

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

DANIEL SOUZA MOTTA

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NO COMPORTAMENTO
DO FOGO EM INCÊNDIOS FLORESTAIS**

**SEROPÉDICA- RJ
2008**

DANIEL SOUZA MOTTA

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NO COMPORTAMENTO
DO FOGO EM INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ORIENTADOR: PROFESSOR WILSON MENDONÇA DE FERREIRA FILHO

**SEROPÉDICA – RJ
2008**

COMISSÃO EXAMINADORA
APROVADO em 24 de julho de 2008

Prof. Msc .Wilson Ferreira de Mendonça Filho
ORIENTADOR

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Florestas
Departamento de Silvicultura

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
TITULAR

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Florestas
Departamento de Produtos Florestais

Eng.Florestal Hiram Feijó Baylão Junior
TITULAR

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Mestrando no departamento de ciências ambientais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força em momentos difíceis, estou realizando um sonho, aos meus pais Winston e Maria da Glória pela ajuda e dedicação ao longo desses anos, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus primos, tios, a vó Irene, e a Rita que sempre foram importantes nesta trajetória.

Ao meu professor e orientador Wilson Mendonça de Ferreira Filho pela orientação, e aos demais professores do Instituto de Florestas.

Aos meus queridos amigos (não vou citar nomes, pois posso esquecer alguém) que tanto me ajudaram ao longo desses 5 anos.

A todos que me ajudaram de alguma forma muito obrigado!

RESUMO

A preocupação com os incêndios florestais é uma realidade global, porque muito mais do que os prejuízos financeiros trazem prejuízos imensuráveis à biodiversidade e aos ecossistemas. Tais prejuízos reduzem os serviços ambientais que a floresta, mantida em seu padrão atual, poderia proporcionar ao planeta. O número de fatores que influem no comportamento do fogo é tão grande que é impossível prever com precisão o que sucederá quando se inicia um incêndio. Portanto, é de extrema importância conhecer as características do ambiente em que está ocorrendo o incêndio florestal, sabendo que o comportamento do fogo é influenciado por diversos fatores externos. Pelo levantamento bibliográfico concluiu-se que o incêndio florestal é afetado pelos fatores topográficos, meteorológicos e material combustível.

Palavras-chave: propagação, combate.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the factors that have influence on the behavior of the fire in the environmental forest fire, since this is a global concern. Much more than financial damages, they bring no measuring damages to the biodiversity and to the ecosystem. These damages reduce the ambiental services that the forest, kept in its present standart should give to the planet. The proportion of facts that exercise power over the fire behavior is so big, that it is impossible to predict with accuracy what will happen when the fire begins. So it is extremely important to know the characteristics of the place where the forest fire is occurring, knowing that the fire behavior is influenced by several outside factors.

Key-words: conduction, combat.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVO	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	3
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	4
4.1 ASPECTOS DO FOGO	4
4.1.1. Triângulo do fogo	5
4.1.2. Variáveis do comportamento do fogo	5
4.1.3. Combustão	5
4.1.4. Velocidade de propagação	6
4.1.5. Produção de calor	6
4.1.6. Inflamabilidade	6
4.1.7. Coluna de convecção	7
4.1.8. Coluna de fumaça	7
4.2 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR	7
4.3 TIPOS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	7
4.3.1. Incêndios de superfície	8
4.3.2. Incêndios subterrâneos	8
4.3.3. Incêndios de copa	8
4.4 ASPECTO DO MANEJO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	9
4.4.1. Prevenção	9
4.4.2. Educação Ambiental	10
4.4.3. Monitoramento do fogo	10
4.4.4. Silvicultura Preventiva	11
4.4.5. Aceiros	12
4.4.6. Queima controlada	13
4.5 TÉCNICAS DE COMBATE	15
4.5.1. Pré-supressão	16
4.5.2. Combate	18
4.6 FATORES QUE INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO DO FOGO	19
4.6.1. Material combustível	19
4.6.1.1. Classificação dos combustíveis	19
4.6.1.2. Classes dos combustíveis	20
4.6.2. Fatores climáticos	20
4.6.3. Topografia	21
4.6.4. Vento	22
5 CONCLUSÕES	23
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Triângulo do fogo.	4
Figura 2: Principais causadores de incêndios florestais no Brasil.	9
Figura 3: Queima controlada sendo feito com pinga-fogo.	13
Figura 4: Método direto de combate.	15
Figura 5: Método indireto de combate.	16
Figura 6: Algumas ferramentas usadas na extinção dos incêndios florestais.	17
Figura 7: Propagação do incêndio em função do vento.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação da Largura Mínima dos Aceiros em Função da Declividade do Terreno.	13
Tabela 2: Nível de Propagação dos Incêndios em Função do Tipo de Formação Vegetal.	20

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com os incêndios ambientais é uma realidade global, porque muito mais do que os prejuízos financeiros trazem prejuízos imensuráveis à biodiversidade e aos ecossistemas. Como vem sendo utilizado como uma grande ferramenta pelo ser humano, o fogo tem aumentado de frequência nos últimos milhares de anos, além de ter alcançado ambientes com menor probabilidade de queima, como as florestas tropicais e equatoriais (GOLDAMMER & CRUTZEN, 1993). Apesar da ocorrência do fogo estar atualmente relacionada à expansão da ocupação humana, muitas comunidades vegetais naturais já conviviam com o fogo antes da presença humana, pois o homem não é o único responsável pelo fogo (GOLDAMMER, 1993).

Os incêndios florestais representam uma grande preocupação, pois se de um lado o fogo desempenha um importante papel na manutenção de alguns ecossistemas naturais e artificiais a sua ocorrência de forma descontrolada pode representar uma fonte de perturbação permanente, acarretando perdas e danos materiais (NUNES, 2005).

É importante salientar que os incêndios florestais causam grandes prejuízos à biodiversidade, ao ciclo hidrológico e ao ciclo do carbono na atmosfera. Tais prejuízos reduzem os serviços ambientais que a floresta, mantida em seu padrão atual, poderia proporcionar ao planeta. Uma intensa frequência de fogo numa mesma região, admitida à hipótese de troca de paisagem, pode levar a perda irreversível de parte de recursos genéticos, antes mesmo de conhecer seu potencial (SILVA, 2001).

Os incêndios florestais constituem um dos fatores mais importantes na redução de bosques e florestas no mundo, acarretando em diversos problemas, como: destruição da cobertura vegetal; destruição de húmus e morte de microorganismos; destruição da fauna silvestre, especialmente animais jovens; aumento de pragas no meio ambiente; eliminação de sementes em estado de lactência; debilitação de árvores jovens suscetíveis a pragas e doenças; perda de nutrientes e ressecamento do solo; destruição de belezas cênicas naturais; aceleração do processo de erosão e assoreamento de rios, lagos e lagoas.

A ocorrência e propagação do fogo depende de vários fatores associados ao fenômeno da combustão. Estes fatores, por sua vez, variam em função da meteorologia, topografia e do combustível, afetando de diversas formas o comportamento do fogo. Pode-se dizer que a probabilidade do fogo ocorrer e se propagar em um determinado local é função da probabilidade de haver uma fonte de fogo e da probabilidade de haver condições favoráveis para esse fogo se propagar (SOARES, 1985).

Segundo SOARES (1985), os conceitos gerais sobre combustão e propagação do fogo são os seguintes: fogo, de um modo geral, é o termo aplicado ao fenômeno físico resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância qualquer (ex. madeira), com a produção de calor, luz e, geralmente, chamas. Fogo ou mais precisamente combustão, é, portanto uma reação química de oxidação.

Um incêndio florestal superficial sempre começa através de um pequeno foco (fósforo aceso, toco de cigarro, fagulha, pequena fogueira, etc.) e inicialmente tende a se propagar para todos os lados, de forma aproximadamente circular, tendo em um segundo estágio sua forma alterada pela ação do vento e da topografia. Daí em diante o incêndio toma uma forma definida, compreendendo as seguintes partes: cabeça ou frente, flancos e cauda ou base. A cabeça ou frente é a parte que avança mais rapidamente e segue a direção do vento; a cauda ou base se propaga em direção oposta à cabeça, contra o vento, lentamente, e às vezes se

extingue; os flancos se propagam perpendicularmente à cabeça do incêndio ligando esta à cauda.

Vários fatores afetam e influem na propagação dos incêndios, entre eles: o material combustível; a umidade do material combustível; as condições climáticas; a topografia e o tipo da floresta. A ação de cada um destes fatores é diferente para cada região e para cada época do ano, o que causa grande diferença no comportamento dos incêndios.

Segundo (BATISTA, 1995), comportamento do fogo é o resultado da interação entre clima e condições do combustível, topografia, técnica de queima e forma de ignição. Medidas do comportamento do fogo são úteis para comparar queimas, para o planejamento da supressão e para estimar os efeitos do fogo. Além disso, os termos de comportamento do fogo tem sido usados por inúmeros autores para descrever as condições das queimas controladas em povoamentos florestais.

Analisando-se a reação da combustão completa da madeira, que poderia ser generalizada para todo o material combustível florestal, percebe-se que ela envolve três elementos básicos: combustível, oxigênio e calor. Em qualquer incêndio florestal é necessário haver combustível para queimar, oxigênio para manter as chamas e calor para iniciar e continuar o processo de queima. Essa inter-relação entre os três elementos básicos da combustão é conhecida como “Triângulo do Fogo”. A ausência, ou redução abaixo de certos níveis, de qualquer um dos componentes do triângulo do fogo inviabiliza o processo de combustão. O material combustível em uma floresta é talvez o único elemento do triângulo do fogo que pode ser controlado ou manejado pelo homem no caso de programas de prevenção de incêndios.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar e analisar os fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais.

Os objetivos específicos foram:

- Identificar as componentes do manejo do fogo.
- Avaliar as técnicas de combate aos incêndios florestais.
- Avaliar as variáveis que influenciam no comportamento do fogo.
- Iniciar uma discussão técnica sobre a influência do fator topográfico, do material combustível e do fator meteorológico no comportamento do fogo em incêndios florestais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo baseou-se em uma revisão bibliográfica, onde diversos artigos científicos e técnicos, foram analisados, selecionados e agrupados gerando resultados.

A metodologia para o levantamento e classificação das variáveis que influenciam no comportamento do fogo constituiu em dividir as variáveis em: aspectos do fogo, mecanismos de transferência de calor, tipos de incêndios florestais, aspecto do manejo em incêndios florestais, técnicas de combate e fatores que influenciam no comportamento do fogo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos do fogo

4.1.1. Triângulo do fogo

O triângulo do fogo é a representação dos três elementos necessários para iniciar uma combustão (Figura 1). Esses elementos são o combustível que fornece energia para a queima, o comburente que é a substância que reage quimicamente com o combustível e o calor que é necessário para iniciar a reação entre combustível e comburente. Para que se processe esta reação, obrigatoriamente dois agentes químicos devem estar presentes:

- Combustível - é tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.).
- Comburente- é todo elemento que, associando-se quimicamente ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão (o oxigênio é o principal comburente).
- Temperatura de Ignição - além do combustível e do comburente, é necessária uma terceira condição para que a combustão possa se processar. Esta condição é a temperatura de ignição, que é a temperatura acima da qual um combustível pode queimar.

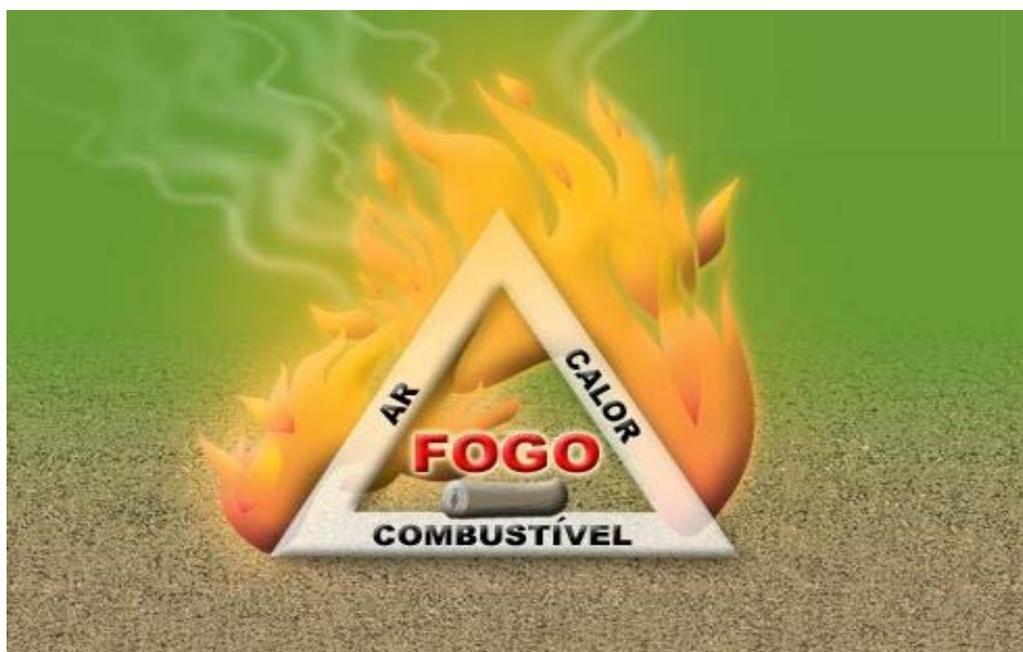


Figura 1: Triângulo do fogo. (ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS, 2003).

Além do triângulo de fogo, temos também o tetraedro de fogo que, além de incluir combustível, comburente e calor, também considera a reação em cadeia, pois para o fogo se

manter aceso é necessário que a chama forneça calor suficiente para continuar a queima do combustível.

4.1.2. Variáveis do comportamento do fogo

Segundo (SOARES, 1979), comportamento do fogo, é um termo geral usado para designar o que o fogo faz. A ignição, crescimento, propagação e declínio de qualquer incêndio em combustíveis florestais representa um complexo processo de reação em cadeia. A ação do fogo através de sua duração é governada por certas leis e princípios naturais da combustão. A compreensão desses princípios é um passo básico no julgamento do efeito dos vários fatores ambientais sobre o comportamento do fogo.

A ocorrência do fogo depende de alguns fatores que permitirão o início da reação da combustão e a sua continuação dependerá, principalmente, da energia potencial armazenada no material combustível e do comportamento do fogo, comandado pelas características do material combustível (RIBEIRO e SOARES, 1998), pelo relevo e pelas condições meteorológicas.

4.1.3. Combustão

Combustão é um processo de oxidação rápida auto sustentada, acompanhada da liberação de luz e calor, de intensidade variáveis. Os principais produtos da combustão e seus efeitos à vida humana são: Gases (CO, HCN, CO, HCl, SO, NOx, etc. todos tóxicos); Calor (pode provocar queimaduras, desidratação, exaustão, etc.); Chamas (se tiverem contato direto com a pele, podem provocar queimaduras) e Fumaça (a maior causa de morte nos incêndios, pois prejudica a visibilidade, dificultando a fuga).

A combustão do material florestal compreende basicamente três fases: pré-aquecimento, fase gasosa e fase da carbonização.

Na primeira fase, pré-aquecimento, o material é seco, aquecido e parcialmente destilado, porém ainda não existem chamas. O calor elimina a umidade existente no material e continua aquecendo o combustível, os componentes voláteis se movem para a superfície do combustível e são expelidos para o ar circundante. Inicialmente esses voláteis contêm grandes quantidades de vapor d'água e alguns compostos orgânicos não combustíveis.

Na segunda fase, fase gasosa, os gases destilados da madeira incendeiam-se e entram em combustão, produzindo chamas e altas temperaturas que podem atingir 1.250°C ou um pouco mais. Nesse estágio do processo de combustão os gases estão queimando, mas o combustível propriamente dito ainda não está incandescente.

Na terceira fase, fase da carbonização, o combustível é consumido, havendo formação de cinzas. O calor é intenso, porém praticamente não existe chama nem fumaça. Nessa fase o combustível (carvão) é consumido, restando apenas cinzas.

Ainda que haja certa superposição entre elas, as três fases da combustão podem ser observadas em um incêndio florestal. A primeira é a zona na qual folhas e gramíneas se enrolam e se chamuscam, à medida que são pré-aquecidas pelo calor das chamas que se aproximam. Em seguida vem a zona de combustão dos gases, onde se destacam as chamas. Posteriormente a passagem das chamas vem a terceira e menos distinta das zonas, a do consumo do carvão

4.1.4. Velocidade de propagação

É o termo usado para descrever a taxa segundo a qual o fogo aumenta, tanto em área como lineamento. Em estudos de comportamento do fogo, um dos mais importantes parâmetros é a taxa de propagação linear do fogo, ou velocidade de propagação, que pode ser medida em metros por segundo, metros por minuto ou quilômetros por hora.

Para isto podem ser utilizados modelos matemáticos, que estimam a velocidade de propagação de incêndios. Outra forma de forma de medir a propagação do fogo pode ser também a medida direta, através da cronometragem de uma distância pré-estabelecida e percorrida pelo fogo. Apesar de não ser um dos parâmetros mais fáceis de medir em um incêndio, a velocidade de propagação é muito importante na previsão do comportamento do fogo.

4.1.5. Produção de calor

As altas temperaturas geradas pelos incêndios florestais são importantes componentes do comportamento do fogo e fatores primários de danos, não apenas à vegetação, como ao próprio ecossistema local.

A temperatura da chama em um incêndio é cerca de 1.250°C. Essa temperatura pode ser ainda maior no turbilhão de chamas de um incêndio de alta intensidade. O material incandescente, entretanto, tem uma temperatura bem menor, devido à formação de uma camada de cinzas sobre o combustível que reduz o contato com o oxigênio e diminui a taxa de combustão. A temperatura das brasas, por exemplo é aproximadamente 650°C, mas o tempo de exposição a esse material em um incêndio é bem maior.

As temperaturas registradas em um incêndio dependem de vários fatores, como velocidade de propagação, tipo de combustível e época de queima, dentre outros. A maioria das pesquisas registram temperaturas máximas entre 600 e 800°C, embora eles possam às vezes ser inferiores a 300°C ou superiores a 1000°C, em incêndios de baixa e alta intensidade, respectivamente.

Em queimas controladas a temperatura raramente ultrapassa 500°C, exceto em fogos de rápida propagação, assim mesmo por curtos intervalos de tempo.

4.1.6. Inflamabilidade

A inflamabilidade pode ser definida como a maior ou menor capacidade que um combustível possui, quando submetido a uma fonte de calor, de entrar em combustão. O combustível quando submetido a uma fonte de calor de forma contínua entra em pirólise, ou seja, num processo químico de degradação pelo qual o combustível é irreversivelmente separado em resíduos carbônicos e em vapores, os quais ao atravessarem a sua superfície sob a forma gasosa e ao entrarem em contato com o oxigênio presente no ar produzem chama sempre que as condições o permitam (LARA, 2000).

A inflamabilidade está diretamente dependente das principais características dos combustíveis florestais citadas anteriormente, e por essa razão a variação destas características provoca também variação na inflamabilidade.

4.1.7. Coluna de convecção

Coluna de convecção é definida como corrente ascendente de fluidos desde a superfície do incêndio, por efeito do incremento da temperatura ambiental e da diminuição da densidade do ar. Os efeitos e as características da coluna de convecção são importantes pois dependendo da intensidade da coluna pode lançar partículas incandescentes ou em brasa a locais distantes, desse modo podendo produzir focos secundários.

4.1.8. Coluna de fumaça

A fumaça é o conjunto de gases, vapor de água, resíduos de combustão e materiais particulados finos, que ascendem na área ardente. Sendo que a ascensão é facilitada pela atuação da coluna convectiva. A cor e a forma da coluna são indicadores das características do local afetado pelo incêndio e do comportamento do fogo. Desse modo a forma e a cor da fumaça dependem de alguns fatores, sendo eles: qualidade dos combustíveis, intensidade calórica do incêndio, superfície da área ardente, estabilidade atmosférica.

Sendo assim a cor branca da coluna de fumaça indica que o material combustível é fino, tem pouco material lenhoso, e apresenta alta umidade. Essa cor branca se deve ao volume de vapor de água nos combustíveis florestais. Já quando a coluna de fumaça apresenta a cor cinza é um indicativo que o material combustível apresenta uma maior quantidade de material lenhoso e uma baixa umidade.

4.2. Mecanismos de transferência de calor

- Radiação = é a transferência de calor através do ar, em qualquer direção, à velocidade da luz. É o principal método de transferência de calor, nos grandes incêndios florestais.
- Convecção = é o movimento circular ascendente, devido ao aquecimento das massas de ar, localizadas acima do foco do incêndio. O fogo florestal cria condições de turbulência (correntes de vento), aspirando oxigênio dos lados e lançando para cima o ar aquecido. Este processo é o responsável pelo barulho que se houve em grandes incêndios que se movem rapidamente. Isso pode levar fagulhas a grandes distâncias, dificultando o controle do incêndio.
- Condução = é a transferência de calor por contato direto com a fonte de calor, o aquecimento de massas de ar através da condução é o que tem mais importância no controle dos incêndios.

4.3. Tipos de incêndios florestais

É possível diferenciar três tipos de incêndios florestais: incêndios de superfície, incêndios de copa e Incêndios subterrâneos.

4.3.1. Incêndios de Superfície

Os incêndios de superfície são caracterizados pela queima da vegetação morta e rasteira, como as herbáceas; da camada de folhas, galhos e outros, que se misturam com a terra que cobre o solo da mata (serrapilheiras), bem como dos troncos, material que tenha sofrido decomposição (húmus), enfim todo o material combustível até cerca de 1,80 metro de altura. Esses materiais são geralmente bastante inflamáveis, principalmente durante a estação seca, e por esta razão os incêndios florestais superficiais são caracterizados por uma propagação relativamente rápida, abundância de chamas, muito calor, mas não sendo muito difícil de combater. Estes incêndios não causam danos significativos em árvores de grande porte, porém são extremamente prejudiciais às vegetações rasteiras e plantas jovens, principalmente para sua regeneração.

4.3.2. Incêndios Subterrâneos

Os incêndios subterrâneos se propagam debaixo da superfície terrestre, alimentados por matéria orgânica seca, raízes e turfas _ matérias finas, bem compactadas, de combustão lenta e contínua. Ao contrário dos anteriores que se multiplicam com maior rapidez devido à presença de maior quantidade de oxigênio na combustão do material, este tipo de incêndio se espalha lentamente. Devido ao seu lento avanço, este tipo de incêndio causa grandes danos às raízes e a fauna de solo, causando a morte dos mesmos e a conseqüente morte da árvore. A fertilidade do solo fica comprometida, assim como o solo fica mais sujeito a processos erosivos. A dificuldade de extinção determina que muitas vezes um incêndio desta classe dure o suficiente para afetar uma área tão extensa como a abarcada por um incêndio superficial. Podem ocorrer nas florestas altomontanas, aquelas existentes nos topos das montanhas.

4.3.3. Incêndios de Copa

Os incêndios de copa são aqueles que se desenvolvem nas copas das árvores, onde a velocidade e a intensidade do fogo são maiores e mais rápidas, devido à grande circulação do vento nessas áreas. A folhagem é totalmente destruída e as árvores geralmente morrem. Com exceção de casos excepcionais, como raios, por exemplo, todos os incêndios de copas originam-se de incêndios superficiais.

Estes incêndios propagam-se rapidamente, liberando grande quantidade de calor e são sempre seguidos por um incêndio superficial. Isto porque os incêndios de copa deixam cair fagulhas e outros materiais acesos que irão gradativamente queimando arbustos e materiais combustíveis da superfície do solo. Por causa de sua rápida propagação, são os incêndios que mais causam danos à vida humana e silvestre bem como às construções rurais.

Em todos os incêndios de copas o fator que influi na sua propagação é o vento, de tal maneira que quando este inexistente, dificilmente o fogo atinge e se expande pela copa das árvores. Normalmente o fogo avança 3 a 4 km/h, dependendo das espécies que caracterizam o bosque incendiado. As coníferas e outras espécies resinosas queimam mais rapidamente do que as folhosas. Em condições favoráveis a velocidade de avanço do fogo pode atingir até 15 km/h.

4.4. Aspectos do manejo dos incêndios florestais

4.4.1. Prevenção

A prevenção, pelo fato de preceder as demais ações para controle dos incêndios florestais, tem por objetivo principal a adoção de medidas que procuram eliminar a origem ou a causa dos incêndios bem como reduzir os riscos de propagação do fogo, constituindo-se numa das mais importantes etapas do plano de proteção. Para se estabelecer uma política adequada de prevenção de incêndios é necessário conhecer as estatísticas referentes aos mesmos, isto é, saber o local e motivo pelo qual eles ocorrem. A falta dessas informações podem levar a um gasto inadequado dos recursos para a prevenção de incêndios florestais.

Apesar da importância do assunto, não existem dados estatísticos atualizados que permitam conhecer o perfil dos incêndios florestais no Brasil. Apenas algumas empresas florestais têm mantido registro confiável, através dos dados de Soares (1992), as principais causas dos incêndios florestais no País são devido a: queima para limpeza, que corresponde a 63,7% da área queimada, seguida da queima criminosa ou provocada por incendiários (14,7%); fogos de recreação ou acidental (11,6%); outros (10%); (Figura 2).

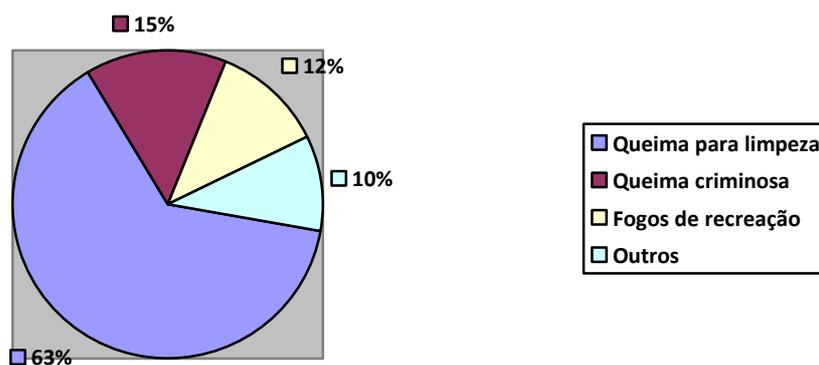


Figura 2: Principais causadores de incêndios florestais no Brasil.(SOARES,1992)

Uma prevenção somente é efetiva se acompanhada de um planejamento sério, onde se deve analisar os dados históricos, estimando-se a probabilidade de ocorrência de fogo e implementando medidas mitigadoras para impedir tais ocorrências.

A complexidade do sistema de prevenção e combate aos incêndios florestais depende dos objetivos a serem alcançados, das peculiaridades da região a ser protegida e da capacidade de investimento na proteção. A experiência mostra que os investimentos realizados com as ações preventivas são compensadores em relação aos custos de combate, os quais envolvem riscos de acidentes e desgaste físico dos brigadistas, desgaste e perda de ferramentas e equipamentos, custos com transporte e apoio logístico, perdas econômicas reais do objeto da proteção e perdas devidas aos danos ambientais.

O conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais é de extrema importância, principalmente levando-se em consideração que o ponto de partida para a elaboração dos planos de prevenção é saber quem (ou o que) iniciou o fogo (SANTOS, 2004).

4.4.2. Educação Ambiental

Após analisarmos as cinco principais classes de agentes daninhos torna-se necessário estabelecer os meios pelos quais o homem pode danificar a floresta. O homem pela ação, é uma fonte primária de danos para a floresta. Direta ou indiretamente, como consequência de suas atividades, a influência do homem é notada em cada uma das classes de agentes daninhos.

A maior parte dos incêndios florestais, que tantos prejuízos causam às florestas é de responsabilidade humana. Pode-se dizer que o homem é o principal causador dos incêndios florestais, afinal de contas a maioria deles são iniciados em decorrência de algum tipo de atividade humana.

A técnica mais eficiente na prevenção dos incêndios provocados pelo homem, é a educação ambiental. Se a população for devidamente conscientizada dos problemas e danos causados pelos incêndios, ela certamente será mais cuidadosa no manuseio do fogo em áreas florestais.

Os programas e campanhas de educação ambiental e conscientização da população para os efeitos daninhos do fogo são muito importantes, principalmente para reverter o quadro observado atualmente de um número elevado de incêndios causados por intermediários.

O argumento de que o fogo é uma ferramenta econômica para o preparo da terra é uma forma simplista para justificar o uso do mesmo. Frente a isso, torna-se necessário um forte trabalho de educação ambiental, em que o processo educacional seja completo, isto é, não basta apenas conscientizar o cidadão com relação ao uso adequado do fogo, é necessário fornecer alternativas que estejam ao seu alcance, principalmente em termos econômicos.

4.4.3. Monitoramento do Fogo

Os registros estatísticos são essenciais por aumentar tanto a eficiência técnica quanto a econômica dos trabalhos. Os incêndios florestais têm características sazonais, o que leva a um planejamento diferenciado ao longo do ano, principalmente com relação às atividades de prevenção. As estatísticas sobre a ocorrência de incêndios florestais não são limitantes para a implantação do plano de proteção, mas são fundamentais para o seu aprimoramento e sua manutenção.

As emissões atmosféricas das queimadas e alterações no uso do solo resultaram em grandes impactos nos sistemas climáticos em escala regional e até mesmo global. A nível local, algumas das consequências diretamente verificadas são as seguintes: problemas respiratórios, fechamento de aeroportos, atraso no início das chuvas, queda de linhas de transmissão de energia elétrica e acidentes rodoviários entre outros. A nível global, temos a contribuição para o efeito estufa ao liberar para a atmosfera parte do carbono que estava fixado na biomassa. Segundo um recente relatório sobre as emissões brasileiras seguindo os parâmetros do Protocolo de Kioto - IPCC, o Brasil contribui com cerca de 3% do total global e da contribuição brasileira, cerca de 65% são originados por atividades relacionadas ao desmatamento, queimadas e incêndios florestais.

A fim de acompanhar estes eventos e apoiar o planejamento das atividades de controle e fiscalização, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA opera junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, um sistema de monitoramento de fogo baseado no uso intensivo das tecnologias de geoprocessamento. Hoje em dia são processados dados em tempo quase real de diferentes satélites e sensores: AVHRR/NOAA-12,14 e 16, GOES-8 e 12, MODIS/EOS-TERRA/AQUA, DMSP e o

sinobrasileiro WFI/CBERS2. As coordenadas geográficas dos focos de calor dos satélites são inseridas em um sistema de informações geográficas onde são feitas diversas intersecções para se separar os focos que necessitam de inspeções em campo baseados em uma seqüência de níveis de alerta.

4.4.4. Silvicultura Preventiva

Silvicultura preventiva pode ser definida como o manejo das plantações florestais ou florestas nativas com o propósito de modificar a estrutura do material combustível disponível a fim de satisfazer os objetivos da proteção contra os incêndios, associando esta proteção ao melhoramento da produção e a qualidade do ambiente (HALTENHOFF, 1998).

Segundo (SOARES, 1979), existe uma relação entre o fogo e a silvicultura que é de vital importância para o Engenheiro Florestal. Basicamente, a silvicultura consiste em manejar a força criativa da fotossíntese, processo químico do qual toda a vida depende e através do qual o dióxido de carbono, água e energia solar são combinados para produzir a celulose e outros carboidratos, em um processo lento e contínuo. O fogo, por sua vez, rapidamente reverte o processo e libera, sob forma de calor, a energia armazenada pela fotossíntese. O fogo é, portanto o inverso da fotossíntese, ou seja, é um processo de decomposição.

O objetivo da silvicultura preventiva é modificar a estrutura da massa florestal para dificultar a propagação do fogo. Este objetivo pode ser conseguido através da diversificação da massa florestal, da quebra da continuidade linear dos combustíveis no perímetro da mesma e ao longo de estradas, divisores e cursos de água, assim como conservando ou favorecendo a alternância de espécies. A diversificação da massa florestal deve ser feita respeitando-se a paisagem e as características da região, assim como os habitats da vida silvestre nela incluídos (VELEZ, 2004).

A diversificação da massa florestal é uma técnica recomendável para a efetiva proteção contra o fogo, pois diversificando a vegetação evita-se que superfícies muito extensas sejam cobertas por uma vegetação, principalmente se esta for de fácil inflamabilidade. O objetivo da diversificação é gerar diferentes áreas de inflamabilidade, a fim de alterar a intensidade de propagação do fogo facilitando o seu combate. As áreas de preservação permanente, compostas por florestas nativas, geralmente apresentam uma menor inflamabilidade em relação às espécies exóticas plantadas, desse modo, podem ser usadas na diversificação da massa florestal.

As faixas contendo espécies menos inflamáveis devem ser estabelecidas sempre que possível perpendicularmente à direção do vento. É recomendável a utilização dessas espécies na margem de estradas e aceiros, pois servem como uma cortina de segurança na proteção contra os incêndios florestais. No entanto é importante salientar os princípios da silvicultura preventiva, segundo (BOTELHO, 1996): modificação da estrutura da floresta; diversificação; criação de descontinuidades lineares perimetrais; conservação de espécies menos inflamáveis; mistura de espécies; associação das ações humanas com o risco florestal e criação de mecanismos que facilitem o combate.

O manejo correto é o ponto fundamental da silvicultura preventiva, dependendo da disposição no terreno, o combustível florestal possui uma continuidade horizontal e uma continuidade vertical. A continuidade horizontal é a distribuição espacial dos combustíveis sobre o terreno, enquanto a continuidade vertical é definida como a ligação espacial da vegetação desde o solo até as copas das árvores.

Sendo assim para o controle de incêndios florestais, a quebra da continuidade vertical é importante, pois evita que o fogo suba nas árvores, iniciando incêndios de copa e a quebra da continuidade horizontal é fundamental, pois evita ou dificulta a propagação do fogo, sendo estes fatores muito importantes para facilitar as ações de combate e minimizar os danos causados às florestas.

4.4.5. Aceiros

São faixas largas, onde a continuidade da vegetação é interrompida ou modificada com a finalidade de dificultar a propagação do fogo e facilitar o seu combate. Nos primórdios da utilização dessa técnica, a sua construção baseava-se exclusivamente na remoção do material combustível, eliminando um dos elementos essenciais da reação da combustão. Com o surgimento de novos produtos, de equipamentos e de estudos recentes sobre barreiras vegetais (aceiros verdes), o conceito de aceiro foi ampliado.

O emprego de aceiros da forma tradicional tem algumas restrições quando se relaciona a fragilidade do solo com a topografia e com os recursos financeiros disponíveis. Essas variáveis, consideradas isoladamente ou em diferentes combinações, contribuem para a redução de danos ambientais, para o aumento da eficiência do aceiro e para a maximização dos benefícios a custos mais reduzidos. Os custos são um dos principais elementos a serem considerados no manejo do material combustível, sendo importantes a extensão da área manejada e a metodologia empregada (XANTHOPOULOS, 2002).

Geralmente a localização dos aceiros externos depende da presença de alguns fatores de risco para a ocorrência de incêndio florestal, dentre eles podemos destacar a presença humana e atividades silvipastoris. Sendo assim sempre se deve dar atenção especial para as áreas limítrofes a zonas habitadas, áreas adjacentes às áreas agrícolas, e próximas às áreas de recreação ao ar livre. No entanto, estradas públicas, estradas de ferro, afloramentos rochosos e rios atuam como aceiros e auxiliam no combate a incêndios florestais.

Os aceiros constituem uma técnica usada no mundo inteiro, em povoamentos plantados são usados para reduzir o risco de incêndios, sendo realizado os talhonamentos de áreas, geralmente podendo dividir a plantação em talhões preferencialmente de 20 a 50 ha, nunca extrapolando os 100 ha o talhão. Sendo as áreas sugeridas uma combinação de proteção e economia. A largura do aceiro varia de acordo com o grau de risco do local e o tipo de floresta. Sendo a largura estabelecida pelo tamanho médio da vegetação, geralmente utiliza-se 2 vezes a altura das árvores. De um modo geral devido à raramente o incêndio começar no interior da floresta, os aceiros internos são mais estreitos (5 a 20 m) e os externos mais largos (20 a 100 m). Existe uma estreita relação entre a largura mínima dos aceiros e a declividade do terreno (Tabela 1).

Tabela 1: Relação da Largura Mínima dos Aceiros em Função da Declividade do Terreno. (PREVFOGO, 2004)

DECLIVIDADE (%)	LARGURA MÍNIMA(m)
0 a 15	3
16 a 25	10
26 a 35	15
36 a 45	25
≥46	35

4.4.6. Queima Controlada

É definida como a aplicação controlada do fogo em combustíveis tanto no estado natural como alterado, sob determinadas condições de clima, umidade do material combustível, umidade do solo, de tal forma que o fogo seja confinado a uma área pré-determinada, e ao mesmo tempo produza a intensidade de calor e a taxa de propagação necessária para favorecer certos objetivos do manejo (WADE e LUNSFORD, 1989). A (Figura 3) está caracterizando o procedimento da queima controlada.



Figura 3: Queima controlada sendo feito com pinga-fogo(Ibama,2001).

Desconsiderar as variáveis que influenciam a ignição e a dispersão das chamas é um dos mais graves problemas do emprego do fogo para o manejo do solo. Atualmente, não se utiliza qualquer critério técnico, que tenha relação com o comportamento do fogo, para se permitir a queima controlada. Desse modo o fogo, enquanto queima controlada, deve ter um planejamento prévio, no qual os fatores diretamente relacionados com o seu comportamento

precisam ser considerados, como o clima, o material combustível e todas as suas características, a topografia, as técnicas de ignição, as ferramentas, os equipamentos apropriados para a sua aplicação e o cumprimento da legislação.

De acordo com (RIBEIRO e BONFIM, 2000), queima controlada é uma ação planejada, com objetivos claramente definidos, cujos efeitos são esperados dentro de limites aceitáveis.

O fogo utilizado como queima controlada tem causado grandes incêndios florestais pelo desconhecimento e pela falta de compromisso de seu usuário com relação aos cuidados mínimos, visando apenas a obtenção dos objetivos da queima (RIBEIRO, 2000).

A queima controlada é o método mais prático, econômico e eficiente de redução de material combustível. O seu uso em povoamentos florestais ainda está em prática experimental, embora os resultados de trabalhos conduzidos por (BATISTA, 1995) tenham demonstrado a eficiência e viabilidade desta técnica em plantações de *Pinus taeda* e *Eucalyptus viminalis*.

A influência do fogo sobre as atividades diárias do homem é registrada até os dias de hoje, sendo muito marcante na área rural, sob a justificativa de ser uma forma rápida e barata de se preparar a terra para a agricultura ou renovar a pastagem para a pecuária. Tal prática no meio rural, principalmente nas áreas cobertas por florestas, pode ser caracterizada sob dois aspectos: o primeiro, como um evento casual, acidental e, por conseguinte, inesperado ou imprevisível para o proprietário ou para o administrador da área. Neste caso, ele é denominado de incêndio florestal, podendo ser classificado, sob o ponto de vista legal, como incêndio florestal doloso ou culposos.

O incêndio doloso é aquele que, embora tenha sido um acontecimento não previsto para quem administra a área, foi planejado pelo agente causador. É um crime, conforme previsto na legislação pertinente e sujeito às penalidades administrativas, civis ou criminais. No crime culposos, embora o causador tenha responsabilidade civil pelo ocorrido, não se caracteriza dolo, mas os efeitos ao ambiente podem ser igualmente danosos.

A segunda forma de manifestação do fogo no meio rural é o seu emprego como um instrumento de manejo do solo. Assim sendo, o fogo é considerado uma técnica, como qualquer outra, que produz efeitos benéficos e maléficos, onde for aplicada. Entretanto, é importante salientar que o usuário do fogo deve procurar maximizar os benefícios e minimizar os efeitos indesejáveis.

A queima do material combustível florestal (qualquer material vegetal vivo ou morto) provoca os mais variados efeitos no ambiente. Esses efeitos são tão mais complexos, quanto mais vulneráveis estiverem as variáveis que determinam o comportamento do fogo. De igual maneira, os efeitos serão tão mais drásticos, quanto mais fora de controle estiver o fogo. Por essa razão, o incêndio florestal criminoso é potencialmente mais danoso que qualquer outro tipo de queima.

O uso do fogo controlado, aplicado seguindo corretamente a legislação vigente, pode ser um elemento importante nos planos de prevenção de muitas áreas plantadas no Brasil, não apenas para a redução do material combustível, como sendo importante, pois influi na conscientização dos que usam fogo nas áreas rurais, e, está comprovado que “proibir queimar” é uma política ineficaz enquanto que “ensinar a queimar” reduz o risco de danos e possibilita a obtenção de benefícios que o fogo pode trazer para os agricultores, pecuaristas e florestais.

4.5. Técnicas de combate

Para se atacar um incêndio existem três métodos básicos: o direto, o paralelo e o indireto.

No método direto (Figura 4) a atuação é feita diretamente na frente de avanço do fogo, o fogo é atacado diretamente com ferramentas, abafadores, terra ou água. É um método possível quando a intensidade do fogo ou da fumaça é baixa, permitindo aproximação do pessoal de combate. A vantagem deste método consiste no corte imediato da propagação do fogo, no entanto, este método apresenta uma desvantagem, a dificuldade em se combater na margem dos incêndios que apresentam alta intensidade calórica devido a fumaça e a magnitude das chamas.



Figura 4: Método direto de combate (ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS, 2003)

O método paralelo consiste na construção de uma linha, em forma paralela ao avanço, a uma distância das margem das chamas (geralmente superior a 3 metros), especialmente nos flancos de maneira a reduzir o comprimento da cabeça do fogo. A construção da linha é seguida com a aplicação de fogo para eliminar o restante do material combustível. Não é possível a aproximação do pessoal de combate, pois a intensidade do fogo ou da fumaça é maior, o qual poderá então ser atacado diretamente com ferramentas, abafadores, terra ou água.

As vantagens deste método se baseiam na instalação de uma linha, que pode ser eficaz no controle de incêndios, que se propagam em altas velocidades, com alta liberação calórica. Aliás a supervisão pode ser fácil e também se pode utilizar o uso de maquinário pesado no controle dos incêndios florestais. No entanto este método apresenta algumas desvantagens, sendo elas, o uso de contra-fogos que podem ser de alto risco complicando ainda mais a situação em vez de resolvê-la. Outra desvantagem está na determinação da distância correta entre a linha e a margem do fogo, pois pode custar uma parte valiosa de floresta queimada desnecessariamente.

O método indireto (Figura 5) se fundamenta na aplicação do contra-fogo, que é realizado queimando a vegetação da linha de controle até a margem do fogo. A aplicação do

contra-fogo pode ser realizada a partir de caminhos, aceiros já instalados ou faixas. Neste método a intensidade do fogo ou da fumaça é alta e não há possibilidade de aproximação. A técnica do contra-fogo é arriscada e recomendável apenas para situações de emergência ou críticas, sendo importante uma boa qualificação do pessoal de combate e uma boa instrumentação para o combate.



Figura 5: método indireto de combate (ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS, 2003).

Nos programas de treinamento deve ser enfatizado que para o uso do fogo é necessário:

- Sistema de aceiro com largura adequada e localização correta em relação ao vento e à frente de fogo;
- Um número de pessoas suficientes para atuar no combate ao fogo a ser controlado, mais as pessoas suficientes para controlar a nova linha de fogo a ser colocada (o contra-fogo);
- Pleno conhecimento da área onde o fogo está ocorrendo e das áreas ameaçadas;
- Certificar-se de que na colocação do contra-fogo não serão atingidos brigadistas que estão no combate, casas, animais e outros bens.

4.5.1. Pré-Supressão

A eficiência no combate começa com um sistema de detecção eficaz, capaz de descobrir um incêndio no máximo até 15 minutos após o início do próprio, tudo isso requer uma rápida rede de comunicação e mobilização de pessoal. Devido a isso, um treinamento correto e freqüente das brigadas de primeiro combate é essencial para o combate eficaz. A disponibilidade de equipamentos e produtos adequados para a extinção do fogo também são fundamentais para o combate correto.

Quando um incêndio florestal se inicia, uma série de atividades precisam desenvolver-se. O primeiro é a detecção, que se trata do tempo decorrido entre o início do fogo e o momento em que alguém o vê. Assim como todos os males, o incêndio é mais fácil de ser combatido quando ainda é pequeno, logo, um eficiente sistema de detecção é fundamental para o gerenciamento de um combate a um incêndio (SOARES e BATISTA, 2001).

(BATISTA e SOARES, 2003) definem materiais de controle de incêndios florestais como os equipamentos adequados, produtos ou ferramentas utilizados para quebrar a combinação de combustão entre o oxigênio, calor e combustível.

Os equipamentos de combate aos incêndios florestais devem ser adequados às condições ambientais da área a ser protegida. Estes equipamentos irão sofrer algumas variações em tipo e número, de acordo com o ecossistema considerado (MEDEIROS, 2002).

Equipamentos de proteção individual e auto-salvamento desenvolvidos para o uso florestal: roupas, óculos, capacete, botas, cantil, luvas, perneiras, apitos, binóculos, gps, bússola e sinalizadores e kit-meteorológico. Equipamentos manuais (Figura 6) para equipes de primeiro combate: abafadores, queimadores, extintores costais, ferramentas combinadas (mc load e pulaski), moto-serra, enxada, foice, pá, etardantes de longa e curta duração, gel potencializador e extintores químicos e explosivos (BATISTA e SOARES, 2003).



Figura 6 : Algumas ferramentas usadas na extinção dos incêndios florestais (UOV, 2004)

O treinamento de brigadas de primeiro combate é o ponto chave para o sucesso da operação de supressão do fogo. Pessoas bem qualificadas, tanto nas técnicas de combate como no manuseio de ferramentas manuais e outros equipamentos usados na extinção do fogo, têm uma maior chance de dominar e controlar o fogo em menos tempo, reduzindo assim os danos causados.

Também é importante ressaltar o avanço na tecnologia de combate aos incêndios, com o surgimento de novos produtos e equipamentos nas últimas décadas, o que possibilitou a melhora na eficiência no combate aos incêndios.

4.5.2. Combate

A prevenção como vimos anteriormente é muito importante, porém a eliminação total da ocorrência de incêndios é uma meta inatingível, portanto torna-se necessário estar preparado para o combate dos incêndios florestais. A eficiência no combate é medida pela velocidade de extinção do incêndio, desde a ignição até o domínio do fogo. O ataque correto e rápido é essencial para que o mesmo não se torne muito forte, devido a dificuldade de combate à incêndios de altas intensidades. Depois de certa intensidade somente a chuva, a neve, mudanças meteorológicas ou a presença de grandes obstáculos podem deter um incêndio de grande proporção.

O combate deve estar voltado para suprimir o incêndio por meio da ação em um ou mais dos componentes do triângulo do fogo, ou seja, combustível, oxigênio e calor (FIEDLER e MEDEIROS, 2000). Segundo (LIN e HARLOW, 1998), atualmente os manejadores estão se conscientizando que a supressão do fogo não pode ser feita indefinidamente e que o fogo faz parte da natureza.

As operações de combate aos incêndios florestais sempre trazem riscos para as pessoas. Assim, segundo (VÉLEZ, 2000), as equipes que estarão envolvidas em operações de combate a incêndios devem ser compostas por pessoas que inicialmente dominem as técnicas que o trabalho envolve e saibam avaliar o risco que enfrentam, portanto é fundamental que as pessoas que estejam envolvidas nessas operações sejam treinadas preliminarmente.

Mesmo os mais eficientes programas de prevenção não conseguem inibir totalmente a ocorrência de incêndios, por este motivo, quando ocorrerem, eles devem ser combatidos de forma eficiente para evitar danos maiores. A operação de combate envolve seis fases que são as seguintes:

- Detecção - tempo entre o início do fogo e o momento em que ele é percebido por alguém.
- Comunicação - tempo entre a detecção e o recebimento da informação pelas pessoas responsáveis pelo combate. Quanto menor o fogo mais fácil seu combate. Assim, o ideal é que este tempo seja o menor possível e que a comunicação seja o mais exata, para evitar deslocamentos e gastos de energia desnecessários. Meios de comunicação via rádio são altamente recomendáveis neste caso.
- Mobilização - tempo entre a comunicação e a saída do pessoal de combate. Para maior eficiência o ideal é que o pessoal mobilizado, mesmo voluntário, esteja previamente treinado e com equipamento adequado para que possam ser definidas atribuições durante o combate.
- Chegada ao local - tempo entre a saída do pessoal e a chegada da primeira turma ao combate. Como a locomoção é uma das dificuldades inerentes a combates a incêndios em montanhas, parte dos equipamentos de combate podem estar descentralizados para poupar esforços no transporte em longas distâncias.
- Estudo da situação - tempo gasto pelo responsável pelo combate para avaliar o comportamento do fogo e planejar a estratégia de combate. Os minutos gastos neste estudo podem poupar precipitações e várias horas de trabalho posterior, evitando aceiros inadequados, combates em áreas de pouca importância ou exposição de combatentes a riscos desnecessários.
- Combate ao incêndio - tempo gasto na eliminação do fogo e no rescaldo.

No combate a incêndios, a disciplina e o comando adequado são essenciais para o sucesso. A comunicação entre estes chefes e o responsável pelo combate deve ser freqüente, daí a importância de meios de comunicação eficientes como o rádio.

É recomendável também que as ferramentas e equipamentos sejam usados apenas para este fim, em boas condições e armazenado em locais adequados. A vegetação local, o pessoal disponível, o tamanho da área e a topografia influenciam na escolha do material.

4.6. Fatores que influenciam no comportamento do fogo

Os incêndios florestais se comportam de acordo com o ambiente em que se desenvolvem. O número de fatores externos que influem no comportamento do fogo é tão grande que é impossível prever com precisão o que sucederá quando se inicia um fogo. Para melhor compreendê-los, pode-se classificá-los em três grupos: os combustíveis florestais, os fatores climáticos e as características topográficas.

4.6.1. Material Combustível

Os combustíveis florestais são materiais que estão disponíveis no meio ambiente e que podem entrar em ignição e queimar. Sendo assim, quanto mais seco estiver o combustível florestal, maior a possibilidade de ele entrar em combustão. Quanto maior a quantidade de material combustível sendo queimado, maior será a quantidade de calor liberado. Quanto mais calor for sendo despreendido, mais se propagará e estenderá o incêndio. Alguns combustíveis florestais queimam melhor do que outros porque contêm ceras e óleos inflamáveis. A dimensão e a disposição dos combustíveis florestais também influenciam no comportamento do fogo.

Em relação à continuidade que é definida como a distribuição dos combustíveis nos planos horizontal e vertical. É o principal fator no comportamento do fogo. A continuidade horizontal vai determinar a distância percorrida pelo fogo, e este ainda, diretamente relacionada com a velocidade do fogo. A continuidade vertical define a velocidade e ao tempo para que o incêndio superficial se transforme em incêndio de copa (BROWN e DAVIS, 1973).

A compactação do material combustível é definida como o espaçamento entre os materiais combustíveis acamados, ou seja, refere-se à proximidade que existe entre as partículas de combustíveis, em relação a livre movimentação de oxigênio, o qual se requer para que exista a combustão. A compactação afeta a taxa de secagem e a velocidade de propagação. A compactação é uma característica oposta à continuidade. Quanto maior a continuidade maior a taxa de propagação, enquanto que maior a compactação significa menos calor e menor velocidade de propagação devido à falta de oxigênio em volta das partículas combustíveis (SOARES, 1985).

4.6.1.1. Classificação dos combustíveis

O material florestal combustível presente na floresta, classifica-se em:

- Perigoso = pequenos galhos (com diâmetro inferior a 1 cm), folhas, líquens, musgos e gramíneas, todos em estado seco. Produzem muita chama e muito calor.
- Semi-perigoso = galhos com diâmetro superior a 1 cm, troncos caídos, tocos e húmus. Embora de ignição mais lenta, dão intenso calor e podem manter combustão latente e reiniciar incêndios tidos como controlados.

- Verdes = vegetação viva existente na floresta. Devido ao alto teor de umidade, são às vezes considerados "não inflamáveis". O calor desenvolvido pela combustão dos outros materiais entretanto, pode secar esse material "verde", tornando-o assim inflamável como os demais.

4.6.1.2. Classes de Combustível

Os tipos de vegetação influenciam de maneira significativa no potencial de propagação dos incêndios, e em relação a isso a (tabela 2) diz respeito entre a relação do tipo de formação vegetal e a propagação do fogo.

Tabela 2: Nível de Propagação dos Incêndios em Função do Tipo de Formação Vegetal (PREVFOGO, 2004).

TIPO DE FORMAÇÃO VEGETAL	PROPAGAÇÃO
Povoamentos de coníferas	Mais rápida e intensa
Povoamentos de folhosas	Mais lenta
Florestas plantadas	Mais rápido
Florestas naturais	Mais lenta
Pastagens e campos	Mais rápida, principalmente depois de geada

4.6.2. Fatores Climáticos

Os fatores climáticos são importantes, pois exercem influência marcante sobre as florestas. Esta influência pode ser benéfica ou prejudicial ao desenvolvimento das árvores, dependendo da forma de atuação desses fenômenos naturais. A maioria dos agentes atmosféricos, quando atuam de maneira normal, são essenciais e indispensáveis ao crescimento das árvores. Uma planta necessita, por exemplo, certa quantidade de água e calor para o seu crescimento. Se estes fatores estão presentes em quantidades convenientes, as plantas crescem mais rapidamente.

Quando, contudo um ou mais influentes atmosféricos estão presentes em quantidades exagerada ou insuficiente, os resultados sobre o crescimento das árvores, e, por conseguinte os desenvolvimentos da floresta, podem ser muito mais maléficos que benéficos. Além do efeito direto exercido sobre a floresta pelos agentes atmosféricos, podem ocorrer efeitos indiretos, como o enfraquecimento individual das árvores, favorecendo assim o ataque de fungos e insetos.

Os elementos climáticos mais importantes, para a avaliação do comportamento do fogo, são: a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e o regime eólico (ventos – sua intensidade e direção). A literatura mundial afirma, inclusive, que o clima é o fator preponderante na propagação dos incêndios florestais, e, de certa forma, os demais elementos (vegetação e relevo) são por ele demasiadamente influenciados, embora o contrário também ocorra.

Em relação à umidade os materiais combustíveis são afetados também pela quantidade de vapor de água encontrada no ar, já que eles absorvem a umidade existente. Como o ar, comumente, é mais seco durante o dia, é mais fácil controlar um grande incêndio durante a noite, quando os materiais combustíveis estão úmidos, dificultando a propagação do fogo.

A ausência de chuvas é quiçá o fator climático que mais influi sobre a ocorrência de incêndios florestais porque o ar torna-se mais rarefeito, fazendo com que a vegetação torna-se principal material combustível.

A umidade atmosférica é também um elemento importante na avaliação do grau de dificuldade de combate aos incêndios. Dados sobre ocorrências de incêndios florestais demonstram que quando a umidade relativa desce ao nível de 30% ou menos, torna-se extremamente difícil combater um incêndio (GAYLOR, 1974; BATISTA, 1984).

4.6.3. Topografia

As características topográficas são, também, fatores decisivos no comportamento do fogo.

As características do terreno onde ele ocorre, ou seja, aquelas relativas à superfície terrestre, em particular à posição e configuração das colinas, montanhas, planos, vales, rios e lagos. Deste modo, as barreiras naturais, como rios, córregos, caminhos, terrenos pedregosos impedem e/ou dificultam a propagação do fogo.

A velocidade desenvolvida por um incêndio florestal morro acima é quase diretamente proporcional à inclinação topográfica. Esta rápida propagação, se explica pelo fato de as partículas de combustível ficarem mais próximas da chama do fogo, que seca e aquece com mais intensidade os materiais florestais que estão na parte de cima do declive do que os situados abaixo; o ângulo formado pelo declive aproxima os materiais das chamas, aumentando a ação do calor; há também um acréscimo de superfície do combustível exposto às ondas de calor irradiado.

As formas que o relevo apresenta têm influência no vento, na temperatura e na umidade relativa do ar e, como consequência, condicionam a propagação dos incêndios florestais. As seguintes características topográficas afetam as condições meteorológicas de várias maneiras:

A altitude influencia a distribuição e quantidade de vegetação, a água começa a rarear nos cumes e depois, progressivamente, até os vales. Além disso as folhosas não suportam o frio e as geadas, e a pouca água que reteriam seria facilmente evaporada pelas suas largas folhas, levando-as à morte. Daí, nessas altitudes, encontrarmos uma vegetação característica do tipo “altimontana”, onde as espécies vegetais possuem características físicas que as permitem reter uma certa quantidade de água necessária à sua sobrevivência. Esse tipo de vegetação é mais caracterizado pela presença de herbáceas (vegetação rasteira) e de pequenos arbustos, que, por conterem menos água que as folhosas, tornam-se mais combustíveis, especialmente nesta época crítica (CBMERJ, 2004).

A exposição das vertentes indica a orientação de uma encosta em relação aos pontos cardeais e influencia a temperatura. Por exemplo, ao meio dia registram-se diferença dos valores de temperatura entre uma vertente virada ao Norte, que se apresenta mais quente do que uma outra virada ao Sul, mais fria. Para observar estas diferenças, basta olhar com atenção para os combustíveis existentes numa e noutra encosta que, muitas vezes, nestas circunstâncias são diferentes, adaptando-se às condições edafo-climáticas locais. As formas de relevo afetam os ventos e criam microclimas próprios. O declive corresponde à inclinação do terreno. Quanto mais inclinado for o terreno mais se dobram as chamas no sentido da

propagação. Por esse motivo, o declive exerce grande influência no desenvolvimento das colunas de convecção, afetando, deste modo, a velocidade de propagação (CBMERJ, 2004).

As encostas apresentam diferentes características, das quais se destacam: no seu terço inferior as temperaturas são mais altas e há, em regra, mais vegetação; no terço médio formam-se cinturões térmicos (ar mais quente no meio da encosta) durante a noite; no terço superior ocorrem variações bruscas de ventos e existe menos vegetação.

Os vales e demais linhas de água têm, em geral, mais vegetação do que as encostas. Da base para o cume a vegetação vai rareando e a secura aumenta. Nos vales ocorrem mudanças bruscas na velocidade de propagação das chamas, como é o exemplo do perigoso efeito de chaminé, que consiste na criação de correntes ascendentes muito intensas, que facilitam o pré-aquecimento dos combustíveis e desenvolvem grande velocidade de propagação das chamas.

4.6.4. Vento

A forma e velocidade de propagação de um incêndio florestal são controladas pelo vento (Figura 7). O material combustível seco queima mais facilmente e com mais força ao soprar do vento, levando as chamas ou labaredas a passarem de um material combustível para outro e, assim sucessivamente, transformando-se em um incêndio de grandes proporções e de difícil controle. O ar seco e a alta temperatura fazem com que os combustíveis florestais sequem rapidamente, desse modo favorecendo sua ignição, ativação e posterior combustão. Os materiais combustíveis pré-aquecidos pelo sol queimam-se com maior facilidade do que aqueles que estão frios. A temperatura do solo, do mesmo modo aumenta a corrente de ar que, aquecida pelo sol, seca o material combustível, fazendo com que ele se queime mais facilmente. Quanto mais forte for o vento, mais rápido o fogo se difundirá.



Figura 7: Propagação do incêndio em função do vento (ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS, 2003).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no trabalho permitem a formulação das seguintes conclusões:

A identificação e análise dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais possibilitam um melhor manejo do fogo, sendo importante para a diminuição dos danos causados por incêndios florestais.

Em relação ao comportamento do fogo ficou evidenciado que o incêndio florestal se comporta de acordo com o ambiente em que se desenvolve. A ação do fogo é governada por princípios gerais da combustão, e a compreensão desses princípios é o ponto fundamental para a correta análise do comportamento do fogo.

Desta forma o estudo demonstrou que os fatores topográficos influenciam através da declividade, altitude, configuração e exposição. Os fatores meteorológicos influenciam no comportamento do fogo através da radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e principalmente pelo vento e por fim o material combustível, sendo este o único fator manejável e pode influenciar no comportamento do fogo através da continuidade da vegetação, através da distribuição espacial das espécies, compacidade entre as partículas, espessura das partículas, qualidade do combustível e por fim a vegetação influencia na resistência ao controle.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, A. C. *Incêndios Florestais*. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco - Curso de Engenharia Florestal. 115 p, 1990.

BATISTA, A. C., *Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de incêndios florestais*. 1995.

BATISTA, A. C. Determinação de umidade do material combustível sob povoamentos de *Pinus taeda*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 61p. (dissertação de mestrado). 1984.

BATISTA, A.C, SOARES R.V. Manual de prevenção e combate a incêndios florestais. Curitiba, fundação de pesquisas florestais do Paraná, 2003. 52 p.

BOTELHO, H. S., et all. Encontro pedagógico sobre fogos florestais. UTAD, Vila Real, Portugal, 1996.

BROWN, A. A. e DAVIS, K. P. *Forest Fire – Control and Use*. New York, McGraw Hill, 2nd Ed, 1973.

CBMERJ, Informações sobre a avaliação do comportamento do fogo nos incêndios em vegetação. 2004.

CRUTZEN, P.J., GOLDAMMER J. G. Fire in the environment: The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires. Dahlem Workshop Reports. Environmental Sciences Research Report 13. John Wiley & Sons, Chichester, 400 p. 1993.

ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS. Combate a incêndios florestais (vol. XIII). Manual de Formação Inicial do Bombeiro. Quinta do Anjinho – Ranholas. 2003.

FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. In: Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra. IBAMA. Brasília. 67 p.2000.

GAYLOR, H. P. Wildfires – Prevention and Control. Robert J. Brady, Bowie, 319p. 1974.

GOLDAMMER, J.G. Wildfire management in forests and other vegetation : A global perspective. Disaster Management;5(1):3-10, 1993;

HALTENHOFF, Manual Técnico N° 18 Silvicultura Preventiva, Santiago, CHILE. **1998.**

IBAMA-PREVFOGO. Manual de operações de prevenções e combate aos incêndios: comportamento do fogo/ Paulo Cezar Mendes Ramos.- Brasília: Ibama, 2004.

LIN, R.R.; HARLOW, F.H. Use of transport models for wildfire behaviour simulations. Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial-ADAI : Luso, Coimbra, Portugal, 1998. Vol. I. p. 363-372.

MEDEIROS, M. B Manejo do fogo em unidades de conservação do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 10, p. 76-89, 2002.

NUNES, R.S. FMA+: um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná - Brasil Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2005.

RIBEIRO, G. A. *Eficiência de um retardante de longa duração na redução da propagação do fogo*. *Árvore* vol.30 n°6 Viçosa Nov./Dec. 2006.

RIBEIRO, G. A., *Estratégias de prevenção contra os incêndios florestais*. *Floresta* 34, Mai/Ago, 2004, 243-247, Curitiba, PR.

RIBEIRO, G. A. Queima controlada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 4 p. 2000.

RIBEIRO, G.A.; BONFIM, V.R. Incêndio Florestal versus queima controlada. **Ação Ambiental**, Viçosa, Ano II, n. 12, 2000.

RIBEIRO, G. A.; SOARES, R. V. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. **Cerne**. Lavras, v. 4, n. 1, p.58-72, 1998.

SANTOS, J. F. Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2004.

SILVA, J.C. Diagnóstico das áreas de maior incidência de incêndios florestais em unidades de conservação, Tese (mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília. 2001.

SOARES, R. V., *Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo*. Curitiba: FUPEF, 213 p, 1985.

SOARES, R.V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**, v. 22, n. 1-2, p.39-54, 1992.

SOARES, R. V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp na região de Sacramento (MG). **Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 48-62, 1979.

SOARES, R.V e BATISTA, A. C. Combustão da Biomassa e Propagação dos Incêndios – Associação Brasileira de Agricultura Superior – Universidade Federal do Paraná - Curso de Especialização – Módulo II – Brasília 2001.

VÉLEZ, R. M. La selvicultura preventiva. Ministério de médio ambiente. Madrid 2004.

VÉLEZ, R. M. La defensa contra incêndios forestales. Madrid: McGraw Hill, **2000**.

XANTHOPOULOS, G. Shrub removal cost estimation for fire hazard reduction in Mediterranean Forest condition. In: VIEGAS, D.X. Forest Fire Research & Wildland fire Safety. Luso, Coimbra, Portugal, novembro de 2002.

WADE, D. D ; LUNSFORD, J. D. A guide for prescribed fire in Southern forests. Technical Publication, Atlanta, USDA. Forest Service, 56 p 1989.