxo de gases.

O calor radiante passa livremente por moléculas simétricas dos gases hidrogênio, nitrogênio e oxigênio, porém é absorvido pelas partículas em suspensão na fumaça e, em menor comprimento de onda, por moléculas assimétricas como

CO, CO₂, H₂O, e SO₂. O vapor de água e o dióxido de carbono podem absorver grandes quantidades de radiação. Isso explica por que os incêndios florestais são menos perigosos em dias de umidade atmosférica mais elevada. Além disso, como as gotículas de água absorvem quase todas as radiações infravermelhas incidentes, as névoas ou pulverizações de água são atenuantes eficazes no bloqueio de parte da radiação aos combustíveis à frente do incêndio.

Quando dois corpos estão próximos e um tem maior temperatura do que o outro a energia radiante passa do mais quente para o mais frio, até que aconteça o equilíbrio térmico entre ambos. Se a superfície do corpo em menor temperatura for brilhante ou polida, refletirá a maior parte do calor radiante. Se for escura, absorverá a maior parte do calor. Os materiais metálicos brilhantes são excelentes refletores de energia radiante.

c) Convecção

É o processo de transmissão de calor através do ar por efeito do movimento ascendente das camadas de ar aquecido. O ar quente, menos denso, sobe aos níveis mais altos na atmosfera e esse movimento causa um deslocamento de massa de ar frio, mais denso, dos níveis mais elevados para níveis próximos da superfície terrestre. Esse movimento ascendente da massa de ar quente é denominado corrente convectiva. O incêndio causa aquecimento do ar por condução. O ar aquecido expande-se e eleva-se. Por essa razão, a transferência de calor por convecção ocorre no sentido ascendente.

Em um incêndio florestal ocorrem duas formas de convecção:

- Convecção natural: movimento ascendente do ar quente devido à diferença de densidade;
- Convecção forçada: movimento do ar quente sob o impulso da velocidade, imposta pelo vento de superfície.

A ação conjunta de ambas as formas de convecção é a causa da emissão de partículas em ignição através do ar e do preaquecimento do material à frente do incêndio. O relevo intensifica o efeito da convecção quando elevações do relevo à frente ou nas laterais do incêndio concentram as correntes convectivas, restringindo o seu fluxo em um sentido.

d) Emissão de partículas em ignição

Em todos os incêndios desprendem-se partículas de combustível em ignição que são transportadas por convecção para adiante, além da frente do incêndio, podendo provocar novas origens, aumentando assim sua velocidade de propagação.

A emissão de partículas em ignição depende de três fatores para que possa causar outra origem de incêndio:

1. origem da emissão;
2. distância a que podem ser transportadas;
3. suscetibilidade de ignição dos combustíveis nos quais as partículas em ignição caem.

Em relação à origem, podem ocorrer dois tipos de emissão:

- Emissão a curta distância: as partículas produzidas na frente do incêndio são transportadas a curta distância. Ao caírem podem ou não produzir ignição nos combustíveis. Caso produzam ignição, a frente do incêndio alcança o local onde caíram as partículas antes que ali se forme outra frente que avance independentemente do incêndio de origem. As emissões de partículas em ignição a curtas distâncias podem ser compensadas pelas descontinuidades naturais dos combustíveis e, portanto, não aumentam a velocidade do incêndio.
- Emissão a longa distância: as partículas são transportadas a longa distância além da frente do incêndio e, ao caírem, causando ignição no combustível, forma-se uma nova frente de incêndio que avança independentemente do incêndio original.

Existem duas maneiras dessas partículas serem transportadas:

- Partículas pequenas – podem ser elevadas por uma forte coluna de convecção e, se continuarem em incandescência, durante o transporte, ao caírem causam ignição no combustível ainda não alcançado pelo incêndio que as originou. A baixa densidade dessas partículas permite que elas sejam levadas a grandes distâncias, porém o mais provável é que se apaguem antes de tocarem o solo.
- Partículas grandes – podem ser levadas por um redemoinho para fora da área do incêndio. O tamanho dessas partículas pode chegar a sete centímetros de diâmetro e a um metro de comprimento quando a energia do redemoinho é grande. Os redemoinhos formam-se em dias de grande instabilidade atmosférica em uma zona de baixa pressão, inerente ao incêndio florestal. Incêndios no Parque Nacional da Serra da Canastra, em São Roque de Minas, MG, demonstram a energia dos redemoinhos, ao arrancarem plantas incandescentes em torno de 50 centímetros de altura, projetam-nas adiante da frente do fogo, causando novas origens de incêndio.

4. PROPAGAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Para iniciar e se propagar, um incêndio florestal necessita da conjunção das seguintes circunstâncias:

1. Combustíveis vivos ou mortos com distribuição adequada à propagação;
2. Combustíveis com umidade que possibilite a propagação;
3. Presença de um meio de ignição.

Em função da distribuição dos combustíveis a propagação será:

1. Subterrânea: quando o fogo propaga-se nas camadas de vegetais, semidecompostos, abaixo da superfície do solo ou através das raízes mortas e são de difícil localização e combate. Em áreas alagadiças às margens de rios com grandes variações de volume, durante inundações, as águas invadem a terra depositando sobre o material vegetal caído ao solo partículas de argila em suspensão que, com o decorrer

dos anos, estratificam-se cobrindo o material combustível. Todo incêndio subterrâneo tem origem na superfície do solo. Uma fogueira para aquecer a panela do almoço pode incandescer por condução a camada de material combustível subterrâneo que, em queima lenta, avançará até transmitir a incandescência aos combustíveis superficiais do solo em terra firme, iniciando um incêndio superficial.

2. Superficial: quando a propagação ocorre através dos combustíveis superficiais abaixo de 1,5 m de altura. Alterna desde incêndio de baixa intensidade, que consome pouco material combustível, até incêndio muito intenso com alta velocidade de propagação e elevado consumo de material combustível. Havendo continuidade vertical de combustíveis pode causar incêndio em copas.
3. De copas: quando o fogo propaga-se através das copas das árvores. No Brasil, devido às florestas tropical e subtropical serem compostas de vegetação sempre verdes, a ocorrência de incêndio de copas se dá em situações especiais quando as copas das árvores estão suscetíveis ao baixo vigor vegetativo ou à alta inflamabilidade em função de óleos essenciais, ceras ou resinas. No entanto, incêndios em copas devido à transposição das chamas, através de uma eventual continuidade vertical, ocorrem normalmente. Ventos fortes ou aclives acentuados são as condições ideais de clima e relevo para a propagação do fogo através das copas.

4.1 - Início do incêndio

O início do incêndio é determinado pela inflamabilidade do combustível. A inflamabilidade está inversamente relacionada ao percentual de umidade do combustível.

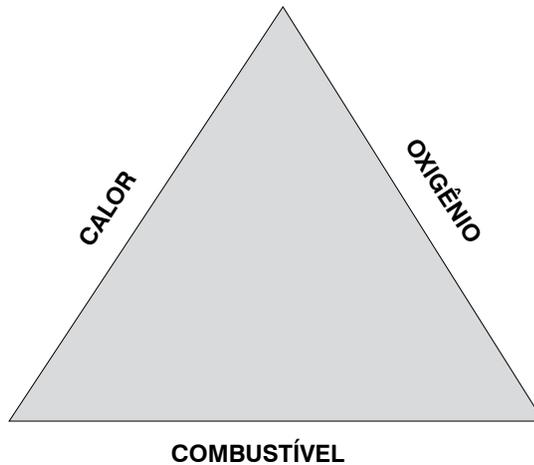
O início do incêndio refere-se ao tempo transcorrido desde quando o combustível é submetido à ação de uma fonte de calor externo até o momento de emissão de gases inflamáveis.

A temperatura de inflamação é aquela na qual os gases emitidos pelos combustíveis inflamam-se pela ação da fonte de calor externo. Essa temperatura tem relação direta com a umidade do combustível e oscila entre 250°C e 450°C.

4.2 - Triângulo do fogo

É a representação gráfica do processo que dá início e mantém o incêndio. A eliminação de qualquer um dos três componentes deste triângulo extingue o incêndio florestal.

Da energia necessária para a combustão, uma parte é irradiada no ambiente causando os efeitos térmicos do fogo e a outra aquece os demais combustíveis, fornecendo a energia de ativação das moléculas, necessária para que o processo continue, caracterizando, dessa forma, uma reação em cadeia.



4.3 - Propagação do incêndio

A propagação do incêndio é a forma de transmissão de calor aos combustíveis próximos para conseqüentes ignições em série. No momento exato do início do incêndio, as chamas de menor intensidade têm na condução o fator predominante de propagação do incêndio florestal. A influência da condução como mecanismo na velocidade de propagação do incêndio aumenta na razão direta da quantidade de combustíveis pesados.

À medida que as chamas crescem, a convecção alcança maior intensidade e, com o aumento das chamas e da incandescência do combustível, a radiação sobrepõe-se como fator de maior alcance de transmissão e principal efeito do incêndio na sua velocidade de propagação.

A influência da convecção e da radiação na propagação do incêndio aumentam na razão direta do crescimento das chamas, do aumento de material em incandescência e da quantidade de combustíveis leves.

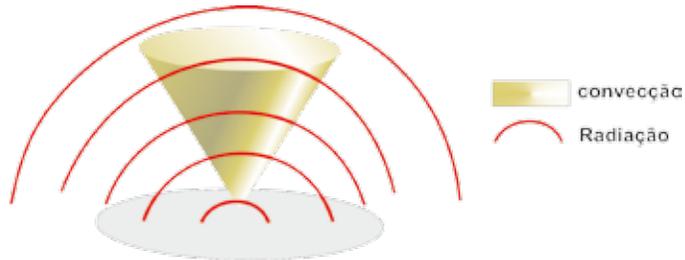
Velocidade de propagação é aquela que faz avançar a frente de reação (a frente do incêndio) sobre os combustíveis ainda não destruídos pela pirólise.

Conforme a velocidade de propagação existem três tipos de combustão:

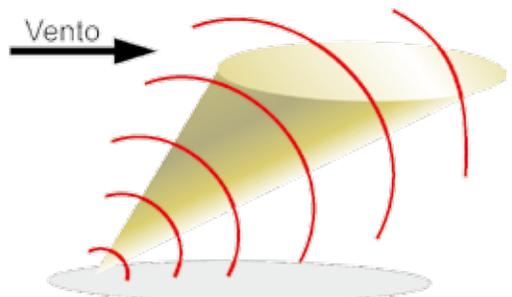
- Combustão simples: a velocidade de propagação é menor do que 1 m/s; ocorre nos incêndios florestais.
- Combustão deflagradora: a velocidade de propagação é superior a 1 m/s e inferior à velocidade do som (340 m/s); ocorre em reações químicas de líquidos ou gases e explosões. Alguns grandes incêndios florestais em vegetação rica em resinas e óleos essenciais inflamáveis podem alcançar combustão deflagradora em situações especiais de clima, relevo e vegetação.
- Combustão detonante: a velocidade de propagação é superior à velocidade do som; ocorre em reações químicas de líquidos, ou gases e explosões.

4.4 - Propagação do fogo

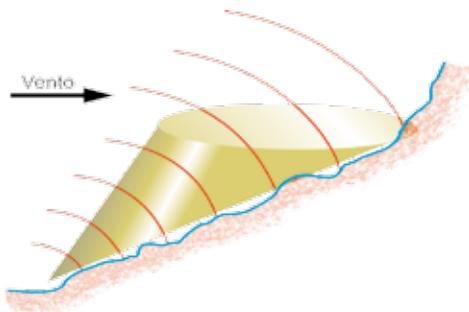
A radiação e a convecção são as formas predominantes de progressão das chamas em um incêndio. O incêndio que se inicia em condições estáveis, em terreno plano, sem vento e em combustíveis uniformes e contínuos, tenderá a uma propagação circular, pois o calor será transmitido de forma homogênea em todas as direções.



O vento produz uma inclinação da chama e a conseqüente concentração de radiação e convecção à frente da chama. À medida que a superfície vegetal afetada aumenta, o incêndio começa a ter uma geometria que define sua frente, retaguarda e flancos.

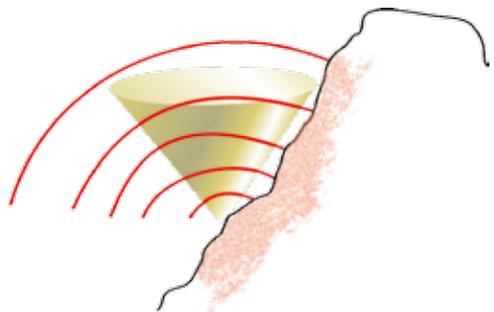


A frente do incêndio gera maior quantidade de energia, pois a emissão de calor origina-se da radiação e da convecção, ambas sob a influência do vento que define, no esquema ao lado, a forma elipsóide do incêndio.



A ação do vento conjugada com o relevo intensifica a transmissão de calor à frente do incêndio fazendo com que os combustíveis alcancem mais rapidamente a temperatura de ignição.

Na superfície das elevações do relevo que se opõem ao sentido do fogo a radiação e a convecção são mais intensas do que do lado oposto, devido à maior proximidade e tamanho da superfície de contato com as chamas.



4.5 - Ação do vento

A força de gravidade atua sobre o ar arrastando-o para a superfície do solo; o ar mais denso, mais pesado, fica abaixo do ar menos denso, que é mais leve.

Vento de superfície é o movimento horizontal do ar, diferente da corrente de ar, cujo movimento é vertical. O vento de superfície depende das diferenças de pressão atmosférica e do relevo terrestre. Sopra das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão atmosférica. Essas pressões atmosféricas são causadas pelas diferenças de temperaturas do ar. Quando o ar é aquecido dilata-se, fica mais leve e eleva-se e, ao elevar-se a outros níveis na atmosfera é substituído pelo ar mais frio por força da atração gravitacional.

A massa de ar quente que sobe produz uma zona de baixa pressão atmosférica e a massa de ar frio, ao descer, comprime o ar que está mais próximo à superfície da terra, produzindo uma zona de alta pressão atmosférica. Assim, formam-se os ventos de superfície.

A força de movimentação dos ventos é denominada *força de gradiente de pressão*. Quanto maior seu valor, mais forte será o vento. Esses ventos, movidos somente por força de gradiente de pressão, predominam em curtas distâncias e altitudes de até 600 metros.

A pressão atmosférica varia entre dois valores máximos e dois valores mínimos, diariamente, com os movimentos das massas de ar, cujas densidades, evidentemente, também variam. Os valores de máxima pressão ocorrem às 10 e às 22 horas. Os valores de mínima pressão ocorrem às 4 e às 16 horas. Máxima pressão são ventos de superfície fortes e mínima pressão são ventos fracos de superfície ou ausência de ventos.

As brisas da terra e do mar são produzidas pela diferença de pressão atmosférica entre a terra e o mar. Durante o dia, a terra aquece mais rapidamente do que o mar e massas de ar quente ascendentes formam uma zona de baixa pressão sobre a terra, ocasionando a brisa marítima que avança até 50 quilômetros terra adentro.

À noite a terra esfria mais rapidamente – pois a água do mar demora mais a perder o calor recebido do Sol – e sobre ela forma-se uma zona de alta pressão atmosférica, causando a brisa terrestre que adentra 10 km a 20 km no mar.

A velocidade de propagação do incêndio florestal, de combustão simples, é resultante da conjugação da estrutura da vegetação, do vento e do relevo. O fogo propaga-se pelos combustíveis sobre a superfície do solo a uma altura média inferior a dois metros. Em combustão deflagradora, que ocorre em raros incêndios florestais, a propagação do fogo ocorre através das copas das árvores.

Sobre as savanas gramíneas o vento não é freado por nenhum obstáculo e avançará com máxima velocidade condicionado apenas pelo relevo. Porém, devido ao atrito nas gramíneas, sua velocidade não ultrapassará 60% da velocidade que tem, a 10 metros de altura. Freise (1936) fez medições fora e

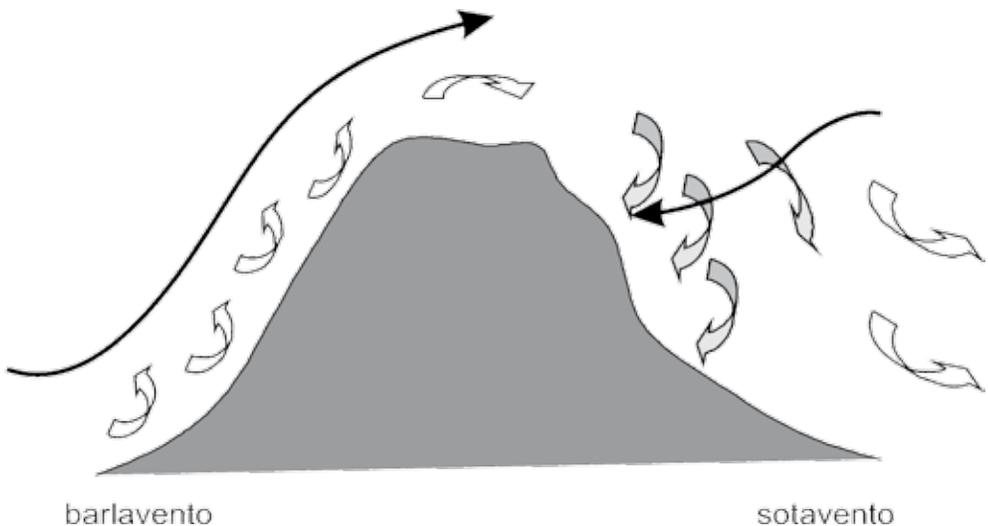
dentro de uma floresta na região Sul do Brasil, encontrando as seguintes médias da velocidade do vento:

- no campo, 150 metros antes do perímetro da floresta, o vento tinha uma velocidade de 2,3 m/s (8,28 km/h);
- 100 metros dentro da floresta a velocidade caiu para 0,5 m/s (1,8 km/h);
- 1.100 metros dentro da floresta a velocidade era imperceptível.

Os efeitos conjugados do vento incidente a 30° e o relevo inclinado somam-se intensificando a velocidade de propagação do incêndio por concentração da radiação e convecção na superfície inclinada. A incidência do vento na encosta das elevações cobertas de floresta tem mais capacidade de penetração do que na floresta existente na base dessas elevações. No topo das elevações a exposição dos combustíveis à ação do vento, convecção e radiação é ainda mais intensa.

Devido à maior velocidade do incêndio, quando está a favor do vento, a queima dos combustíveis com vento a favor das chamas terá características bastante diferentes da queima de combustíveis com chamas avançando contra o vento. Dependendo das características dos combustíveis, conjugadas com a ação do vento, a queima com chamas contra o vento será mais completa do que a queima com chamas a favor do vento. Porém, a frente do incêndio causará danos nos estratos vegetais mais altos devido à concentração da corrente convectiva forçada e da radiação.

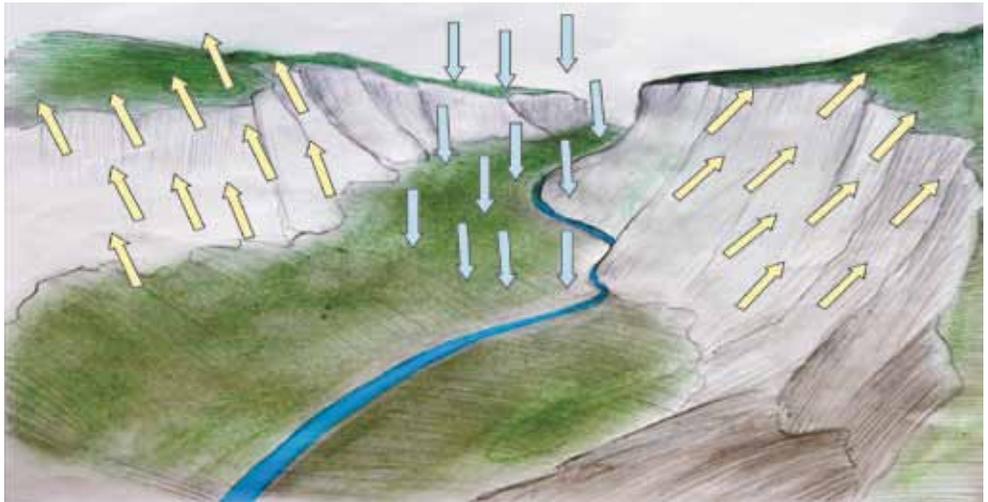
Efeito do vento de altitude em montanhas:



Ventos superficiais

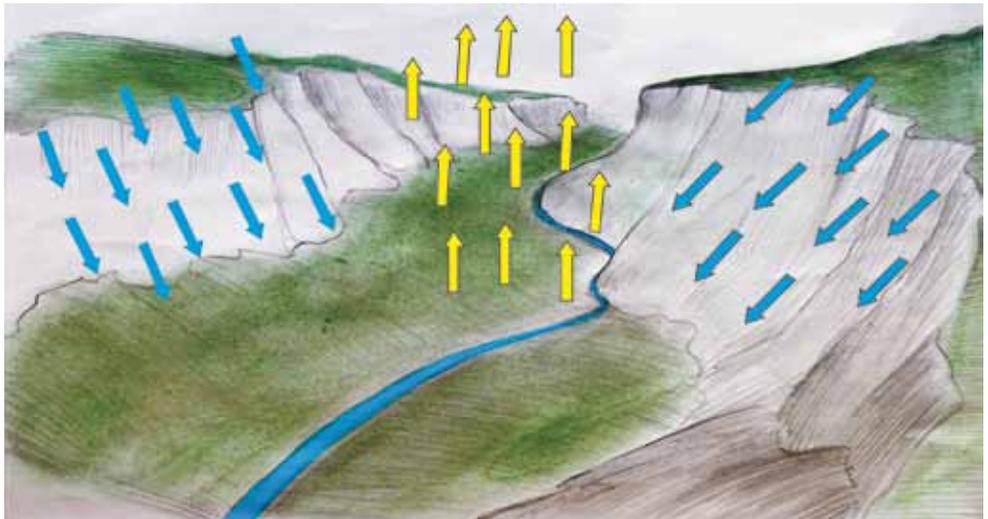
Ventos de vale sopram encosta abaixo, durante a noite, e encosta acima durante o dia.

Durante o dia, o ar quente sobe do fundo do vale pelas encostas enquanto o ar frio desce para a zona de baixa pressão atmosférica.

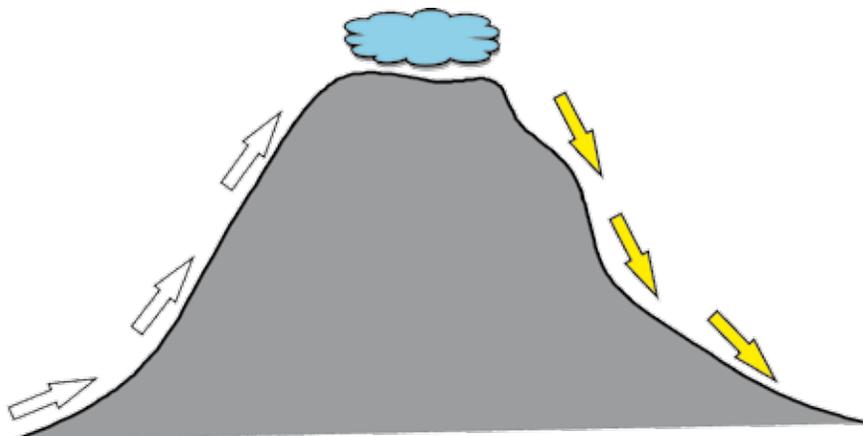


ar frio → ar quente →

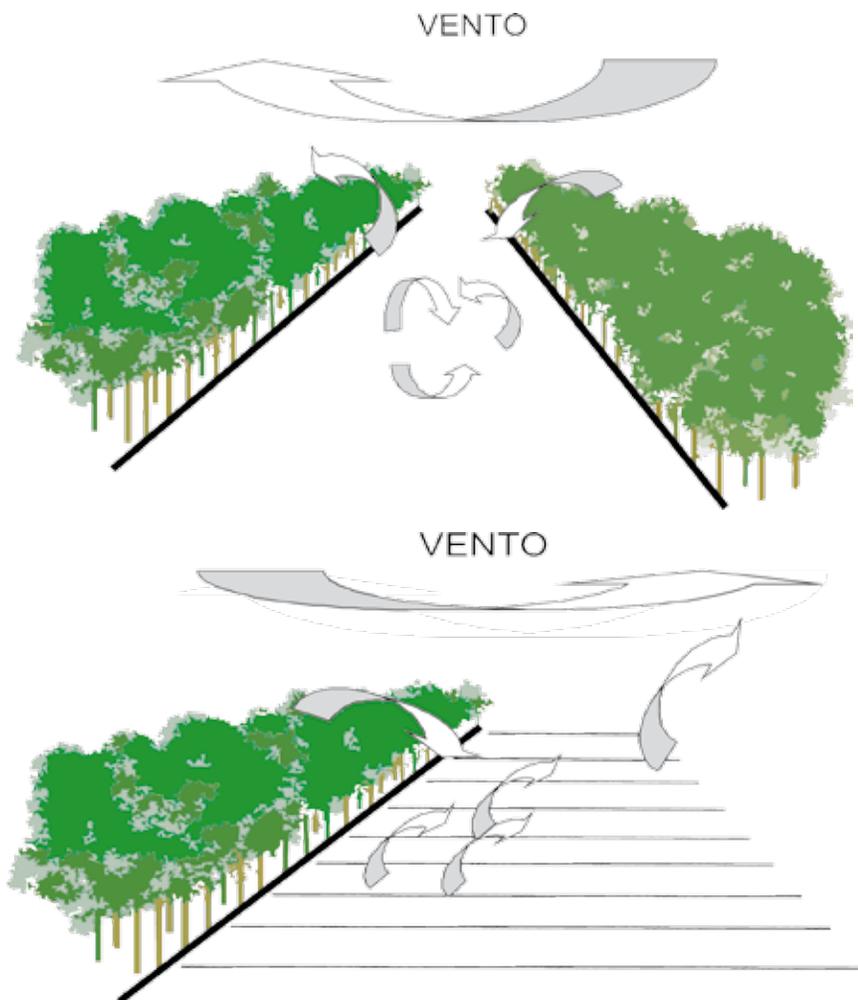
Durante a noite, o ar frio desce pelas encostas enquanto o ar quente sobe do fundo do vale.



Ventos de Foehn: o ar quente e úmido choca-se com uma grande serra e é obrigado a elevar-se. Sobe a barlavento dessa montanha e vai resfriando e saturando ao ganhar altitude e, ao chegar ao topo, forma nebulosidades orográficas. Ao descer a sotavento da serra o vento é quente e seco.



Ventos em áreas abertas entre florestas:



m/s	km/h
5	18
6	21,6
7	25,2
8	28,8
9	32,4
10	36
11	39,6
12	43,2
13	46,8
14	50,4
15	54
16	57,6
17	61,2
18	64,8
19	68,4
20	72

VELOCIDADE DO VENTO

Ventos com velocidade de 10 m/s

$$10 \text{ m} = 0,01 \text{ km}$$

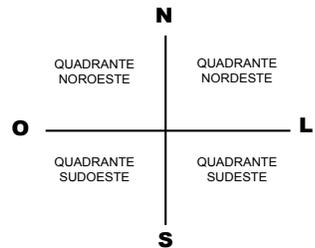
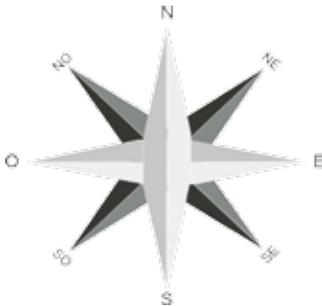
$$1 \text{ s} = 1/3.600 \text{ h}$$

transformando m/s em km/h

$$\frac{0,01}{\frac{1}{3.600}} = \frac{0,01 \times 3.600}{1} = 36$$

Ventos com velocidade de 10 m/s
são ventos com velocidade de 36 km/h

Simplificando: basta multiplicar a velocidade em m/s por 3,6 para se obter a velocidade em km/h



PONTOS CARDEAIS	SIGLAS	AZIMUTES CARDEAIS
norte	N	0
sul	S	180
este	E	90
oeste	O	270

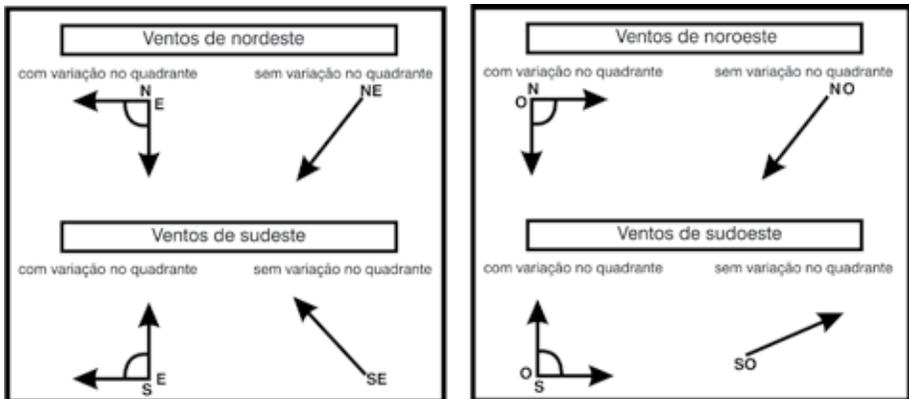
PONTOS COLATERAIS	SIGLAS	AZIMUTES COLATERAIS
nordeste	NE	45
sudeste	SE	135
sudoeste	SO	225
noroeste	NO	315

PONTOS SUB-COLATERAIS	SIGLAS	AZIMUTES SUB-COLATERAIS
nor-nordeste	NNE	22,5
lés-nordeste	ENE	67,5
lés-sudeste	ESE	112,5
su-sueste	SSE	157,5
su-sudoeste	SSO	202,5
oés-sudoeste	OSO	247,5
oés-noroeste	ONO	292,5
nor-noroeste	NNO	337,5

Os azimutes dos pontos cardeais, colaterais e subcolaterais são contados a partir do Norte, considerado 0°, expandindo-se no sentido horário. A unidade é expressa em graus.

A detecção da direção do vento é feita olhando para a origem do vento de modo a senti-lo com a mesma intensidade nas duas orelhas. Nessa posição estaremos olhando diretamente para a origem do vento, identificando a sua exata direção.

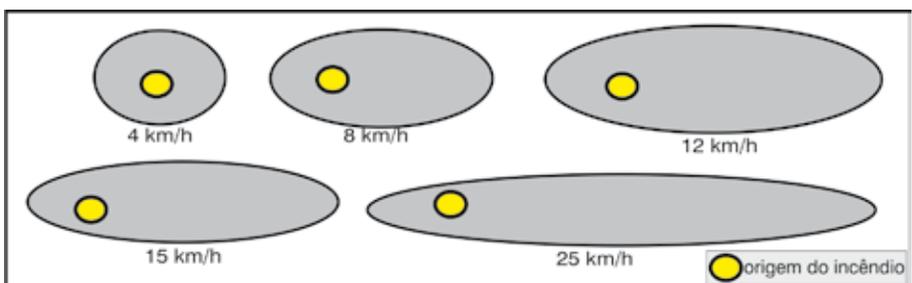
O sentido dos ventos deve ser representado, no croqui do laudo pericial, por vetores que apontam para onde o vento sopra. É suficiente a representação apenas dos pontos cardeais ou colaterais. Os pontos cardeais são representados apenas por um vetor com o sentido orientado para onde o vento sopra e caso haja variação de vento no quadrante, os pontos colaterais podem ser representados por dois vetores. Quadrante é um setor definido por segmentos dos eixos horizontal e vertical que fazem, entre si, um ângulo de 90°. A circunferência é dividida em quatro quadrantes de 90°.



4.6 - Geometria do incêndio florestal

A superfície afetada pela propagação do incêndio tem formas geométricas distintas em função dos fatores que interferem na propagação do fogo. Em uma área queimada muito extensa um vôo em grande altitude possibilitará definir a geometria do incêndio florestal, reduzindo o trabalho de investigação a uma área menor.

Nos incêndios em áreas planas, com combustíveis uniformes e contínuos, a propagação tenderá a uma forma circular que, sob a ação do vento, transformar-se-á em elipsoidal.



5 - INTENSIDADE DO INCÊNDIO FLORESTAL

AUMENTA COM	DIMINUI COM
maior volume de combustíveis leves	menor volume de combustíveis leves
predomínio da uniformidade dos combustíveis	predomínio de combustíveis não uniformes
continuidade horizontal dos combustíveis	descontinuidade horizontal dos combustíveis
combustíveis de seivas inflamáveis	combustíveis de seivas aquosas ou leitosas
menor conteúdo de umidade dos combustíveis	maior conteúdo de umidade dos combustíveis
aclives à frente do incêndio	declives à frente do incêndio
ventos fortes	ventos fracos
baixa umidade relativa do ar	alta umidade relativa do ar
alta temperatura atmosférica	baixa temperatura atmosférica

CAPÍTULO III - Investigação dos Incêndios Florestais

1. OBJETIVO, QUALIFICAÇÃO, PESSOAL E EQUIPAMENTOS

A investigação da causa de um incêndio florestal tem como objetivo localizar sua origem para determinar que tipo de ação o provocou. Assim, poderão ser identificadas as situações de risco e aplicadas medidas preventivas eficazes, além de instruídos os processos decorrentes de crimes ambientais.

A origem do incêndio é localizada por meio da leitura dos efeitos deixados pelas chamas durante a dinâmica desenvolvida em seu percurso. Tais efeitos mostram com clareza o sentido do incêndio florestal e a essa técnica foi dada a denominação de *método das evidências físicas*.

A localização da origem do incêndio permite a busca das provas materiais relacionadas à causa do incêndio. Tais provas, além do próprio dispositivo de ignição, incluem pegadas, rastos de pneus e objetos de uso pessoal esquecidos no local.

Evidências e provas materiais encontradas e conjugadas às declarações das testemunhas permitem:

- Reconstruir a dinâmica do incêndio florestal desde o seu início;
- Conhecer e classificar a causa que deu origem ao incêndio florestal;
- Indiciar o autor do incêndio, relacionando os fatos com as provas e os depoimentos.

A investigação do incêndio florestal é um processo minucioso cuja característica principal é a objetividade, como base, a identificação das diferentes configurações de queima deixadas pelas chamas em materiais combustíveis e não-combustíveis.

Mesmo que ocorram situações em que a investigação pareça tediosa, demorada e sem solução, deve-se persistir sem deixar que as pressuposições, propriedade do subjetivo, sobreponham-se à característica principal do trabalho de investigação. Somente os fatos equacionarão o problema de encontrar a origem do incêndio, a sua causa e indícios do autor.

A equipe que realizará as investigações terá que ser formada por, no mínimo, dois³ investigadores, cujas funções serão:

- Localizar e investigar detalhadamente a área de origem do incêndio florestal, em busca de provas materiais, registrando evidências que configurem através de fatos o dispositivo aplicado e classificar a causa determinante especificando-a conforme as evidências constantes nas tabelas de indicadores de ignição;

³ Art. 159, Cap. II - Código de processo penal.

- Registrar informações transmitidas pelo pessoal que combateu o incêndio e por testemunhas; anotar todas as características da região, tais como: propriedades envolvidas, costumes comunitários, existência de atividades de risco, relevo, vegetação, cursos d'água, áreas de proteção ambiental, práticas agrossilvopastoris adotadas, impactos ambientais e as coordenadas geográficas de importância para a composição do laudo pericial.

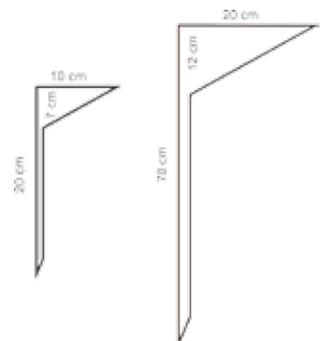
É imprescindível à investigação o conhecimento do comportamento dos incêndios florestais e dos vestígios causados pelas chamas nas diversas dinâmicas desenvolvidas em seu percurso. Quanto à característica pessoal, é fundamental a capacidade de observação espacial, o domínio das tensões e ansiedades possíveis de acontecer tanto em situações de conflito como em situações de conclusões contraditórias e confusas durante o trabalho. A prática em combate a incêndios florestais possibilita a formação de excelentes investigadores.

As decisões adotadas na investigação deverão ser registradas e fundamentadas nas seguintes características:

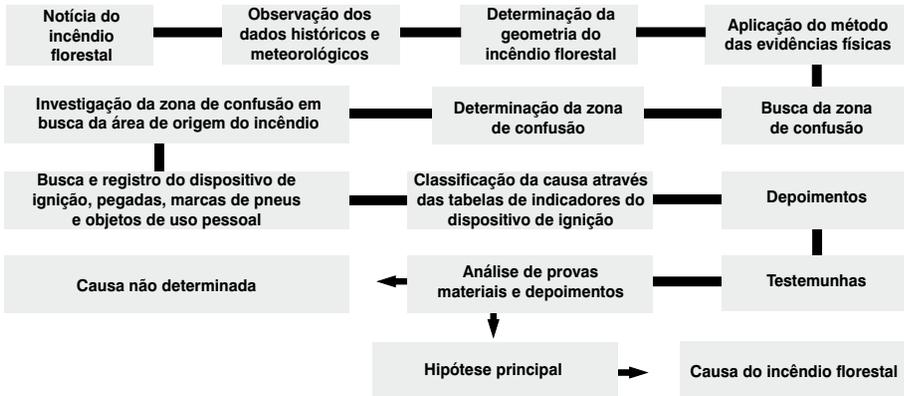
- Legível – escrita simples e objetiva para evitar interpretações duvidosas.
- Sintética – frases curtas evitando prolixidades que possam confundir a leitura.
- Descritiva – utilizar palavras que descrevam com a máxima exatidão o que se quer transmitir; convém anexar um croqui ou mapa para maior esclarecimento.
- Exata – anotações relativas à hora, data, avisos, nomes, lugares, descrições de veículos e propriedades, condições atmosféricas, etc., devem ser exatas e, quando necessário, referenciadas em croqui.
- Imparcial – nunca deixar que opiniões e conclusões pessoais irrefletidas sobreponham-se à objetividade, característica fundamental da investigação; as anotações jamais deverão conter opiniões precipitadas que, geralmente, resultam da ânsia em concluir um trabalho e das tensões dos momentos confusos. É fundamental ter consciência de que as informações produzidas pelo trabalho de investigação poderão ser utilizadas em processos judiciais e, portanto, há que se identificar com imparcialidade todas as evidências e características observadas.

EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA DOIS INVESTIGADORES	QUANTIDADE
Bandeirolas grandes, cor amarela, para sinalização dos indicadores de queima	10
Bandeirolas pequenas, cor amarela, para sinalização na zona de confusão	10
Aparelho de sistema de posicionamento global (GPS)	1
Clinômetro (para medir a inclinação do relevo)	1
Lupa com aumento de 2 ou 3 vezes	2
Trena metálica de 3 m com lâmina larga milimetrada amarela e grafia em cor preta	2
Câmara fotográfica de filme com <i>flash</i>	1
Câmara fotográfica digital com <i>flash</i> para captura de imagens para fins didáticos	1
Rebatedor de luz solar para fotografias onde a incidência luminosa é deficiente	1
Bússola	2
Cordão ou barbante (rolo médio)	1
Imã de grande potência	2
Pinça média (15 cm)	2
Espátula média (lâmina de 8 cm)	2
Luvas cirúrgicas (par)	2
Faca	2
Sacos plásticos para guardar dispositivos grandes	6
Caixa de papelão (20x10 cm) com algodão para dispositivos pequenos e frágeis	2
Mochila de 15 litros com cinta larga de apoio (barrigueira).	2
Equipamentos de proteção individual	2

Bandeirolas de sinalização para orientar indicadores de queima apontando no sentido da origem do incêndio. Devem ser construídas em material metálico, leve e resistente, que possibilite fácil transporte em longas caminhadas.



2. PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO



2.1 - Notícia do incêndio florestal

Anotar a data e a hora do recebimento da comunicação sobre o incêndio, os dados e o endereço da instituição ou pessoa que forneceu a informação.

2.2 - Observação dos dados históricos e meteorológicos

Localizada a área de ocorrência do incêndio, verificar a existência de dados históricos de incêndios, suas causas, existência de costumes locais relacionados ao uso do fogo, trânsito de pessoas, acessos, estradas, desvios, rodovias, ferrovias.

Também devem ser anotadas as modificações na área devido à primeira ação da brigada de combate a incêndios e, posteriormente, confirmar essas anotações com a brigada.

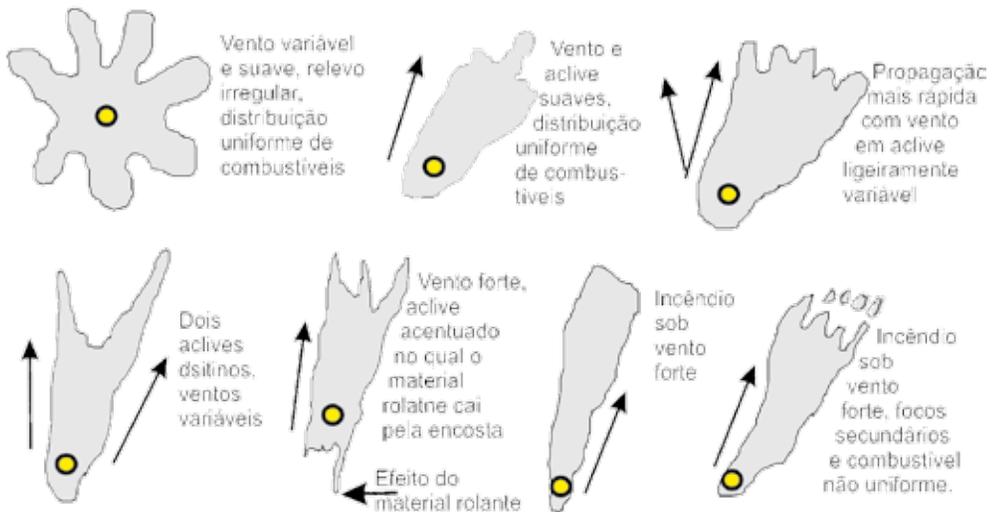
Ao chegar ao local do incêndio os investigadores deverão identificar pessoas e veículos que se encontram nas proximidades do incêndio. É fundamental selecionar as pessoas que possam testemunhar, fazendo uma análise do caráter e comportamento delas na sociedade em que vivem.

2.3 - Determinação da geometria do incêndio florestal

Na investigação de área queimada com dimensões razoáveis, o procedimento, antes de ultrapassar o perímetro do incêndio em busca dos indicadores de queima, é circundá-la observando os sentidos dos últimos indicadores marcados pelas chamas para determinar, com certeza, a frente do incêndio e, em seguida, entrar caminhando em zigue-zague em busca de indicadores de queima.⁵

Quando a investigação for realizada em um incêndio de grande extensão, somente visível em sua totalidade pelo uso de uma aeronave, é necessário delimitar em coordenadas geográficas a área provável da origem do incêndio, restringindo, assim, o campo de investigação.

Modelos geométricos de propagação dos incêndios florestais:



3. APLICAÇÃO DO MÉTODO DAS EVIDÊNCIAS FÍSICAS

A leitura e a interpretação dos efeitos causados pelas chamas nos materiais combustíveis e não-combustíveis permitirão a composição da dinâmica do incêndio florestal e a consequente detecção do objeto que foi causa de ignição na área de origem.

Os efeitos causados pelas chamas em materiais combustíveis e não combustíveis são denominados indicadores de queima. Chamas fracas causarão efeitos de pouca visibilidade. Com o aumento das condições favoráveis de vento, relevo e combustível, e os consequentes efeitos de radiação e convecção, os indicadores de queima tornar-se-ão mais evidentes. Indicadores de queima são os efeitos causados pelas chamas nos materiais combustíveis e não-combustíveis.

Portanto, quanto mais próximos da origem do incêndio menos visibilidade terão tais indicadores, apesar de estarem presentes em todo o percurso, nas diferentes etapas da dinâmica desenvolvida pelo incêndio, desde a deflagração do dispositivo de ignição até a formação da frente do incêndio – da origem à extinção.

Analisando as evidências deixadas pelas chamas, definem-se a direção, o sentido, a intensidade calórica e a velocidade de propagação do incêndio florestal. A correta interpretação dos efeitos das chamas permite localizar a origem do incêndio, objetivo fundamental desse processo de investigação e, nesse ponto, o dispositivo que causou a ignição. Nas proximidades do dispositivo de ignição poderão ser encontrados objetos, rastos de veículos e pegadas que permitam indiciar um suspeito. Portanto, sempre se deve buscar a maior variedade possível de indícios completos e distintos para configurar uma investigação confiável.

As evidências produzidas pela propagação do incêndio florestal estão contidas nos seguintes indicadores de queima:

- 1 - Grau de danos;
- 2 - Padrão de queima;
- 3 - Cor das cinzas;
- 4 - Combustível protegido;
- 5 - Carbonização superficial;
- 6 - Carbonização profunda;
- 7 - Congelamento de galhos finos e folhas;
- 8 - Mancha de fuligem;
- 9 - Caule de gramínea.

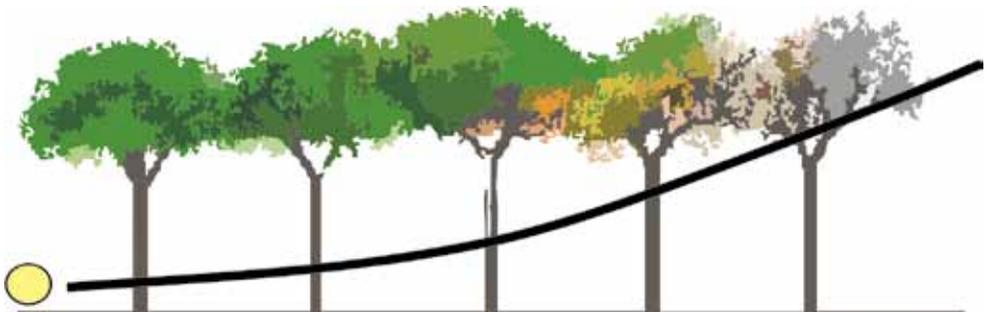
Padrão de queima, combustível protegido, carbonização superficial e caule de gramínea formam o conjunto mais importante de indicadores de queima a serem investigados na área próxima à origem do incêndio.

3.1 - Grau de danos

Grau de dano é o volume de matéria vegetal afetada pelo incêndio. O dano nos vegetais é pequeno nas proximidades da origem do incêndio, porém, assim que ele inicia a sua dinâmica, adquirindo as características definitivas de incêndio, propagando-se sob o efeito do vento superficial dominante, relevo e combustíveis, intensificando-se em interação com a radiação e convecção, aumentam rapidamente os danos causados pela queima.

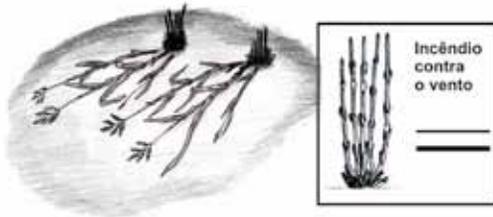
Na proximidade de sua origem o fogo produz temperaturas relativamente baixas, porém ao se afastar de sua origem, intensificam-se os efeitos que aquecem, desidratam e queimam os combustíveis em diferentes alturas, atingindo as copas das árvores.

Em geral, o grau de danos indicará o sentido da propagação e o comportamento do incêndio, mas não a localização da origem do incêndio.

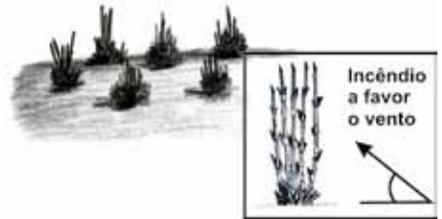


3.2 - Padrão de queima

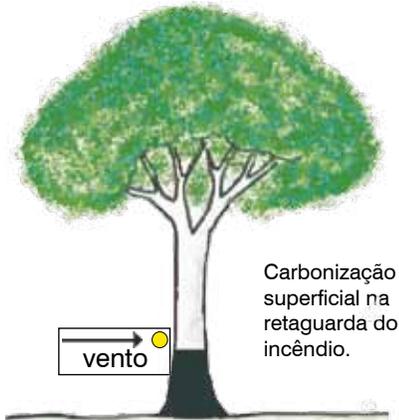
Cada tipo de vegetação arde de forma específica em função da intensidade que sobre ela agiram as chamas. Examinando os padrões de queima, é possível detectar num incêndio evidentes desigualdades de queima em um mesmo tipo de combustível, com igual estado vegetativo. Tais desigualdades ocorrerão nas áreas onde as chamas manifestar-se-ão de maneiras diferentes. Produzidas pelas variações de intensidade das chamas, tais desigualdades, muitas vezes, poderão indicar a origem do incêndio.



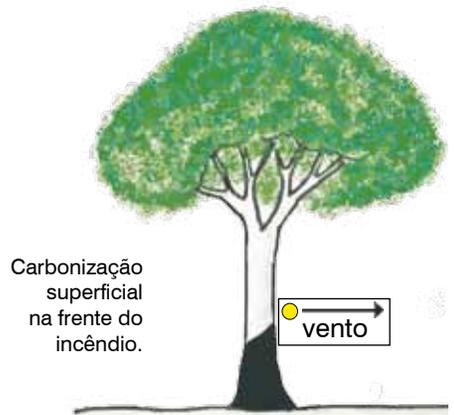
Gramíneas queimadas na retaguarda do incêndio.



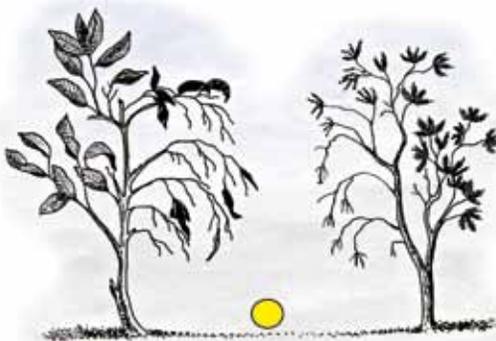
Gramíneas queimadas na frente do incêndio.



Carbonização superficial na retaguarda do incêndio.



Carbonização superficial na frente do incêndio.



Congelamento de galhos finos e folhas na origem do incêndio.



Congelamento de galhos finos e folhas na frente do incêndio.

3.3 - Cor das cinzas

Em geral, um incêndio tem a característica de produzir cinzas mais claras na frente do que na retaguarda do incêndio. Quando isso ocorre é devido à ação conjunta da radiação e da convecção, atuando como agentes dessecatadores dos combustíveis adiante do incêndio. As chamas, ao alcançarem o combustível dessecado, realizam as etapas de combustão subseqüentes, transformando-o em cinzas claras por se suceder a combustão completa em todas as suas fases, preaquecimento, combustão de gases e combustão do material lenhoso.

No entanto, se os combustíveis tiverem umidade ou vigor vegetativo que necessitem de maior energia térmica que a recebida por radiação e convecção, suas queimas serão incompletas e, independentemente da posição em que estejam no campo do incêndio, terão cinzas escuras.

A cor das cinzas também pode ser um indício importante quando se busca evidência do dispositivo de ignição, pois, por ter em si uma permanência maior das chamas (no caso de tochas) ou mesmo por submeter-se, além de sua própria queima, à influência da queima dos combustíveis em seu redor, o dispositivo poderá ter cinzas claras, contrastando com as cinzas mais escuras da área que o circunda. As características dos combustíveis também têm influência na cor das cinzas, independentemente da posição no incêndio.

Um amontoado de gramíneas que se faça para provocar ignição do incêndio terá as suas cinzas mais escuras do que as cinzas de gramíneas atingidas pelas chamas, pois o amontoado compactado sobre o solo terá uma relação superfície/volume menor.

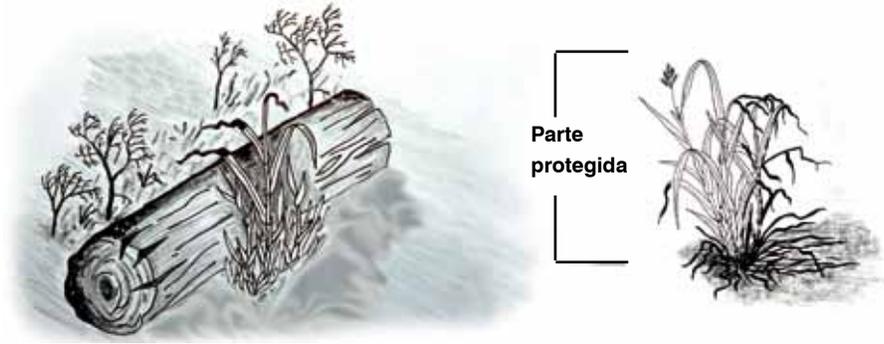
Gramíneas com umidade ou vigor vegetativo que queimam com o vento contra o sentido de propagação das chamas podem ter carbonização completa, porém a combustão não será completa e suas cinzas terão cor preta.

3.4 - Combustível protegido

Esse indicador fica mais evidente ao ser formado por chamas de baixa a média intensidades em combustíveis com um mínimo de vigor vegetativo que possam ter uma resistência inicial à queima total. É um indicador importante.

Portanto, nas proximidades da zona de confusão os combustíveis protegidos podem ser localizados com mais facilidade, mas não somente nessa área eles serão visíveis, pois detrás de um material não-combustível, ou de combustão lenta, tal como um tronco de árvore, ao longo do percurso do incêndio, eles também poderão ser encontrados apesar de, nessas circunstâncias, sofrerem a ação das chamas sob o efeito do turbilhonamento a sotavento do material protetor.

O material protetor apresentará uma queima homogênea com cinzas mais claras, na parte em frente ao sentido do fogo (parte a barlavento), e uma queima heterogênea, incompleta, com cinzas mais escuras na parte a sotavento. Após observar e identificar o conjunto que compõe esse indicador, removendo cuidadosamente o material protetor, no caso de tronco, podem ser vistas com maior clareza essas duas faces distintas no solo.



3.5 - Carbonização superficial

Esse indicador de queima é uma evidência costumeira em troncos de árvores e arbustos e permanece aí por muitos anos. Pode ocorrer também em cupinzeiros e materiais que se oponham ao sentido de progressão das chamas, desde que tenham forma geométrica e tamanho adequados para causar turbilhonamento. Ao passarmos o dorso do dedo na face a sotavento perceberemos uma sensação de maciez e, a barlavento, uma sensação de aspereza. Essa sensação indicará que a carbonização é recente.

O processo de formação da carbonização superficial ocorre da seguinte maneira:

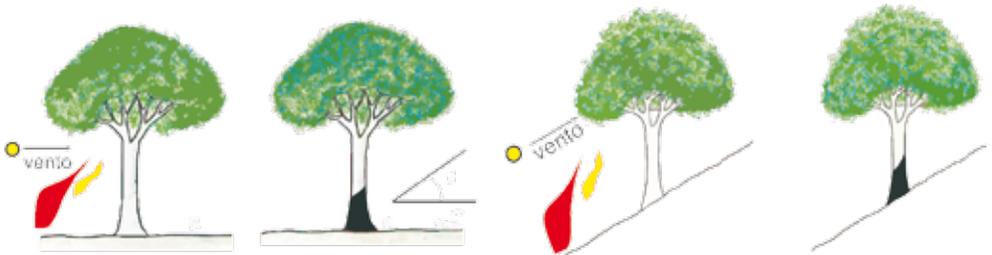
Nas proximidades de sua origem, sob convecção de baixa intensidade, as chamas deixam marcas de expansão basicamente por radiação e o perímetro terá a forma circular tendendo a elipsóide. Assim, os caules em redor da origem do incêndio poderão ter marcas de carbonização de mesma altura.

Se houver vento ou relevo ascendente as chamas inclinadas marcarão mais os caules que se encontram a sua frente. A partir daí a progressão da queima produzirá o aquecimento do ar que dará início à corrente convectiva.

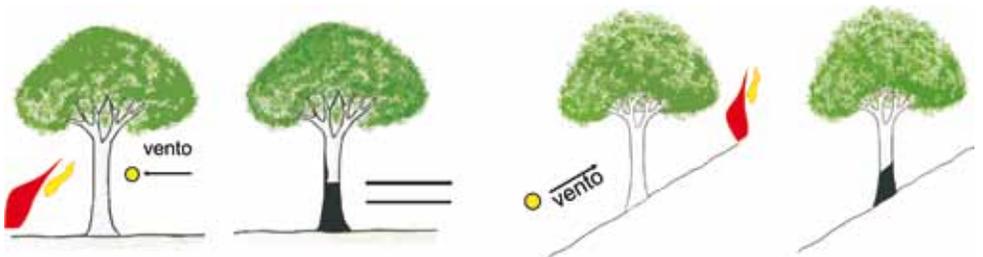
Formada a corrente convectiva, o fluxo de ar quente à frente das chamas, ao encontrar uma árvore, bifurca-se e causa a sotavento um turbilhonamento, impulsionando as chamas para cima e produzindo uma carbonização mais alongada que a barlavento.

O prolongamento da carbonização superficial sempre fica a sotavento. A situação do indicador de carbonização superficial – se o incêndio é contra ou a favor do vento – é definida pela linha de carbonização situada na base do prolongamento. Em incêndio contra o vento, ela é paralela ao solo e a favor do vento e forma um ângulo com o solo.

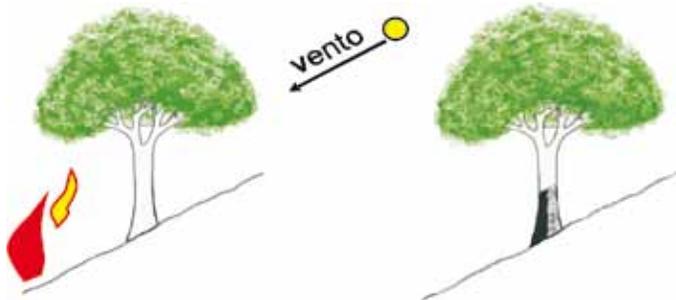
Quando o incêndio se propagar com o vento a favor em relevo plano ou em relevo ascendente, a linha de carbonização incidirá em ângulo em relação ao solo.



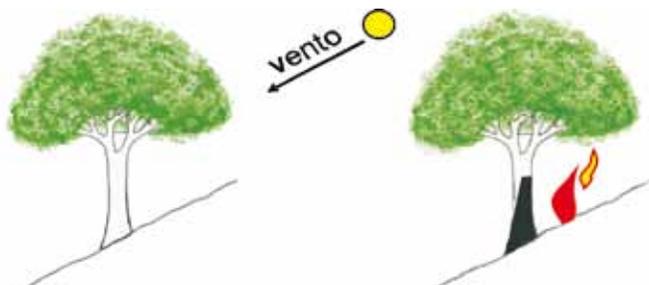
Quando o incêndio se propagar contra o vento em relevo plano ou em relevo descendente, a linha de carbonização será paralela ao solo.



Quando o incêndio se propagar contra o vento, em relevo ascendente, a linha de carbonização será paralela ao solo. Porém, a carbonização terá intensidade menos acentuada, em sentido vertical, na face a barlavento do caule.



Quando o incêndio se propagar a favor do vento, em relevo descendente, a carbonização será paralela ao solo na face de barlavento e em ângulo com o solo na face de sotavento.



3.6 - Carbonização profunda

A incidência contínua das chamas em um combustível pesado, que pode ser mais enérgica sob influência de forte fluxo de ar, causa carbonização profunda na face a barlavento formando placas negras e brilhantes, semelhantes a escamas, que permanecem por muitos anos. Essa evidência é bastante visível em postes, cercas e outros combustíveis em posição vertical e também em galhos e troncos ao solo na área do incêndio.

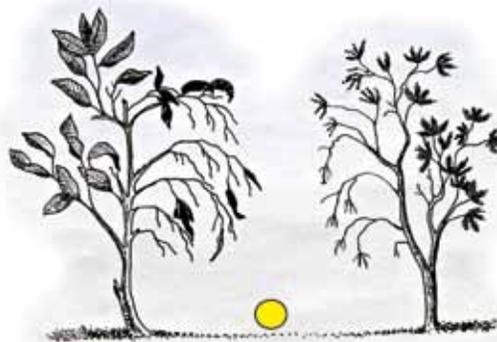


3.7 - Congelamento de galhos finos e folhas

A convecção transmite calor às folhas e aos galhos finos causando o amolecimento dos tecidos vegetais, submetendo-os à flexão induzida pelo vento. Após a passagem da frente do incêndio, ainda sob ininterrupta atuação do vento, galhos e folhas perdem o calor transmitido pela convecção, esfriando-se, tornam-se rijos mantendo-se curvados para o sentido que o vento sopra, que é o sentido de progressão do incêndio.



As chamas de pouca intensidade de transmissão de calor, típicas da origem do incêndio ou da área próxima, farão com que as folhas e os ramos os finos dos vegetais mais próximos se curvem e fiquem “congelados” na direção do solo no sentido das chamas. Essa forma de congelamento pode ocorrer também em locais onde o incêndio perde temporariamente a velocidade de propagação em razão de vento insuficiente, da passagem por área protegida contra o vento ou da descontinuidade de combustíveis.



3.8 - Mancha de fuligem

A fumaça é constituída de partículas de carbono, aerossóis, compostos orgânicos voláteis, vapor d'água, fuligem e outras dezenas de componentes. A fuligem compõe-se de diminutas partículas de carbono agregadas a outros componentes e é resultante da combustão incompleta, principalmente em áreas com grandes volumes de combustíveis, compactados sob chamas de rápida propagação. A fuligem propaga-se na fumaça sob a força do vento e do movimento convectivo e se deposita de maneira mais visível nas superfícies dos materiais não-combustíveis. Ao entrar em contato com obstáculos de menor temperatura adere neles, manchando-os de cor preta ou de aspecto queimado.

Esse indicador de queima é encontrado em arames de cerca, pedras, cupinzeiros, troncos, paredes, garrafas e outros materiais cujas superfícies encontram-se diretamente opostas ao sentido de propagação do incêndio.

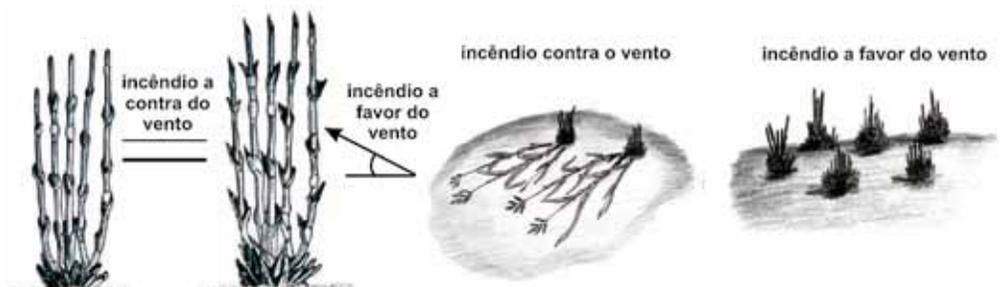


3.9 - Caule de gramínea

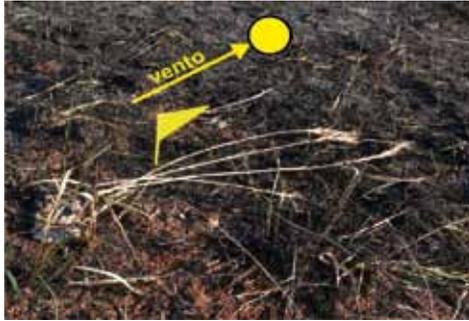
Uma fonte de calor afeta os caules de gramíneas causando a perda do vigor vegetativo, queimando-os e fazendo com que se verguem voltados para as chamas. Esse indicador permite identificar a intensidade das chamas e o sentido de propagação do incêndio. Os caules de gramíneas são evidências muito importantes e reveladoras.

As gramíneas apresentam as seguintes reações em função do comportamento do incêndio florestal:

- Na origem do incêndio os caules sob a ação da radiação perdem o vigor vegetativo e tombam ou vergam voltados para a origem do incêndio;
- Ao definir sua dinâmica de propagação o incêndio avança a favor do vento queimando as gramíneas cujos caules são seccionados de forma oblíqua devido ao ângulo de avanço das chamas e à sua relação com o solo. As partes das folhas e dos caules que, por eventualidade, não foram queimadas, tombam voltadas à origem das chamas. Caules de gramíneas seccionados por chamas de propagação contra o sentido do vento terão suas extremidades com o aspecto arredondado ou reto, não formando ângulo em relação ao solo. Ao passarmos o dorso do dedo suavemente a sotavento nas extremidades de um caule, ou, para mais fácil percepção, num feixe de caules queimados, perceberemos uma sensação de maciez e, a barlavento, uma sensação de aspereza;



- c) Gramíneas com caules seccionados tombadas sobre cinzas, com caule e folhas incólumes são características de área queimada com incêndio contra o vento e, em algumas circunstâncias, de áreas dos flancos do incêndio.



4. DA ZONA DE CONFUSÃO

Zona de confusão é o termo com o qual se designa a área situada entre a frente e a retaguarda do incêndio. Nessa área os componentes da propagação do incêndio florestal estão iniciando uma reação em cadeia para que a dinâmica do incêndio seja definida. Os movimentos do incêndio, ainda não intensos, formam indicadores de queima de difícil visibilidade e, se o investigador proceder sem refletir, ficará hesitante diante da complexidade dessa área.

Caminhando na área queimada pela frente do incêndio identificaremos os indicadores de queima marcados sob a ação das chamas que se propagaram com vento a favor. Avançando no sentido que tais evidências indicam para a origem do incêndio, chegaremos a uma área em que a leitura dos indicadores torna-se mais difícil por terem sido menores as influências da radiação e convecção.

Rodeando essa área de aspecto confuso identificaremos, em seu lado oposto à frente do incêndio, indicadores de queima marcados sob a ação das chamas que se propagaram contra o sentido do vento. Nessa área a desigualdade do padrão de queima num mesmo tipo de vegetação, em função de sua posição geográfica no incêndio, define a proximidade da origem do incêndio⁴.

Assim, quando vegetais de mesma espécie e estados vegetativos mostram reações distintas em relação às chamas, chega-se à conclusão que a propagação das chamas nesse incêndio teve sentidos diretamente opostos entre si. Estamos então diante da zona de confusão. Dentro dela está a origem do incêndio.

⁴ Pode haver semelhança de queima entre os indicadores de caules de gramíneas situados nos flancos e na retaguarda do incêndio. Outros indicadores terão aspectos de semelhança, no entanto, contrapondo tais características com a geometria do incêndio é possível entender a causa dessa semelhança, pois nos flancos do incêndio o vento atuando em sentido oblíquo à propagação das chamas muitas vezes configura o tombamento de gramíneas, de forma semelhante à queima com o vento oposto ao sentido das chamas.

De modo geral, a zona de confusão costuma ter aparência de um aglomerado de vegetais como se fosse um espectro da vegetação ali existente. Distingue-se claramente do restante da área incendiada por conter maior concentração de vegetação, parcialmente desfigurada, cujas espécies apresentam suas partes tênues (galhos finos, brotações e folhas) numa mescla de verdes, dessecadas, chamuscadas e carbonizadas, em razão da baixa intensidade das chamas.

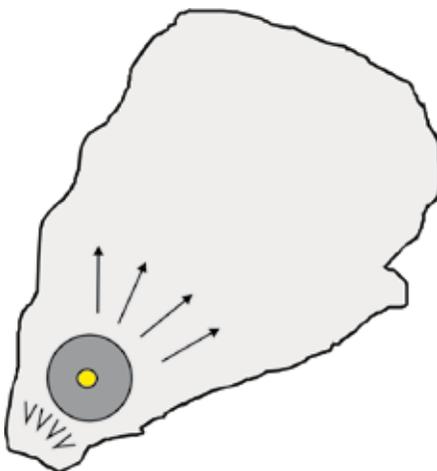
Na retaguarda, a queima secciona as gramíneas, deixando suas partes não queimadas tombadas sobre as cinzas que antecederam a sua derrubada. Em outras circunstâncias, com porte baixo e o adensamento populacional, mesmo verdes, sob incêndio de lenta progressão, tornam-se totalmente carbonizadas, não restando, às vezes, nenhum vestígio de verdor. Hastes de gramíneas tombam voltadas para a origem do incêndio, restando muito material combustível parcialmente carbonizado. De modo predominante, a radiação foi a impulsora da dessecação dos vegetais.

Na frente do incêndio, ocorre uma área em que a manifestação violenta das chamas estendeu um tapete de cinzas mais claras sobre o solo, onde restos de plantas mais resistentes compõem uma extensão consumada.

4.1 - Delimitação da zona de confusão

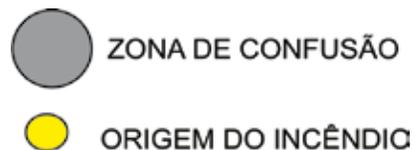
Discernida a zona de confusão do restante da área queimada, cuja dinâmica foi causada por forças mais intensas de radiação e de convecção, há que protegê-la contra a entrada de qualquer pessoa ou animal. Apenas os investigadores poderão ingressar nessa área de provável localização do dispositivo de ignição. Usando um barbante, circunda-se a zona de confusão e secciona-se a área em segmentos paralelos com largura de 60 a 80 centímetros.

A investigação, em cada segmento, será feita por apenas um investigador, utilizando bandeirolas de menor tamanho e uma régua ou vara da largura do segmento para orientar a progressão do trabalho.



A zona de confusão fica visível através da investigação das áreas que evidenciam propagações contrárias ao incêndio florestal.

Essas áreas ficam em posições diretamente opostas entre si. São a frente e a retaguarda do incêndio.



4.2 - Investigação da zona de confusão em busca da área de origem do incêndio

Inicia-se nessa etapa uma investigação mais detalhada do que a anterior. Os indicadores de queima apresentam-se de modo pouco perceptíveis. Na busca das evidências nessa área deverá ser usada a lupa para a observação de indicadores de queima em pequena escala. A investigação nessa área não pode ser precipitada. Para se obter uma perspectiva que possibilite melhor equacionamento da zona de confusão, deve-se observá-la antes de entrar nos seus segmentos. Tal observação deve ser ponderada sem deixar que a incerteza, que envolve esse momento, induza a conclusões antecipadas.

Ao analisar um segmento o investigador avança no sentido que os diminutos indicadores de queima apontam para a origem do incêndio. No entanto, caso chegue a uma situação de difícil resolução devido à impossibilidade de definição de indicadores de queima, a investigação deverá ser retomada pela outra extremidade do mesmo segmento. Há possibilidades dessa área de difícil resolução conter o dispositivo que deu início ao incêndio. Esse procedimento deve ser adotado em todos os segmentos. Somente após analisar todos os segmentos o investigador poderá configurar a área de origem do incêndio. A divergência de sentidos entre os diminutos indicadores de queima, tal como no processo utilizado para encontrar a zona de confusão, indica uma área onde uma minuciosa investigação necessita ser feita, pois nela pode estar o dispositivo de ignição que originou o incêndio.

4.3 - Busca e registro do dispositivo de ignição, pegadas, marcas de pneus e objetos pessoais

Dispositivos de ignição, pegadas e marcas de pneus constituem provas materiais. Há dispositivos como palitos de fósforo e restos de cigarros de artefatos de ação retardada, frágeis devido ao processo de carbonização, que os transformam em peças quebradiças que se tornam cinzas ao menor esbarrão. Na busca por dispositivos de ignição o investigador muitas vezes terá apenas uma oportunidade, pois a fragilidade de certos dispositivos depois da queima não admite descuidos. Portanto, paciência e cuidados rigorosos na investigação da zona de confusão são condições inquestionáveis.

Na remoção das cinzas que cobrem essa área não se deve usar graveto, pois ao menor contato dele com palitos de fósforo carbonizados ou cigarros queimados podem ser desfeitas todas as características do dispositivo ou do artefato montado para uma ação retardada. Nessa área usa-se o sopro para a remoção das cinzas que cobrem o local suspeito. O dispositivo, quando equacionado no quadro de indicadores de dispositivo de ignição, irá constituir a prova material.

Ao encontrar o dispositivo de ignição, deve-se registrar as coordenadas geográficas e não removê-lo antes de fotografar no mínimo em três perspectivas e planos diferentes. Deve-se igualmente fotografá-lo em uma escala de referência para registrar as suas dimensões. Outras fotografias serão feitas com o dispositivo em primeiro plano e imagens de acidentes geográficos, construções ou algo que consolide a prova material em segundo plano. Essas fotografias têm o objetivo de atestar a autenticidade da investigação. As fotografias devem ser feitas com câmera de filme e câmera digital. Na impossibilidade de registrar em uma só imagem, o dispositivo e a referência que lhe ateste autenticidade, devem ser feitas fotografias

da área em que foi encontrado, em diferentes aproximações, até chegar a uma que possibilite envolver a área do dispositivo e a referência que se quer.

O preparo para recolher impressões de pegadas e marcas de pneus exige uma limpeza cuidadosa dos detritos que possam desvirtuar a qualidade do molde sem que essa remoção cause a mínima afetação nas impressões deixadas. Se houver necessidade de reter a solução de gesso, no caso de um terreno inclinado, circunda-se a depressão causada pela impressão com um contorno feito de qualquer anteparo. Derrama-se então a solução de gesso lentamente, de forma que escorra com suavidade, pela impressão, sem danificá-la. Para esse trabalho usar o material especificado como gesso pedra tipo 3, cujas instruções de uso estão grafadas na embalagem.

Objetos de uso pessoal, pegadas e marcas de pneus são provas materiais. Se encontrados dentro ou próximos da área incendiada devem ser registrados através de fotografias, da mesma forma que os dispositivos de ignição, e estudadas as possíveis correlações com o incêndio florestal.

Após o registro das coordenadas e das fotografias, as provas devem ser recolhidas com máximo cuidado utilizando-se espátula ou pinça e, se frágeis, acondicionadas sobre algodão dentro de caixas de papelão. Provas que necessitem de menores cuidados ao serem transportadas podem ser acondicionadas em sacos plásticos. Os objetos susceptíveis a impressões digitais não deverão ser tocados com mãos sem luva para que sejam preservadas possíveis impressões digitais existentes, no caso de conseqüente inquérito policial. Manter a inalterabilidade das provas materiais e testemunhais é fundamental a uma investigação irrepreensível.

4.4 - Dispositivos de ignição



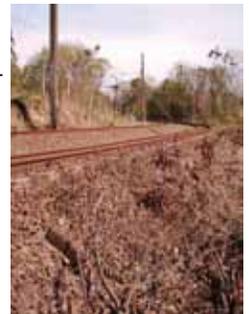
Raio.
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros - GO.



Tocha de capim.
Entorno do Parque Nacional da Serra da Canastra - MG.

Sapata de freio de trem.

Entorno da Floresta Nacional de Ipanema - SP.





Fragmentos de projétil de artilharia naval.
Ilha de Alcatrazes - SP.



Dispositivo de ação retardada montado com cigarro e palitos de fósforo.
Curso de Investigação de Incêndios Florestais.

5. CLASSIFICAÇÃO DA CAUSA ATRAVÉS DAS TABELAS DE INDICADORES DE IGNIÇÃO

Tabelas de indicadores de ignição são o registro de uma série de evidências encontradas na área de origem do incêndio e em suas proximidades. Ajustando-se as evidências encontradas a uma dessas tabelas pode-se classificar a causa do incêndio florestal. Uma tabela indicadora de dispositivo de ignição tem como objetivo descrever os indícios que caracterizam uma atividade acontecida. Para que seja conclusiva há que se comprovar a existência dos mesmos indícios em diversos incêndios de mesma causa.

Durante a investigação, registrar todas as evidências encontradas na zona de confusão e proximidades para definir com confiabilidade a classificação da causa nas seguintes ações:

- 1 - acampamento ou atividade recreativa
- 2 - apicultura
- 3 - atividade ferroviária
- 4 - balão de festa junina
- 5 - caça de animais
- 6 - crianças
- 7 - foguete sinalizador
- 8 - combustão espontânea
- 9 - fumantes
- 10 - fogos de artifício
- 11 - incendiário
- 12 - linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão
- 13 - munição incendiária
- 14 - queima de resíduos agrícolas
- 15 - queima de lixo
- 16 - raio
- 17 - queima em trabalhos rurais
- 18 - rituais religiosos

ACAMPAMENTO OU ATIVIDADE RECREATIVA		
<p>Sob área sombreada com árvores frondosas. Local agradável e muito freqüentado. Proximidade de área com floresta. Marcas de pneus. Resíduos de cigarro. Grande quantidade de formigas em restos de comida. Restos de fogueiras muitas vezes contornadas por pedras. Montes de cinzas de churrasqueiras portáteis. Início do incêndio na parte da tarde ou ao anoitecer. Resíduos de atividade humana tipo embalagens ou tampas de garrafas. Galhos cortados.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
<p>Condução superficial ou subterrânea. Radiação Material incandescente. Fósforos</p>	<p>Recreação Fogueiras</p>	<p>Geralmente não hesitam em relatar</p>

APICULTURA		
<p>Presença de colméias na origem do incêndio. Marca no solo, geralmente circular, com diâmetro de 16 cm, feita pelo aparelho de fumigação⁵. Os trabalhos são realizados geralmente em horas de maior incidência solar. Cinzas e resíduos de gramíneas, lascas de madeira, serragem ou casca de arroz carbonizados no solo, provenientes de limpeza de aparelhos de fumar próximo à colméia. Pegadas de botas próximas à zona da confusão. Marcas de pneus nas proximidades.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
<p>Condutibilidade de resíduos incandescentes.</p>	<p>Colheita de mel Desinfecção de colméias atacadas por pragas.</p>	<p>Apicultores em geral são protegidos pelos vizinhos que preferem não denunciá-los.</p>

ATIVIDADE FERROVIÁRIA		
<p>As situações mais comuns são:</p> <p>1 - Lançamento de objetos igníferos por parte de passageiros - origem do incêndio associado aos horários de passagem do trem - Mais freqüente em ferrovias estreitas e de periferias urbanas - Geralmente apenas uma origem de fogo - Origem do incêndio no raio de ação do túnel de vento do trem.</p> <p>2 - Emissão de objetos igníferos pela locomotiva - Origem do incêndio associado aos horários de passagem do trem - Tem maior freqüência em trens cargueiros geralmente sobrecarregados - Origem do incêndio em locais de freagem habitual (relevo inclinado, curva, passagens de nível, estações ferroviárias) - Pedacos de sapatas de freio na origem do incêndio efetadas em estado incandescente em locais que necessitem o uso severo do freio (mais freqüente em relevo inclinado e curvas) - Origens de incêndio podem ocorrer dos dois lados da ferrovia, em geral, a menos de dois metros de distância dos trilhos.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
<p>Cigarro⁶ e outros objetos de ignição lançados do trem Faíscas. Sapatas de freio em estado incandescente.</p>	<p>Transporte.</p>	<p>Moradores próximos às ferrovias.</p>

⁵ No Brasil os aparelhos de fumigação mais utilizados têm esse diâmetro, porém existem outros de diâmetros menores.

⁶ Considerar a observação nº 11 da tabela de indicadores de ignição referente a fumante.

BALÃO DE FESTA JUNINA		
<p>Armação de arame com espessos resíduos de fuligem. Tecido grosseiro (aniagem) muitas vezes com queima incompleta, contendo resíduos de cera. Possíveis enfeites semicarbonizados.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Bucha de pano grosseiro embebido em cera	Festejo junino	Existem no caso do balão cair em área próxima a locais habitados

CAÇA DE ANIMAIS		
<p>Pegadas de animais silvestres em áreas agrícolas próximas. Danos causados por animais silvestres em áreas agrícolas próximas. Sinais de presença de animais silvestres nas proximidades (fezes, pegadas, marcas de unhas nas árvores ou escavações no chão). Proximidades de área de conservação da fauna, habitat ou frutos nativos dos quais se alimentam os animais silvestres. Placas de caça proibida arrancadas, especialmente se forem placas recentes. Cartuchos de arma de caça no solo. Trilhas de caça.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Fósforos Fogueiras	Caça	

CRIANÇAS		
<p>Proximidade de residências de crianças ou áreas onde costumam brincar. Proximidade de escolas. Caminho de passagem de crianças. Grande quantidade de fósforos na área de origem do incêndio. Indícios de várias fogueiras pequenas. Pegadas de crianças na área de origem do incêndio e em suas proximidades. Papéis queimados ou parcialmente queimados na área.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Fósforos Fogueiras Papéis	Brincadeiras	Adultos tendem a testemunhar, principalmente se tais brincadeiras forem hábito. Crianças que não participaram costumam revelar os acontecimentos ou costumes das crianças envolvidas.

FOGUETE SINALIZADOR		
Resíduo embranquecido com aspecto de porcelana e pó branco no local onde ardeu o foguete		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Foguete sinalizador	Sinalização	

FOGOS DE ARTIFÍCIO⁷		
<p>Fragmentos de papel no solo. Detonações sem que se possa determinar o local onde ocorreram. Romarias, festividades juninas, comemorações especiais. Resíduos de foguetes, varetas e fragmentos de papel. Linhas tênues de cinzas muito brancas e sutis no solo.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Parte incandescente do foguete	Lançamento de foguetes	Existem sempre e depende apenas da persistência do investigador.

INCENDIÁRIO⁸		
<p>Podem ou não ser encontrados dispositivos de ignição. Podem ou não ser encontrados de ação retardada⁹ ou aceleradores de combustão. Podem ou não existir várias origens de fogo. Mais freqüência nas horas quentes do dia. Se os incendiários forem crianças, as origens do fogo podem ser muitas e estarão próximas de locais habitados, em área onde as crianças costumam freqüentar, normal encontrar o dispositivo de queima que, no caso de fósforos, poderão ser muitos palitos.</p>		
Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Tocha Isqueiro Fósforo Dispositivos de ação retardada	Incendiar	Se os incêndios forem causados por crianças, os adultos tenderão a testemunhar

Incendiário impulsivo:

- Obedece a seus impulsos, não planeja a ação;
- Geralmente é acessível, disposto a prestar informações e auxiliar no combate ao incêndio;
- Não tem tempo para se afastar muito da área do incêndio, pois não costuma usar dispositivos de ação retardada;
- Usa materiais combustíveis disponíveis na área para causar a ignição do combustível;
- Motivação: vandalismo, conflitos mentais, encobrir crime, vingança, lucros de apólices de seguro, hábito de queimar (fazendeiros e indígenas que convivem com a civilização).

Incendiário reflexivo:

- Planeja e escolhe o local mais adequado para a rápida propagação do incêndio e onde pode instalar os seus dispositivos de ignição com calma e sem ser visto;
- Não se envolve com informações. Concentra-se em seus pensamentos e somente observa o incêndio e a atividade em volta;
- Aproxima-se da área do incêndio após algum tempo e somente se existirem outras pessoas na área;
- Sempre usam dispositivos de queima de ação retardada para causar ignição do combustível;
- Motivação: distúrbios mentais.

⁷ Em situações de pouca definição de evidências para essa tabela, é necessário examinar a tabela para incendiário.

⁸ Para evidenciar intencionalidade é necessário conhecer de que forma foi a atuação do incendiário, os dados históricos que estabeleçam relações entre o incêndio e a forma de atuação do incendiário e a manifestação de testemunhas.

⁹ Um artefato de ação retardada, montado com um cigarro e palitos de fósforos, proporciona um tempo de pelo menos 6 minutos para que o incendiário se afaste da área de origem antes que surjam as chamas. Artefatos montados com excremento seco de bovino, onde se inserem palitos de fósforo em uma extremidade e queima-se a extremidade oposta, causam incêndio horas depois de sua incandescência.

LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ALTA TENSÃO

Animais eletrocutados;
cabos elétricos caídos ao solo;
Buraco raso no solo devido à descarga elétrica;
Lascas em vegetais devido à descarga elétrica;
Lascas de madeira de troncos e galhos espalhados ao solo.

Linhas de transmissão de alta tensão representam um perigo potencial ao pessoal de combate a incêndios.

Os cabos condutores de energia das linhas de transmissão são instalados a uma altura compatível com o nível de tensão que conduzem. Assim, a camada de ar funciona como um capacitor que garante a diferença de potencial existente entre a linha de transmissão e a terra, evitando dessa forma o desligamento da linha. A camada de ar em volta do cabo condutor fica totalmente ionizada devido ao gradiente de potencial ou campo elétrico da linha de transmissão.

O incêndio, ao passar sob linhas de transmissão de alta tensão, emite calor que ioniza a camada de ar entre os cabos condutores e o solo.

Contendo partículas de carbono e fuligem, condutores de corrente elétrica, a fumaça que sobe à altura dos cabos de energia cria um campo que possibilita a corrente elétrica fluir em direção ao solo, ocorrendo o que tecnicamente denomina-se de falha elétrica.

As linhas de transmissão de alta tensão emitem um ruído de efeito corona que pode ser ouvido quando energizadas, no entanto, o barulho do incêndio impede que se ouça. Mesmo tendo certeza do desligamento da linha de alta tensão, há a possibilidade de religar automaticamente mais de uma vez.

Qualquer ação de combate jamais deve ser realizada a menos de 30 metros da linha e não se recomenda sem o uso de abafador, pois com esse equipamento os pés ficam afastados para maior apoio, criando uma diferença de potencial ou tensão de passo que possibilita a passagem da corrente elétrica pelo corpo do homem. O único combate admissível é, distante 30 metros da linha de alta tensão, usar jato d'água direcionado ao solo, jamais em direção aos cabos condutores de energia.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Cabos elétricos rompidos		

MUNIÇÃO INCENDIÁRIA

Projéteis fragmentados.
Lascas de rochas causadas pelo impacto de projéteis de grandes dimensões.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Projéteis	Exercício de tiro naval e terrestre.	

QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Os combustíveis que deram origem ao incêndio são queimados após terem sido cortados Área agrícola próxima.

Se o vento foi constante durante o incêndio, haverá uma faixa cônica carbonizada no solo desde a origem, indicando a propagação do incêndio.

Presença de material carbonizado nos arredores da queima. Quanto mais próximos da área da queima, menores serão os tamanhos do material carbonizado.

Presença de combustíveis leves, mortos e úmidos sob pasta de cinzas misturadas à terra causada por tentativa de combate inicial às chamas.

Montes de cinzas ou grande concentração de cinzas espalhadas sobre o solo na origem do incêndio.

Observações de fumaça densa na área agrícola algum tempo antes do início do incêndio.

Indícios de tentativas de combate inicial ao incêndio (galhos cortados chamuscados com poucas ou nenhuma folha e ferramentas largadas ao solo).

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Radiação Convecção Condutibilidade Emissão de partícula em ignição	Queima de resíduos agrícolas.	Normalmente confirmam a realização da queima agrícola.

QUEIMA DE LIXO

Locais costumeiros de queima.

Continuidade de combustível entre o lixo queimado e a área incendiada.

Maior probabilidade de acontecer em dias de ventos fortes.

Acúmulo de resíduos em combustão lenta.

Evidências de grande emissão de fumaça rica em materiais particulados (fuligem espessa) próxima da área do incêndio.

Resíduos plásticos queimados e derretidos pelo calor aderidos ao solo, torrões ou pedras.

Antecedentes históricos auxiliam o trabalho de investigação.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Radiação Convecção Explosão de recipientes	Queima de lixo	

RAIOS

Regiões de costumeiras incidências de raios

Rachaduras nas árvores, galhos lançados ao solo, estilhaços de madeira espalhados na área de origem do incêndio.

Perfurações no solo com vitrificação da areia atingindo a profundidade de 20 cm a 30 cm em solos arenosos. Em postes de madeira aparecem sinais de carbonização superficial ou lascamentos.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Descarga elétrica	Tempestade seca	Existem sempre

QUEIMA EM TRABALHO RURAIS

1 - Rebrotas de pastos¹⁰

Presença de gado bovino, vestígios ou excrementos.

Áreas de gramíneas nativas.

Áreas de pastos plantados com gramíneas de porte alto.

Eliminação de vegetações (denominadas invasoras) inadequadas ao pasto.

Indicadores de queimas anteriores (carbonizações superficiais ou profundas em caules e estacas de cercas).

Ferrugem em arames farpados de cercas causada por perda de galvanização devido ao fogo.

Várias origens de fogo principalmente nas trilhas e estratadas que margeiam o pasto.

Geralmente os dispositivos de ignição usados são tochas feitas com gramíneas que, após o uso em incêndio contra ou a favor do vento, são deixadas às margens de trilhas ou estradas.

2 - Queima de restolho¹¹

Áreas de cultivos de vegetação de colheita através de corte.

Presença dominante de restolhos de corte.

Sinais de atividades agrícolas.

3 - Eliminação de restos de vegetação em áreas agrícolas ou florestais.

Presença de vegetação queimada sem cortes onde se procurou queimar com o objetivo de reduzir a massa vegetativa.

Áreas de propriedades rurais.

Resíduos queimados de tamanhos variáveis (troncos, galhos), caídos ao solo na seqüência lógica da queda após o corte, em derrubadas para fins de plantio agrícola em áreas de florestas.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Fósforos Isqueiros Tochas Emissão de partículas em ignição. Condutibilidade Radiação Convecção	Queima para fins agrícolas, florestais ou rebrota de pastagens.	Normalmente admitem responsabilidade.

Observação: Das gramíneas cultivadas para pastagem, somente o capim-gordura *Melinis minutiflora* não é resistente ao fogo. As demais resistem desde que a queima ocorra com solos úmidos ou chuva em seguida. Gramíneas nativas resistem ao fogo, rebrotando pouco depois, mesmo que não ocorram chuvas.

RITUAIS RELIGIOSOS

Oferendas em cruzamentos de estratadas, sob árvores, ou flores nas margens de cursos d'água.

Restos de velas coloridas.

Pratos, geralmente de barro, com restos de alimento.

Garrafas de bebidas alcoólicas.

Charutos ou cigarros queimados.

Restos de fotografias de pessoas ou imagens.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Velas	Rituais	

¹⁰ Pastagens nativas em estado de elevada densidade com folhas ressecadas e fibrosas necessitam de queima para induzir a produção de folhas palatáveis em períodos de seca. Muitos incêndios em unidades de conservação têm causa na queima de pastagens.

¹¹ Mesmo em área queimada isolada com aceiros, a transmissão de calor pode ocorrer por emissão de partículas em ignição, condução (superficial ou subterrânea), radiação ou convecção. Observar também a possível atuação de incendiário oportunista.

MÉTODO DE COMBATE A INCÊNDIO FLORESTAL (CONTRAFOGO) SEM ALCANÇAR O OBJETIVO PRETENDIDO¹²

Linha contínua ou com insignificantes interrupções, definindo incêndios contra e a favor do vento em área razoavelmente distante do encontro do incêndio que se tentou combater.

Linha contínua ou áreas intercaladas de origem de incêndio fora do alcance de emissão de partículas incandescentes originárias do incêndio que se tentou combater.

Pegadas, marcas de pneus ou indícios de movimentação de pessoas ao longo dessas linhas ou áreas de início de incêndio.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Linha de contrafogo	Combate a incêndio florestal	Se envolvidas nessa ação, possivelmente tentarão negar essa evidência, simulando situações contraditórias e demonstrando prolixidade nas explicações solicitadas.

EMIÇÃO DE FAGULHAS OU EJEÇÃO DE PARTÍCULAS POR MOTOR A COMBUSTÃO

Presença de partículas metálicas carbonizadas ejetadas pelo sistema de escapamento de veículos automotivos.

Marcas de pneu.

Rodovia ou estrada próximas.

Combustíveis leves.

Partículas metálicas com um lado liso e outro irregular expelidas do escapamento de veículos.

A causa de ejeção de partículas incandescentes ou fagulhas através do sistema de descarga é a passagem do óleo lubrificante para a câmara de combustão. Na câmara de combustão o óleo é carbonizado e expelido pelo sistema de descarga em altíssima velocidade, saindo com fagulhas. Essa emissão de fagulhas ou partículas é quase impossível de ocorrer em motores movidos a gasolina e menos ainda em motores movidos a álcool. No entanto, em motores movidos a óleo diesel e motores a gasolina de dois tempos podem acontecer em circunstâncias de uso da máquina.

As condições de motor para que isso aconteça são:

1. Emissão de fagulhas - vazamento nas válvulas de descarga do motor ou turbocarregador com problema de vazamento pelo lado de descarga;
2. Ejeção de partículas - despreendem em circunstância de uso forçado da máquina.

Dispositivo de ignição	Atividade específica	Testemunhas
Emissão de fagulhas ou partículas pelo sistema de descarga	Trânsito de veículos	

¹² Contrafogo é uma técnica de combate indireto aos incêndios florestais. Inicia-se à uma certa distância da frente do incêndio principal com o objetivo de produzir uma queima contra o vento, com a finalidade de expandir a área queimada até que, ao se encontrar com a frente do incêndio à favor do vento, o extinga por eliminação de um dos três elementos que compõem o triângulo do fogo, o combustível.

5.1 - Depoimentos

No interrogatório de testemunhas o investigador deve considerar, com o devido cuidado, as informações recebidas. As pessoas equacionam um acontecimento de acordo com conceitos inerentes às suas personalidades e interpretam-no conforme a sua concepção de valores e experiência, configurando um quadro peculiar.

O investigador anotará nome, identidade, registros de veículos, características profissionais e pessoais das pessoas direta ou indiretamente envolvidas e todas as informações que julgar relacionadas ao incêndio florestal.

No caso de encontrar pessoas que queiram prestar declarações de forma voluntária deve aproveitar a situação para interrogá-las e, se for possível, possibilitar que elas escrevam, detalhadamente e sem interferências, suas declarações de próprio punho, assinem e numerem todas as páginas.

Durante todo o trabalho com as testemunhas, os investigadores não emitirão opiniões nem demonstrarão expressões emotivas que possam revelar qualquer entusiasmo ou reprovação diante das declarações das testemunhas. Sua postura terá que ser a mais imparcial possível. Também não se deixarão influenciar por impressões sobre pessoas ou objetos vistos na área de investigação, que podem estar relacionados com o incêndio.

Depoimentos são as declarações prestadas por pessoas que presenciaram um acontecimento. Os depoimentos podem ser incompletos ou não representativos da realidade, pelos seguintes motivos:

- 1 - Observação parcial do acontecimento: o depoimento tende a preencher aspectos que não foram presenciados pela testemunha, levando-a a declarar as suas conclusões através de idéias próprias ou deduções. A testemunha parte de uma ou mais premissas gerais para chegar a conclusões particulares sobre o acontecimento. Nesse caso, o investigador deve tranquilizá-la, fazendo-a entender que não é responsável por não conhecer a totalidade dos acontecimentos. O investigador confirmará cada uma das narrativas declaradas com os respectivos horários.
- 2 - Observação em grupo: os depoimentos devem ser prestados individualmente de modo a preservar a integridade das declarações contra uma eventual interferência de opiniões das outras testemunhas.
- 3 - Declarações tardias: os interrogatórios devem ser realizados imediatamente ao fato para que o máximo de detalhes sejam lembrados durante as declarações das testemunhas. Se ocorrer desavenças entre as testemunhas, deve ser evitado prontamente o enfrentamento entre elas por ser totalmente inútil ao objetivo da investigação.

Além do esquecimento e falhas de percepção, há outros motivos que, a princípio, sugerem desconfiança sobre a veracidade dos depoimentos que, evidentemente, sempre devem ser comprovados. Numerosas experiências demonstram que quase a metade dos relatos contém erros¹³. Os motivos que levam o investigador

¹³ Estatística referente às investigações na Espanha.

a desconfiar são devidos à subjetividade dos depoimentos que são influenciados por emotividade, sugestionabilidade, parcialidade e tendência a evidenciar-se como participante importante em um acontecimento.

Algumas testemunhas tendem a modificar a verdade incluindo fatos inverídicos. Por vezes, o excesso de segurança e a convicção do que tenham presenciado tornam-se fatores de motivação para acrescentar um fator subjetivo aos seus depoimentos. Para evitar tais situações deverão ser tomadas as seguintes precauções:

1. As perguntas serão feitas de forma sistemática envolvendo todos os aspectos possíveis.
2. Não pedir que a testemunha faça uma descrição de grande abrangência, pois isso poderá lhe causar confusão.
3. Nunca considerar como certa uma declaração que aparenta dúvida.
4. Quando a testemunha mostrar-se hostil, deve-se interromper os depoimentos até que, conhecendo os seus motivos, possa ser restabelecida a normalidade emocional.
5. Nunca detalhes do acontecido serão informados à testemunha, pois caso ela tenha participado como autora ou co-autora, ao obter informações, poderá elaborar a interpretação de um papel dissimulador de sua participação.
6. Realizar o interrogatório, se possível, imediatamente após o incêndio florestal.
7. Colher os depoimentos em local privado onde permaneçam apenas a testemunha e o investigador.

Testemunhas

Conforme suas características, as testemunhas podem ser classificadas em:

- **Falador:** costuma ter digressões e, por isso, motivador de confusão. É necessário induzi-lo a raciocinar de forma mais ajustada à essência da questão, fazendo-lhe perguntas não específicas do tipo *O que aconteceu quando você parou seu carro?*
- **Imaginativo:** é necessário muito cuidado com suas declarações, pois tende facilmente a exceder-se, ultrapassando os limites da realidade. Nesse caso, o interrogatório deve desenvolver-se em bases objetivas como forma de manter as declarações submetidas à lógica racional. Dessa forma, o depoente se sentirá impelido a seguir uma linha de coerência entre o seu próprio raciocínio e os fatos acontecidos.
- **Não sabe nada:** neste caso, o investigador fará perguntas para as quais sabe que ele terá respostas do tipo *Qual é o seu nome? A que horas você chegou no local?*. Se houver possibilidade de continuar o interrogatório de forma útil ao processo de investigação, deve-se, na progressão das conversações, anotar perguntas de evidente certeza de resposta que serão utilizadas em momentos de retraimento do depoente.

- Com álibi: neste caso exige uma preparação anterior ao interrogatório, pois há que se considerar as relações com o suspeito, a reputação quanto a sua honestidade e os antecedentes criminais.
- Excessivamente prestativo: essa é uma característica do incendiário impulsivo que, muitas vezes, até auxilia no combate ao incêndio, no entanto, conclusões antecipadas jamais deverão ser cogitadas.

5.2 - Análise de provas materiais e depoimentos

A identificação da causa do incêndio, considerando as características da tabela de indicadores de ignição e os depoimentos das testemunhas, possibilita equacionar as circunstâncias que determinaram a origem do incêndio florestal. Porém, antes de ser estabelecida a hipótese principal sobre a causa do incêndio, é necessário confirmar as relações entre as provas e os depoimentos. Somente após estudos conclusivos se poderá compor a hipótese principal.

5.3 - Hipótese principal

Através da análise minuciosa entre provas e depoimentos pode-se deduzir, com muita probabilidade de acerto, a causa do incêndio florestal. A correlação dos indicadores de atividades, conforme descrito nas tabelas de indicadores de ignição em relação às provas encontradas¹⁴ e nos depoimentos comprovados, permite estabelecer a hipótese principal da causa do incêndio. Porém, caso ocorram dúvidas ou indicações de mais de uma causa possível, há que recomeçar a investigação.

5.4 - Causa do incêndio florestal

Tanto o dispositivo de ignição quanto as provas que indiciarão o autor são objetivos da investigação. No entanto, ambos podem não ser encontrados por inexistência. Nesse caso, se o trabalho de investigação fundamentado nas evidências dos indicadores de queima e na análise do comportamento do incêndio for conduzido por procedimentos corretos, a determinação da origem do incêndio ou ao menos da zona de confusão satisfará o trabalho de investigação.

5.5 - Sinopse sobre investigação

A investigação tem como objetivo buscar a solução para cada caso, em diferentes circunstâncias. O início da investigação deve fundamentar-se nas perguntas *Quem fez?* ou *O que foi feito?*, com o objetivo de estabelecer uma relação entre o autor e as causas de sua ação. O procedimento deve basear-se em um trabalho metódico, seqüencial e dirigido à finalidade de reconstituir os acontecimentos, reunindo provas para encontrar o autor.

¹⁴ Observar que dispositivos de ignição podem não existir em determinadas ações descritas nas tabelas de indicadores de ignição, como no caso de uso de isqueiro.

Um método de investigação envolve dois tipos de formulação de hipótese:

- intuitivo, com exclusão de raciocínio;
- racional, que se divide em operacional (análise, correlação e síntese) e formal (indução, dedução e analogia).
- As conclusões obtidas através do raciocínio serão objetos de estudo por meio dos procedimentos de análise, correlação e síntese.
- Análise - É o procedimento inicial em uma investigação e pode ser aplicado em um determinado momento ou adotado como método ao trabalho investigativo, sem estabelecer idéias preconcebidas. A análise tem o sentido de dividir, delimitar e decompor. Feita corretamente, possibilita a comprovação material da infração.

As questões fundamentais para a correta realização de uma análise são: *O quê? Onde? Quando? Como? Quem? Por quê?* As respostas a essas perguntas proporcionarão um conhecimento detalhado do fato, podendo ser aplicadas tantas vezes quanto necessárias, até que se obtenha uma resposta conclusiva.

Questões fundamentais da investigação do fato	Elementos fundamentais ao conhecimento do fato	Significados das questões
O quê?	Natureza	Composição do fato.
Onde?	Local	Localização do fato.
Quando?	Tempo	Data, hora, duração.
Como?	Realização	Procedimento, mecanismo utilizado para a consecução dos objetivos.
Quem?	Autor	Identificação da pessoa, origem do objeto de caracterização do fato.
Por quê?	Motivação	Causa da ação.

- **Correlação** - Consiste em comparar e estabelecer relações com o objetivo de detectar concordâncias, discordâncias e questões duvidosas resultantes da investigação. As concordâncias são a base de uma hipótese, as discordâncias os fatores excludentes de uma hipótese e as questões duvidosas constituem-se em objetos a serem investigados.

- **Síntese** - É o equacionamento como resultado final das ações investigativas, arrazoando os resultados obtidos com o objetivo de formular uma hipótese. Fundamenta-se na quantificação e qualificação dos resultados da investigação para estabelecer com o maior acerto possível a elaboração de uma hipótese. A síntese tem como base reagrupar e interpretar. Reagrupamento de fatores corretos, irrefutáveis, interpretação constituída por fatores conhecidos, objetivos e por fatores desconhecidos ou duvidosos de interpretação subjetiva.

Quanto menores e imperfeitos são os fatores, mais hipóteses teremos e os seus limites serão a hipótese mais razoável e a de causa desconhecida.

6. INSTRUÇÕES PARA A BRIGADA DE COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS

As provas recolhidas em um incêndio florestal são muito frágeis devido ao processo de combustão a que foram submetidas. Portanto, durante os trabalhos de extinção há que se evitar o trânsito nas proximidades da zona de confusão para que as provas sejam preservadas.

A Brigada de Combate aos Incêndios Florestais deve considerar que:

- Os trabalhos relativos ao incêndio florestal não terminam com a extinção; a preservação da área de início do incêndio é de grande importância para a conseqüente investigação.
- O chefe da brigada deve anotar informações das pessoas e veículos presentes na área antes e durante a extinção¹⁵ e outros aspectos que tenham lhe chamado a atenção.
- Em incêndios de grandes extensões ou que possam envolver pessoas sob graves suspeitas ou ainda em situações que ponham em risco a incolumidade da área a ser preservada para posterior investigação, o chefe da brigada colocará brigadistas para realizarem a vigilância da provável área de início do incêndio até a chegada dos investigadores.
- Os brigadistas não devem deixar na área incendiada objetos que possam interferir nos trabalhos de investigação.
- Se necessários, os trabalhos de extinção na área de origem do incêndio devem ser realizados com a máxima cautela. De preferência, usar emissão de neblina, sem entrar na área, para que sejam preservados os possíveis indícios de dispositivos de ignição e pegadas que possam indicar um autor.
- A investigação dos incêndios florestais tem grande importância em contribuir com informações para as ações de prevenção, fundamentais para a gestão ambiental.

7. LAUDO PERICIAL

O exame de caráter técnico e especializado resulta em informações que poderão instruir processos judiciais nas ações requeridas em função de incêndios florestais. O relatório técnico, denominado laudo pericial, deverá conter todas as informações necessárias que orientem o julgamento da infração ambiental.

¹⁵ Observar características dos incendiários impulsivo e reflexivo na tabela de indicadores de ignição referente a incendiário.

LAUDO PERICIAL DE INCÊNDIO FLORESTAL

Referência: no caso da perícia ser motivada por decisão judicial, ou solicitada oficialmente por instituição, registrar o ofício.

1. Peritos

Nome:	Nome:
Cargo:	Cargo:
Instituição:	Instituição:
Matrícula:	Matrícula:

2. Histórico

O incêndio florestal foi comunicado ao setor.....da instituição....às....horas do dia.... mês.... ano.... No dia....àshoras do mês.... ano de.... os peritos acima definidos saíram de..... para realizar investigação em área de incêndio florestal situada a km, no município de..... estado de..... .

As investigações foram realizadas em....dias terminando às....horas do dia....

3. Domínio da área

Particular (nome, endereço, objetivo da propriedade...), pública (nome, endereço, descrição)....

4. Informações meteorológicas

Os registros meteorológicos do dia....mês....ano.... obtidos na estação meteorológica....da cidade.... distante.... km da área incendiada revelam ventos com velocidade de....m/s (...km/h), umidade relativa do ar de% e temperatura na hora do incêndio degraus Celsius.

5. Informações técnicas

5.1 Sobre o incêndio florestal

- **Localização:** foi realizado um estudo completo na área queimada através de reconhecimento (aéreo ou terrestre) em todo o perímetro da área queimada, identificando a geometria do incêndio e determinando a provável área de origem do incêndio. Em seguida, analisando as evidências deixadas pelas chamas, através dos indicadores de propagação do incêndio, foi delimitada a área adjacente à origem do incêndio, na qual foram aplicados métodos específicos de busca da causa da ignição, cujo local onde foi encontrado (ou locais onde foram encontrados, no caso de mais de uma origem de fogo) dista 10 m de uma trilha.

- Tamanho da área queimada:ha oukm² ¹⁶
- Relevo: relevo ondulado, suavemente ondulado, plano, montanhoso, altitude....
- Vento dominante: oeste.
- Vegetação queimada: savana, floresta primária, floresta em área de preservação permanente.
- Impactos ambientais: no total foram queimados...ha abrangendo ha de área de preservação permanente em ecossistema de veredas com predominância de buriti (*Mauritia flexuosa*) ao longo de 350 m à margem esquerda de um curso d'água de 7 m de largura, em média, aclives com pastos ou florestas nativas com....graus de inclinação.
- Dinâmica do incêndio: segundo as informações prestadas pela Brigada de Combate a Incêndios Florestais da Unidade de Conservação.... o fogo subia o morrote, já quase alcançando o seu topo a uma velocidade considerável impulsionado pelo vento. As investigações constataram que o incêndio teve início na base de um morrote com 30 graus de inclinação, em vegetação de gramíneas em estado vegetativo altamente suscetível à queima propagando-se, à frente, pelo morrote com vegetação arbórea nativa afetando-a gravemente e, à retaguarda, queimando pastagem nativa e afetando levemente a vegetação, com predominância de buriti (*Mauritia flexuosa*) ao longo de 350 m de curso d'água com 7 m de largura

5.2 Sobre a origem do incêndio florestal:

- Localização: coordenadas geográficas da origem do incêndio. Registrar se houve uma ou mais origens e no caso de mais de uma origem registrar as suas coordenadas geográficas e descrever as causas de todas elas, classificando-as como secundárias ou com origens independentes entre si. No caso de múltiplas origens, pode ter sido usado mais de um dispositivo de ignição, um único dispositivo para atear fogo em diversos pontos ou a emissão de partículas incandescentes.
- Acessibilidade: registrar estradas, caminhos, trilhas, picadas, atalhos estreitos abertos em vegetação arbórea ou arbustiva e descrever a função de tais acessos e vestígios neles encontrados. Em caso de pegadas humanas e de animais de montaria ou marcas de pneus que possibilitem identificação do autor, descrever os moldes tirados com gesso justificando suas ligações com a origem do incêndio.
- Especificação da área: registrar e classificar a área, seja ela de proteção ambiental, definida por lei, ou de uso agrícola, pecuário, florestal, industrial.... área de preservação permanente (Lei nº 4.771), área de unidade de conservação (estação ecológica, reserva biológica...), área

¹⁶ 1 ha = 10.000 m², 1km² = 1.000.000 m² ou 1 km² = 100 ha

de uso agrícola com plantação de milho, banana... área de pastagem nativa ou plantada, área de reflorestamento....

- Classificação do combustível: classificar o combustível conforme as descrições do Capítulo II, item 1, deste manual.

6. EVIDÊNCIAS ENCONTRADAS NA ÁREA DO INCÊNDIO FLORESTAL E EM SUAS ADJACÊNCIAS

- Atividades relacionadas com o incêndio: ver indícios que caracterizam atividades em Classificação da causa por meio das tabelas de indicadores de ignição e distinguir as atividades acontecidas na área do incêndio e em suas adjacências, de conformidade com os indícios gerais contidos na tabela, registrar nomes e identidade de pessoas e placas de veículos.
- Evidências encontradas na origem do incêndio ou em sua adjacência: ver indícios que caracterizam atividades em Classificação da causa através das tabelas de indicadores de ignição e distinguir as ações desenvolvidas na área de origem do incêndio e em suas adjacências (zona de confusão) de conformidade com os indícios contidos na tabela. Recolher impressões de pegadas e marcas de pneus por meio de moldes de gesso, coletar objetos, cigarros fumados em área adjacente à origem do incêndio e registrar de forma sucinta qualquer informação que julgar importante.
- Dispositivo de ignição: dispositivos simples (tochas, palitos de fósforos carbonizados), dispositivos inexistentes (uso de isqueiro) ou dispositivos de ação retardada que são artefatos elaborados com objetos de queima lenta e pouco perceptível, tal como cigarro e excremento seco de bovino, agregados a palitos de fósforo que, ao contato com a brasa desses objetos, acendem e causam a queima de combustível leve em suas proximidades.
- Reconstituição da origem do incêndio: um dispositivo de ignição de ação retardada foi encontrado disposto em área de vegetação de gramíneas....com proximidade suficiente de combustíveis leves arranjados de forma a queimá-los, dando início ao incêndio.... O dispositivo de ignição composto de ..., para uma ação retardada, foi encontrado disposto sobre o solo ... atado a um caule... com proximidade suficiente de combustíveis leves, de modo a queimá-los, dando início ao incêndio.
- Após ser fotografado em proximidade e com referência geográfica (montanha, árvore frondosa de características singulares, construções, rios, em segundo plano) o dispositivo de queima foi guardado em caixa de papelão sobre algodão para preservar as suas características (no caso de palitos de fósforos carbonizados ou dispositivos que o contenham ou, ainda, outros dispositivos frágeis).

7. CAUSA DO INCÊNDIO FLORESTAL

- Atividade que originou o incêndio: definir a causa de acordo com os indicativos descritos nas tabelas de indicadores de ignição.
- Dispositivo de ignição: descrever o dispositivo usado ou registrar a sua inexistência.
- Declaração do causador do incêndio: existindo essa possibilidade, anexar declaração escrita de próprio punho, assinada e, se possível, com assinaturas de testemunhas.

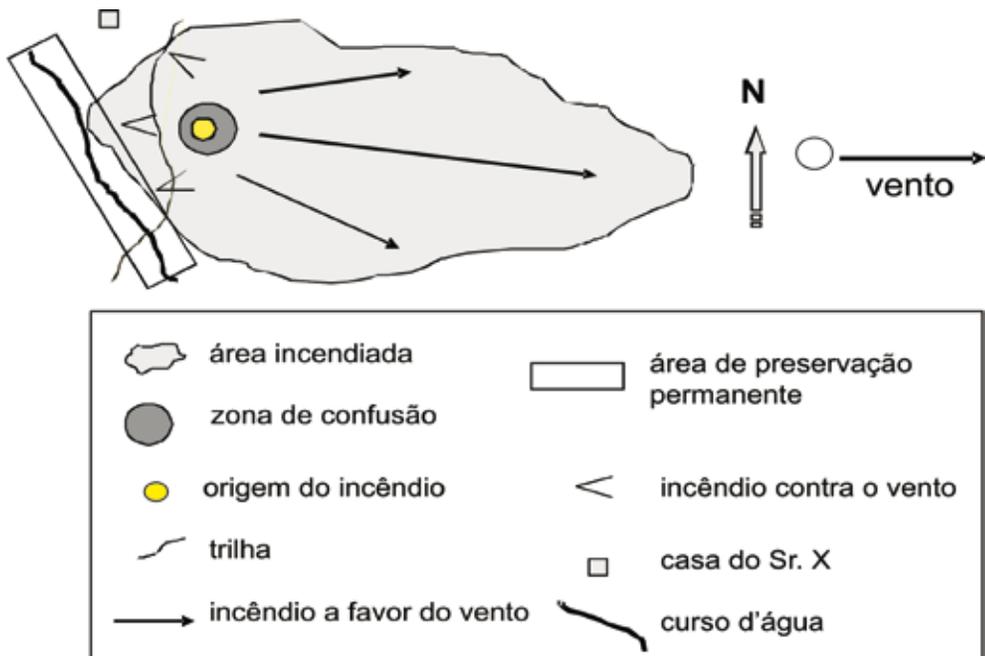
8. CONCLUSÃO

Os indícios encontrados, tanto na origem do incêndio quanto nas áreas adjacentes à origem e na área incendiada, evidenciam intencionalidade em causar incêndio na área objeto deste laudo pericial, portanto, classificamos o incêndio ocorrido na Unidade de Conservação como intencional, causado por incendiário reflexivo que elaborou como dispositivo de ignição um artefato de ação retardada, montado com um cigarro e três palitos de fósforos, proporcionando tempo, de pelo menos seis minutos, para que se afastasse da área de origem **antes que irrompesse o incêndio.**

9. MAPA DA ÁREA INCENDIADA

Registrar, na forma de croqui ou mapa obtido com o uso de aparelho de sistema de posicionamento global, a área incendiada e adjacências.

O croqui deve ser representado na seguinte forma de legendas:



Origem do incêndio	Casa do Sr. X	Distâncias em metros	
Latitude 0° 0' 00"	Latitude 0° 0' 00"	Origem do incêndio - casa do Sr. X	50
Longitude 0° 0' 00"	Longitude 0° 0' 00"	Origem do incêndio - trilha	10

No caso de mais de uma origem do incêndio.

Coordenadas geográficas e distâncias em relação à primeira origem do incêndio			
Referências	Latitude	Longitude	Distância em metros
Origem do incêndio	0° 0' 00"	0° 0' 00"	0
Portaria da Pastagem	0° 0' 00"	0° 0' 00"	20
Área de preservação permante	0° 0' 00"	0° 0' 00"	7.200

No caso de mais de uma referência importante.

Referências e distâncias em relação à origem do incêndio			
Referências	Latitude	Longitude	Distância em metros
Origem do incêndio	0° 0' 00"	0° 0' 00"	0
Portaria da Pastagem	0° 0' 00"	0° 0' 00"	20
Área de preservação permante	0° 0' 00"	0° 0' 00"	7.200

10. ANEXOS

Depoimentos originais assinados.

Imagens de satélite referentes ao dia em que foi detectado o foco de calor pelo sistema de monitoramento por satélites.

Cartas geográficas em escala 1:50.000 ou 100.000.

Fotografias com referências geográficas ou de construções.

Local e data

Assinatura e carimbo do perito

Assinatura e carimbo do perito

Glossário

Aerossol	Solução coloidal em que a fase dispersora é gasosa (no caso deste manual é a convecção) e a fase dispersa ou particulada é sólida ou líquida.
Ardência	Qualidade ou estado de ardente; ardor; sensação de queimadura na pele.
Arder	Que está em chamas; que arde; que queima ou requeima.
Acícula	Folha comprida e fina, filiforme, como a de muitos pinheiros.
Azimute	Distância angular medida sobre o horizonte, a partir do Norte, no sentido dos ponteiros do relógio.
Barlavento	Lado que se opõe frontalmente ao sentido do vento.
Bioma	Comunidade de vegetação em uma área geográfica.
Biomassa	No caso deste manual, qualquer matéria de origem vegetal.
Caloria	Quantidade de calor necessária para elevar de 14,5°C a 15,5°C a temperatura de um grama de água.
Calor latente	Quantidade de calor absorvida por uma substância quando em transição de um estado para outro menos denso.
Carbonizar	Reduzir a carvão.
Chama	Mistura de gases incandescentes.
CO	Gás monóxido de carbono.
CO ₂	Gás dióxido de carbono.
Comburente	Que ou aquilo que alimenta a combustão. O oxigênio é comburente.
Comburir	Queimar.
Combustão	Ação de queimar, de comburir. O processo de combinação de uma substância com o oxigênio, em geral, exotérmico e auto-sustentável.
Combustível	Que arde ou tem a propriedade de arder.
Condutibilidade	Propriedade que têm os corpos de ser condutores de calor.

Convecção	Em fluidos, processo de transmissão de calor acompanhado por um transporte de massa efetuado pelas correntes que se formam no seio do fluido. No caso deste manual, o fluido é o ar.
Cúmulo-nimbus	Nuvem de 10 a 15 km de altura com intensas manifestações de raios devido a sua carga eletrostática.
Dedução	Na lógica clássica, raciocínio que parte de uma ou mais premissas gerais e chega a uma ou mais conclusões particulares.
Deflagrar	Inflamar-se com chama intensa, centelhas ou explosões; arder; irromper repentinamente.
Dessecar	Tornar seco.
Dinamização	Ato ou efeito de dinamizar. Segundo a homeopatia, liberação da energia.
Direção	Alinhamento de uma reta; ângulo que uma reta faz com um plano.
Dispositivo de ignição	Objeto manufaturado para produzir chamas de intensidade suficiente para incendiar após algum tempo de iniciado o processo de queima do dispositivo.
Equacionar	Dispor os dados de um problema a fim de encaminhá-lo à solução.
Estrato	Porção de uma comunidade vegetal com certo limite de altura.
Exotérmica	Processo ou reação química em que há a liberação de calor para o meio externo.
Fogo	Desenvolvimento simultâneo de calor e luz, que é produto da combustão de matérias inflamáveis.
Força de gradiente de pressão	É a força que desloca o ar no sentido das pressões mais baixas. Quanto maior o gradiente, mais intensa a força, mais forte o vento.
Gradiente	Em meteorologia, gradiente de pressão é a representação numérica da diferença de pressão entre dois locais, expressa em mm de Hg (mercúrio), ou a distância entre dois lugares expressa em graus de latitude. Em física, gradiente termométrico vertical é a representação numérica do decréscimo de temperatura na medida que aumenta a altitude.

Gramíneas	Família de plantas monocotiledôneas que engloba vegetais conhecidos vulgarmente como capins e bambus.
Higroscópico	Diz-se do material ou substância que tem grande afinidade pelo vapor de água, sendo capaz de retirá-lo da atmosfera.
Ignição	Estado dos corpos em combustão.
Incandescência	Estado de incandescente. Emissão de radiação luminosa por parte de um corpo aquecido.
Indicador de queima	Matéria combustível ou não-combustível que, sob a ação das chamas, tem uma reação que lhe é característica e indica o sentido de propagação do incêndio florestal.
Indução	Raciocínio cuja conclusão é uma proposição universal e necessária que se estabelece pelo exame de todos os objetos de uma classe.
Inflamar	Converter em chamas; fazer arder; acender.
Latitude	As linhas imaginárias paralelas à linha do Equador determinam a latitude. A latitude varia de 0 a 90º, para ambos os lados, norte e sul da linha do Equador.
Longitude	Os meridianos determinam a longitude que varia de 0 a 180º para ambos os lados, leste e oeste, do meridiano de Greenwich.
Meridiano	Qualquer dos círculos máximos da esfera terrestre que passam pelos pólos.
Meridiano de Greenwich	Meridiano tomado como origem do tempo universal que passa pela antiga sede do Observatório de Greenwich, na Inglaterra.
Orografia	Descrição das montanhas.
Oxidação	Processo em que um átomo, uma molécula ou um íon perde um ou mais elétrons; processo em que uma substância se combina com o oxigênio, ou em que ela perde hidrogênio.
Pirólise	Decomposição pelo calor.
Premissa	Cada uma das proposições de um silogismo, que serve de base à conclusão.
Progressão	Sucessão ininterrupta e constante dos diversos estágios de um processo.

Propagar	Multiplicar; aumentar as dimensões de; dilatar, estender.
Quantum	Quantidade indivisível de energia eletromagnética.
Radiação	Qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, seja por meio de partículas dotadas de energia cinética.
Rescaldo	O trabalho para evitar que se inflamem de novo os restos de um incêndio recente.
Restolho	A parte inferior das gramíneas e de cereais que fica enraizada após a ceifa.
Remoinho	Movimento em círculo causado pelo cruzamento de ventos de sentidos opostos.
Sentido	Orientação de uma reta em um determinado rumo. Orientação de um vetor.
Silogismo	Dedução formal tal que, postas duas proposições chamadas premissas, delas, por inferência, se tira uma terceira chamada conclusão.
Sistematizar	Reduzir diversos elementos a sistema.
SO ₂	Gás sulfuroso.
Sotavento	Lado oposto a barlavento.
Vetor	Segmento de reta orientado.

Bibliografia básica

EIMFOR (Entrenamiento e Información Forestal). **Investigación de las causas que provocan los incendios forestales**. Madrid, España, 2000.

Bibliografia complementar

REYS, M. A. dos. **Avaliação do estoque de biomassa e estoque de carbono das diferentes formações florestais na região Ocotonal da Ilha do Bananal e seu entorno**.

BARBOSA, R. I. **Expansão e ajuste dos volumes do Radambrasil para biomassa total (acima + abaixo do solo) para a Amazônia Brasileira (AC,AM,A P,GO,MA,MT,PA,RO,RR,TO)**. 2006.

MACEDO, J. C. **Informação sobre Linhas de Transmissão de Alta Tensão**. Técnico de Segurança de FURNAS Centrais Elétricas S.A. São José da Barra. Belo Horizonte, MG, 2000.

LAMPRECHT, H. La importancia del bosque tropical vista en el contexto general de las relaciones ecologico-ambientales de los bosques. **Separata de Revista Forestal Venezolana de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes**, Mérida, Venezuela, v. 15, n. 22, Enero-Diciembre de 1972.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba, PR: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1997.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Manual de Prevenção de Incêndios Florestais em Instalações da CEMIG**. Belo Horizonte, MG, 2000.

SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**. São Paulo: Asa Edições, 1998.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio – Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira e Lexicon Informática, 1998. CD-ROM, Versão 3.0.

BETENHEUSER, C.; FERREIRA, C. R.; OLIVEIRA, O. T. C. de. **Explosão de pó em unidades armazenadoras e processadoras de produtos agrícolas e seus derivados**: estudo de caso. Ponta Grossa, PR, 2005. Monografia (Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de es-

pecialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento de Engenharia Civil.

IBAMA. Arquivos dos cursos de investigação de incêndios florestais realizados pelo Prevfogo/Ibama. Brasília: Ibama.