



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**CADERNO DIDÁTICO:
CFL 506 - PROTEÇÃO FLORESTAL**

**Elaborado por:
Prof. Dr. Mauro Valdir Schumacher
Eng. Ftal. M.Sc. Doutorando Eleandro José Brun
Eng. Ftal. M.Sc. Doutoranda Francine Neves Calil**

Santa Maria – 2005

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	5
2. INTRODUÇÃO À PROTEÇÃO FLORESTAL.....	6
2.1. OBJETIVOS E IMPORTÂNCIA DA DISCIPLINA.....	6
2.2. RELAÇÃO COM OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO.....	6
2.3. CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES CAUSADORES DE DANOS À FLORESTA	9
3. INCÊNDIOS FLORESTAIS	12
3.1. CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	12
3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	18
3.3. DANOS CAUSADOS	22
3.4. PRINCÍPIO DE COMBUSTÃO.....	23
3.5. PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIOS.....	29
3.6. COMPORTAMENTO DO FOGO	31
3.7. EFEITOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	32
3.7.1.1. Combate a incêndios.....	32
3.7.1.2. Destruição de animais nocivos, insetos e enfermidades.....	33
3.7.1.3. Favorece a germinação de sementes e regeneração de espécies florestais.....	33
3.7.1.4. Limpeza do terreno	34
3.7.1.5. Redução do material combustível.....	34
3.7.1.6. Melhora atributos do solo	32
3.7.2.1. Danos ao solo	32

3.7.2.2. Capacidade produtiva da floresta	34
3.7.2.3. Aspecto recreativo da floresta	34
3.7.2.4. Fauna silvestre	35
3.7.2.5. Vegetação	36
3.7.2.6. Caráter protetor da floresta	37
3.7.2.7. Ar Atmosférico	38
3.7.2.8. Propriedades diversas	40
3.7.2.9. Vida humana	40
3.8. ÍNDICE DE PERIGO DE INCÊNDIOS	40

4. PLANEJAMENTO, PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS E REALIZAÇÃO DE QUEIMAS CONTROLADAS 43

4.1. QUEIMADAS CONTROLADAS OU PRESCRITAS	45
4.2. PLANO DE QUEIMA	50
4.3. EXTINÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	51

4.3.2.1. Segurança no Transporte para o Local do Incêndio	52
4.3.2.2. Deslocamento da Equipe Rumo ao Incêndio.....	53
4.3.2.3. Segurança em Combate no Campo.....	53
4.3.2.4. Organização do Pessoal em Combate.....	54
4.3.2.5. Função do Chefe da Brigada	54
4.3.2.6. Responsabilidades do Chefe da Brigada	55
4.3.2.7. Primeiros Socorros	55
4.3.2.8. Uso de Ferramentas	57
4.3.2.9. Manutenção das Ferramentas	58
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

5.1 INTRODUÇÃO	ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.
Parâmetros do Fogo	61
Níveis de queima	61

TESTEMUNHA..... 65

Parâmetros do Fogo	66
Níveis de queima	66
spp.....	67
.....	67

Solanaceae	67
.....	67
Rutaceae	67
Coentrilho	67
Rutaceae	67

CONCLUSÕES

6. AGENTES ATMOSFÉRICOS E SEUS EFEITOS SOBRE A FLORESTA..... 70

5.1. GEADA.....	70
5.2. VENTO	73

5.3. CALOR	77
5.4. EROSÃO	77
5.4.1.1. Erosão geológica ou natural	78
5.4.1.2. Erosão acelerada	78
5.4.2.1. Erosão Laminar ou entre Sulcos	78
5.4.2.2. Erosão em Sulcos	78
5.4.2.3. Erosão em Voçorocas	79
5.4.3.1. Desagregação	80
5.4.3.2. Transporte	80
5.4.3.3. Deposição	80
5.4.4.1. Chuva	80
5.4.4.2. Solo	80
5.4.4.3. Topografia	81
5.4.4.4. Uso e manejo do solo	81
5.4.4.5. Práticas conservacionistas	82
5.4.5.1. Desagregação do solo	82
5.4.5.2. Transporte	83
5.4.5.3. Deposição	83
5.4.5.4. Formas de Erosão Eólica	83
5.4.5.5. Fatores que afetam a Erosão Eólica	83
5.5. SECA	85
7. DANOS CAUSADOS POR ANIMAIS NA FLORESTA.....	87
7.1. ANIMAIS DOMÉSTICOS	87
7.2. ANIMAIS SELVAGENS	87
7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	89
8. ANEXOS	91

1. APRESENTAÇÃO

A Disciplina de Proteção Florestal é parte integrante do conjunto de disciplinas obrigatórias do currículo atual do Curso de Graduação em Engenharia Florestal da UFSM, assim como nos demais cursos pelo Brasil e mundo.

Devido ao fato de a mesma ser ministrada durante o último ano do curso, a mesma agrega conteúdos que fazem com que o aluno, no desenvolver dos temas, busque conhecimentos já adquiridos em outras disciplinas do currículo, fazendo com que o tema “Proteção Florestal” se torne amplo e multidisciplinar.

Este fato também faz com a responsabilidade sobre quem ministra a disciplina seja grande, pois a partir do término da mesma, o aluno está quase a ponto de sair para o mercado de trabalho, formado e plenamente disposto a pôr em prática os seus conhecimentos.

Desta forma, a elaboração deste caderno didático procura suprir uma necessidade de informação escrita (bibliografias) a respeito do tema em nosso Curso e ser uma boa fonte de consulta ao profissional, principalmente o recém formado.

2. INTRODUÇÃO À PROTEÇÃO FLORESTAL

2.1. Objetivos e importância da disciplina

A Proteção Florestal é o ramo da silvicultura que objetiva proteger a floresta de seus inimigos, através do controle, prevenção e manejo de seus agentes.

A importância da proteção se faz sentir em todas as etapas do ciclo da vida de uma árvore ou de uma floresta. Alguns autores chegam mesmo a afirmar que a proteção florestal representa 90% da silvicultura. Analisando esta afirmação, conclui-se que não há tanto exagero como pode parecer à primeira vista. Efetivamente, antes mesmo de lançarmos ao solo a semente ou plantio de mudas, de qualquer essência florestal, já teremos tomado medidas preventivas de proteção para que esta semente ou muda possa germinar e crescer num ambiente livre de qualquer praga ou enfermidade. Um exemplo típico desta afirmação é a imunização do solo de canteiros antes da semeadura de *Pinus* e *Eucalyptus*, a fim de evitar o ataque de fungos causadores do tombamento (*Phytophthora*). Ainda quando as plantas encontram-se em fase de viveiro, estamos periodicamente aplicando medidas de proteção, ora erradicando ervas daninhas, ora combatendo insetos, ora protegendo contra geadas, enfim, sempre protegendo cuidadosamente a futura árvore. Ao levar-nos a muda para o terreno definitivo, este já deverá estar livre de pragas (especialmente formigas), para garantir um ambiente em que a planta possa desenvolver-se normalmente. E desta maneira, durante todo o período de vida da árvore a proteção estará sempre presente visando evitar ou eliminar os danos que poderão advir do ataque de fungos, insetos, animais, incêndios, etc.

2.2. Relação com outras áreas do conhecimento

Apesar de sua íntima ligação com a silvicultura, a Proteção Florestal exige, para seu perfeito entendimento e efetiva aplicação, conhecimentos básicos de outros ramos da ciência florestal, os quais serão discorridos abaixo.

2.2.1. Legislação Florestal

Para se formular um plano de proteção, adotar medidas preventivas ou proteger eficazmente o patrimônio florestal é necessário, antes de tudo, conhecer toda a legislação florestal vigente para que não se tome medida arbitrária que possam vir de encontro às leis atuais. (Ver os entraves das leis, no que se refere ao manejo de florestas nativas).

2.2.2. Meteorologia

A probabilidade ou frequência de ocorrência de incêndios florestais está ligada às condições meteorológicas locais, entre elas temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade e direção do vento. Portanto, o conhecimento e a interpretação dos dados meteorológicos é de fundamental importância, principalmente na prevenção dos incêndios florestais.

A temperatura do ar e do material combustível afeta direta e indiretamente a possibilidade de ocorrência e principalmente o potencial de propagação de incêndios. Os dados de temperatura, necessários para cálculos de índices de perigo de incêndios, podem ser obtidos em estações meteorológicas, em condições mais próximas possíveis dos povoamentos em que se quer realizar a avaliação de risco.

A Umidade relativa do ar é um dos principais meios de se medir a umidade atmosférica, sendo amplamente usada nos estudos relacionados a incêndios florestais. Ela se caracteriza pela relação entre a quantidade de vapor d'água presente em um certo volume de ar (pressão real de vapor d'água) e a quantidade que este mesmo volume conteria se estivesse saturado.

O vento se caracteriza pelo movimento de ar das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão. Além das características de circulação geral dos ventos no sentido pólos-equador deve-se considerar outros efeitos como movimento de rotação da terra, fricção, topografia e massas de água. Em função destes efeitos existem muitos outros movimentos locais que tornam bastante complexa a distribuição dos ventos na superfície terrestre.

2.2.3. Zoologia

Conhecimentos básicos sobre hábitos e costumes dos animais domésticos e selvagens são de grande importância para se prevenir os danos que eles podem causar às florestas. Principalmente nas últimas décadas, com a destruição de muitos habitats naturais de espécies da fauna, em função da expansão de fronteiras agrícolas, estes se tornaram nocivos a plantações florestais, principalmente em função da carência alimentar daí decorrente.

2.2.4. Entomologia

Para se tomar as medidas necessárias à prevenção dos danos causados pelos insetos ou para combatê-los eficazmente, são necessários conhecimentos de entomologia, uma vez que as pragas florestais apresentam comportamentos distintos e são necessários conhecimentos de sua biologia visando definir a melhor forma de atuação na prevenção e controle dos mesmos.

2.2.5. Fitopatologia

Dentre os organismos deste Reino Vegetal, uma variada gama de espécies de fungos são grandes inimigos das florestas e por isso é necessário conhecer suas formas de ataque e propagação. À medida que estes organismos apresentam condições bem típicas de desenvolvimento, muitas vezes o controle e prevenção pode ser realizado com o uso de técnicas adequadas de manejo, não sendo necessária à aplicação de fungicidas, muitas vezes danosos à saúde humana e ao meio ambiente.

2.2.6. Manejo Florestal

Uma floresta bem manejada possibilita uma proteção bem mais eficiente contra todos os efeitos daninhos. A formulação de um plano de proteção florestal, para uma floresta específica ou para toda uma empresa florestal, é facilitada quando existe um bom plano de manejo implantado na mesma. Logo o conhecimento do manejo e ordenamento é necessário à proteção florestal.

2.2.7. Topografia

Principalmente na proteção contra incêndios, a topografia do terreno exerce grande influência, tornando-se, pois, necessário o seu conhecimento. Estudos já realizados comprovam que, em situações de aclive, para florestas de eucalipto, a velocidade de propagação de um incêndio florestal dobra em um aclive de 10° e é quatro vezes maior em aclive de 20°.

2.2.8. Outros de menor importância

Existem outros ramos da ciência que possuem menor importância no contexto da proteção florestal como é o caso da edafologia, ecologia, economia, etc.

Além de exigir conhecimentos básicos dos assuntos enumerados, a proteção florestal sofre influências também de diversos outros fatores ligados à ciência florestal. Assim é que em florestas implantadas, a escolha da espécie adequada às condições locais é de grande importância na futura proteção das mesmas. Certamente, uma espécie bem adaptada será sempre mais resistente, pelo seu melhor desenvolvimento e maior índice de sanidade ao ataque dos agentes daninhos que uma espécie já debilitada pela má aclimação. Como exemplo desta afirmação podemos citar o plantio do híbrido de *Eucalyptus*, por exemplo, em um local que periodicamente é atingido por geadas. Sendo esta espécie bastante sensível a este fenômeno, periodicamente as árvores são “queimadas” por ela (as árvores podem ficar completamente secas dependendo da intensidade da geada) e, portanto, mais sujeitas à destruição pelo fogo (*Eucalyptus* sp. em condições normais é bastante resistente ao fogo), ou a um ataque de insetos e fungos, que encontrando a árvore já enfraquecida poderão assumir caráter letal.

As condições locais ou regionais são também de grande importância para se implantar métodos de proteção. Logicamente, regiões de climas, solos e por consequência vegetação diferente, exigirão técnicas preventivas e adaptadas às condições específicas de cada região.

2.3. Classificação dos agentes causadores de danos à floresta

A floresta está sempre sujeita a diversas espécies de danos, provocados por vários agentes daninhos. Esses efeitos variam, em ordem de importância, em cada região e permitem também diferentes classificações dependendo do ponto de vista dos autores. Adotamos uma classificação que, para nossas condições, nos parece a mais lógica:

- 1- Incêndios florestais;
- 2- Plantas (incluindo fungos, ervas daninhas e parasitas);
- 3- Insetos;
- 4- Animais domésticos e selvagens; e,
- 5- Agentes atmosféricos.

Os incêndios de um modo geral ocupam o primeiro lugar dentre os agentes destruidores da floresta. Por este motivo, a proteção florestal geralmente concentra as maiores atenções para o problema do fogo. Esta atenção especial é plenamente justificável, uma vez que os incêndios geralmente causam a total destruição da floresta, além de ser uma ameaça constante às construções, aos animais domésticos e à própria vida humana. No entanto, apesar da importância que devemos dar ao problema do fogo, não podemos negligenciar os outros ramos da proteção.

Em certas regiões, os danos causados por insetos e fungos podem causar mais danos que o fogo. Muitas vezes não se nota isto a primeira vista, porque o trabalho destes agentes daninhos é geralmente muito vagaroso, menos alarmante e menos perceptível. No entanto, a atividade desses agentes é constante e não existem florestas completamente livres deles.

No Rio Grande do sul pode-se citar o surgimento da vespa da madeira () que danifica as características físicas da madeira de espécies do gênero Pinus, especialmente e , podendo levar a morte das árvores.

Os animais domésticos e selvagens são agentes que podem às vezes, dependendo do local, assumir caráter bastante prejudicial, principalmente no início da instalação de povoamentos.

A extensão dos danos causados as florestas pelos efeitos atmosféricos, embora evidentes, são sempre mais difíceis de se estimar que os causados por outros efeitos. Os efeitos do calor, frio, seca, água, vento e outros agentes atmosféricos são tão imprescindíveis que uma exata estimativa dos danos é impraticável. Sem dúvida, a soma total das injúrias causadas pelos diversos agentes atmosféricos pode exceder, em certas épocas, aquelas causadas por outros inimigos. Além disso, os agentes atmosféricos podem causar condições favoráveis ao ataque de outros agentes tais como insetos e

fungos. Não se pode esquecer que os agentes atmosféricos estão sempre, indiretamente ligados aos danos causados pelo fogo à floresta. O grande incêndio ocorrido no Paraná em 1963 foi um exemplo típico.

As fortes geadas e o grande período de seca propiciaram as condições ideais para a propagação do fogo. Não há dúvida de que, sem condições climáticas favoráveis, não ocorrem incêndios.

É importante salientar que qualquer um desses efeitos citados pode, em certas ocasiões e em certos locais, assumir proporções de verdadeiras catástrofes. Assim sendo, a proteção florestal, deve ser prevista para todos os agentes daninhos a fim de podermos, a qualquer momento, organizar e aplicar as medidas de controle necessário.

2.3.1. O homem como fonte de danos à floresta

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.

Nos países americanos, a maioria dos incêndios é causada direta ou indiretamente pelo homem. Geralmente esses incêndios são provocados por descuido ou negligências, porém algumas vezes podem ser intencionais. A educação do homem no sentido de corrigir os descuidos, reprimir os propósitos intencionais e principalmente dar ao homem a visão correta das necessidades de se proteger a floresta, deve ser uma preocupação constante e prioritária nos planos de proteção florestal.

O homem tem responsabilidade, quer direta ou indiretamente no estabelecimento de várias enfermidades e pragas nas florestas. Através dos incêndios e dos aproveitamentos irracionais o homem está debilitando as árvores, diminuindo consideravelmente sua resistência e com isto, expondo a floresta ao ataque de fungos ou insetos. Desta maneira ele está indiretamente contribuindo para o estabelecimento de doenças e ataque de insetos às florestas. De outra forma, ao importar ou transportar materiais florestais, tais como sementes, madeiras, flores, e outros, de outras regiões ou outros países sem tomar os devidos cuidados, isto é, sem observar as medidas preventivas que o caso requer (quarentena, imunização, etc.) o homem está contribuindo diretamente para a introdução de outras pragas ou doenças. Convém lembrar, como exemplo desta situação, a destruição das plantações de

que começaram a ser instaladas no Brasil, vinham apresentando um ótimo crescimento, quando por negligência ou falta de medidas preventivas na importação de materiais, introduziu-se

também o fungo _____, que dizimou todos os plantios de _____ existentes na época. E uma praga desta natureza dificilmente, ou talvez nunca, poderá ser definitivamente dizimada.

Com relação ao ataque de animais domésticos e selvagens, o homem exerce também grande influência. Os animais domésticos (bovinos, eqüinos, caprinos, etc.) são introduzidos pelo homem na floresta e geralmente causam grandes prejuízos à mesma, seja diretamente através de danos físicos, ou indiretamente através dos efeitos sobre o solo. A maioria das injúrias causada por animais selvagens é também de responsabilidade humana, por modificar o equilíbrio biológico da floresta, diminuindo ou destruindo, dentre outras coisas, a fonte alimentar dos animais, e estes na luta pela sobrevivência passam a causar sérios danos à floresta.

Os agentes daninhos que estão fora da responsabilidade humana são os atmosféricos. Apesar disso, os efeitos provocados pelos agentes atmosféricos podem ser maximizados ou minimizados através de um mau ou bom manejo. Uma floresta mal manejada pode facilitar a erosão do solo ou ainda expor as árvores à ação mecânica do vento, provocando sérios prejuízos.

Em vista disto é evidente que o homem, embora indiretamente, pode contribuir para o agravamento de danos produzidos por certos agentes atmosféricos.

Diante de todos estes fatos, concluímos que a ação do homem influi diretamente no sucesso ou fracasso de qualquer empreendimento florestal. O homem é sem duvida o maior e mais importante causador de danos à floresta, e paradoxalmente, é também o único responsável pela sua proteção.

3. INCÊNDIOS FLORESTAIS

3.1. Causas dos incêndios Florestais

O conhecimento das causas 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. Tal aspecto já foi brevemente exemplificado no capítulo anterior (Ver: Perfil de um incendiário) e serão agora mais detalhadamente abordados os principais fatores de causa de um incêndio florestal.

As causas dos incêndios florestais são numerosas e de caráter muito variável. Torna-se necessário, para efeitos estatísticos, então estabelecer um padrão destas causas, para ser usado em todo o país. Uma classificação a ser adotada em todo o Brasil, por ser completa é a descrita abaixo.

3.1.1. Raios

São incêndios causados direta ou indiretamente, por descargas elétricas. São os únicos que não constituem responsabilidade humana e, por isto mesmo, sua prevenção é praticamente impossível. Em certas regiões (noroeste dos EUA) esta causa pode adquirir grande ação destrutiva. No Brasil não são muito comuns em virtude das tempestades serem acompanhadas de precipitação. Porém já ocorreram, focos iniciais de incêndios por raios, focos estes que foram prontamente debelados, pois foram descobertos no dia seguinte à tempestade e não haviam se propagado ainda, em virtude da umidade do material florestal.

3.1.2. Incendiários

Neste grupo estão incluídos os incêndios provocados intencionalmente, por pessoas, em propriedade alheia.

Pode-se distinguir dois tipos de incendiários: aquele que age por vingança e o que age inconscientemente, por um desequilíbrio mental qualquer, tornando-se um "piromaniaco".

Pesquisa que está sendo realizada em Portugal já aponta algumas características especiais de pessoas piromaniacas. Tais dados, segundo a psicóloga Cristina Soeiro, divulgada na Revista Proteção Civil (2002), servirão de base para o delineamento de ações públicas de educação e também punição para estas pessoas.

Em Portugal existem muitos incêndios florestais e alguns urbanos, onde as causas podem ser diversas, mas o mais difícil de definir é o perfil dos indivíduos que cometem este crime.

Cristina Soeiro, psicóloga do Instituto Superior de Polícia Judiciária e Ciências Criminais revelou ao Serviço Nacional de Proteção Civil que o instituto está realizando uma pesquisa de caracterização sócio-psicológica do incendiário português.

Adiantando alguns dados, que virão a ser aprimorados na seqüência do estudo, a psicóloga deu alguns traços gerais que caracterizam o perfil destes indivíduos e salientou que a maioria dos incendiários assume o crime devido à pena que sofreu, mas muitos não indicam as motivações.

Segundo a pesquisa, a piromania (ato de um indivíduo cometer o crime de incendiário por prazer) faz parte da tipologia de incendiários pouco usuais no país. Os traços gerais das condições sociais e psicológicas de um presumível incendiário são listadas abaixo:

a) Incendiário rural

- A idade varia entre os 18 e 80 anos;
- Tem comportamento não violento;
- As causas têm mais a ver com vinganças de partilhas e divisões de terras;
- Apresentam dificuldades de aprendizagem que pode depender do contexto onde estiveram inseridos;
- Indivíduo com problemas psiquiátricos associados a problemas psicológicos;
- Tem uma profissão não qualificada, mas estão já há vários anos com o mesmo emprego;
- Persiste uma instabilidade familiar;
- Solteiro;
- Consumidor de álcool;
- Os crimes são perpetrados contra o património (propriedades);
- O crime é feito longe do local de trabalho;
- De um modo geral, atua individualmente, à exceção dos jovens, que atuam em grupo.

b) Incendiário urbano

- A idade varia entre os 18 e 80 anos;
- Tem comportamento mais violento e agressivo;
- Tem uma ficha criminal considerável;
- O crime na sua maior parte serve para ocultar provas e como forma de expressão;
- Sofre de problemas psicológicos mais graves;
- Tem um emprego mais qualificado, mas instável;
- Persiste uma instabilidade familiar;
- Solteiro;

- Consumidor de álcool e drogas;
- Os crimes são contra o patrimônio (propriedades) e pessoas;
- O crime é feito no local de trabalho e noutros pontos.

Apesar de nenhum trabalho semelhante ser conhecido no Brasil, o exemplo de Portugal serve para que seja demonstrada a importância que é dada ao tema naquele país. Alerta também para que um trabalho neste nível, se aqui fosse realizado, certamente traria resultados interessantes a serem aplicados na educação de todas as pessoas. Este aspecto deve ser parte integrante de um plano de prevenção de incêndios para uma empresa, bacia hidrográfica ou região inteira.

3.1.3. Queimas para limpeza

Compreende os incêndios florestais originados de fogo usados na limpeza do terreno, para qualquer propósito (agricultura, pastagem, reflorestamentos) que por negligência ou descuido tenham escapado ao controle atingindo áreas florestais. Nos países tropicais, de uma maneira geral, está é a principal causa dos incêndios florestais. O grande incêndio que assolou o Paraná em 1963 originou-se principalmente da prática de se queimar áreas a fim de prepará-las para o cultivo agrícola. Como na época do ano, devido às fortes geadas, propicia à propagação do fogo e não foram tomados os cuidados necessários, o fogo escapou ao controle dos agricultores e se expandiu de maneira catastrófica. Esta prática de se preparar terreno para agricultura através de fogo ainda é muito usada atualmente, justamente na época mais perigosa do ano (agosto e setembro, para esta região), ameaçando constantemente as áreas florestais de novas catástrofes.

Na Amazônia, de acordo com o Instituto de Pesquisas Ambientais da Amazônia – IPAM (2003), a pecuária e a agricultura de corte e queima são dependentes do fogo como instrumento de manejo. No entanto, este mesmo fogo frequentemente foge ao controle e atinge áreas não destinadas à queima. Neste cenário, os produtores acabam sendo desmotivados a fazer investimentos em sistemas agro-florestais, em culturas permanentes e até em cercas, devido ao alto risco de perderem tudo com um fogo acidental. A expansão da rede rodoviária favorece a pecuária extensiva e a agricultura de subsistência, que por sua vez levam a maior incidência de fogo acidental, reforçando a permanência das atividades extensivas de pecuária e agricultura de subsistência. Este primeiro ciclo vicioso pode acelerar o desmatamento em grande escala, conforme está ilustrado na Figura 1.

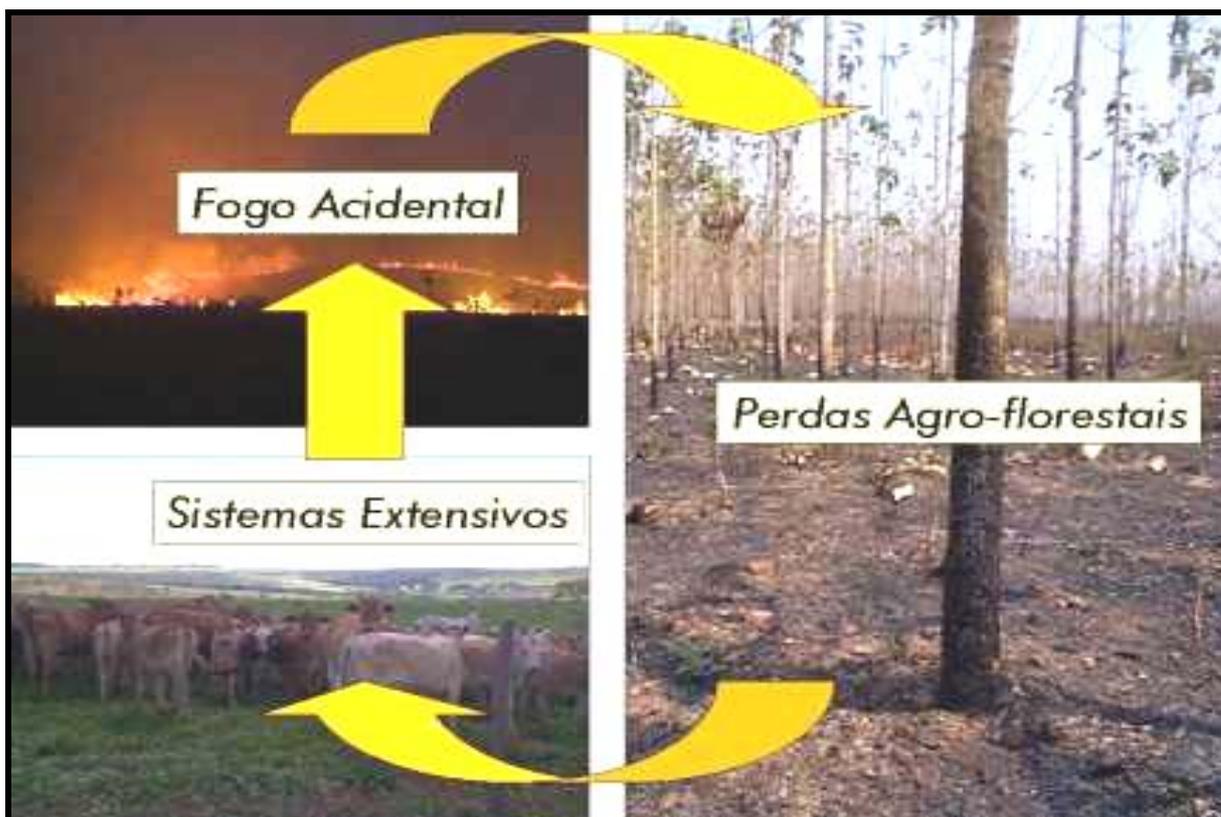


Figura 1: Ciclo vicioso entre sistemas de produção extensivos, fogo acidental e perdas em sistemas intensivos. O fogo usado na abertura e manejo de pastagens e na agricultura de corte e queima geralmente foge ao controle, queimando culturas perenes, sistemas agro-florestais e florestas manejadas para produção madeireira. Estas perdas estimulam produtores a continuarem optando por sistemas de produção extensivos, mantendo sua dependência do fogo (Fonte: IPAM, 2003).

Seguindo-se a isso, o uso da queima, seja ela acidental ou provocada intencionalmente, para a formação de pastagens para pecuária extensiva, acarreta outros problemas com o passar dos anos. Casos muito típicos têm acontecido no estado de Roraima, onde os agricultores queimam a floresta para a instalação de pastagens. Após alguns anos de pastejo, já começam a aparecer manchas, em meio às gramíneas, de solo descoberto, o qual dará início, na época das chuvas, a processos erosivos (Figura 2).

Tendo em vista que a pecuária no norte do país é uma atividade que merece maiores cuidados, uma vez que a lotação de animais por área deve ser pequena, visando a não degradação do solo (altamente intemperizado, frágil, onde a degradação já iniciou quando da passagem do fogo), a situação descrita é mais freqüente em pequenas e médias propriedades, onde o proprietário, visando obter lucros capazes de manter a sua família através da pecuária, não tendo área disponível para tanto, acaba por colocar muitos animais por hectare, em sua propriedade, dando início ao processo de degradação.



Figura 2: Pastagem com, no máximo 5 anos de implantação, em processo de degradação do solo (observar manchas brancas, solo exposto). Se o proprietário continuar com a mesma lotação de animais e não realizar nenhuma recuperação da área, o processo iniciado com o fogo terminará pela degradação total da área. (Foto: Eleandro José Brun, Caroebe-RR, 2001).

3.1.4. Fumantes

Neste item estão incluídos os incêndios originados por fósforos e pontas de cigarros acesas, que são atiradas displicentemente por fumantes descuidados. Esta é a uma das maiores causas de incêndios florestais nos Estados Unidos, Canadá, Europa, Austrália e União Soviética. Provavelmente esta seja a causa onde mais se evidencia a falta de cuidado do homem na proteção das florestas contra incêndios.

No Brasil, principalmente na época mais seca do ano para as regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, intensificam-se os focos de incêndios provenientes de pessoas descuidadas que jogam cigarros ou fósforos acesos no chão. Casos típicos ocorrem nas margens de rodovias, onde o motorista, ao jogar uma bituca de cigarro acesa pela janela de seu carro, poderá estar dando início a um grande incêndio, onde o fogo começa no capim a margem da rodovia e posteriormente se espalha, podendo queimar florestas e residências.

3.1.5. Fogos campestres

Nesta classe estão incluídos os incêndios florestais originados de fogueiras feitas por pessoas que estejam acampadas, caçando ou pescando na floresta ou proximidades.

Não se incluem aqui os trabalhadores florestais que estejam em atividade, pois são considerados em um grupo separado. Os parques florestais abertos à recreação estão sempre sujeitos a este tipo de incêndio, devido ao descuido e irresponsabilidade de certas pessoas que os visitam.

3.1.6. Operações florestais

Inclui-se neste grupo os incêndios causados por trabalhadores florestais, quando em atividade na floresta. Para melhor definir esta causa serão citados dois exemplos hipotéticos:

1. O primeiro foi um incêndio que se originou da fogueira que um operário florestal fez para aquecer sua comida e não apagou com o devido cuidado.
2. Em outra ocasião, um trabalhador florestal ao derrubar uma árvore, ativou um formigueiro que se encontrava próximo à base da árvore, e as formigas (muito agressivas) não permitiam que ele se aproximasse da árvore derrubada para continuar seu trabalho. Ele então ateou fogo ao formigueiro para matar as formigas e, descuidadamente, permitiu que o fogo se expandisse dando origem ao incêndio.

3.1.7. Estradas de ferro

Sob esta classificação estão incluídos os incêndios que direta ou indiretamente são causados pelas atividades em estradas de ferro. Como causa direta podemos definir as fagulhas desprendidas das locomotivas, que encontrando a vegetação seca, podem causar incêndios. Com o uso de máquina diesel-elétrica, este perigo tem diminuído sensivelmente. Como causa indireta pode-se citar os materiais acesos (fósforos, estopas encharcadas de óleo) atirados por passageiro e maquinistas.

As propriedades florestais que são cortadas por estrada de ferro necessitam de uma vigilância constante ao longo do seu percurso, para se evitar possíveis incêndios.

3.1.8. Diversos

Nesta classe são incluídos os incêndios que não podem, satisfatoriamente, serem classificados em nenhum dos outros grupos analisados. São causas pouco frequentes, que ocorrem esporadicamente e por esta razão não justificam uma classificação especial. Um exemplo típico de classificação neste grupo seria os incêndios causados pelos balões de festas juninas.

O conhecimento das causas dos incêndios é básico para a elaboração de planos de prevenção. Ainda hoje o Brasil não possui uma estatística confiável que permita o conhecimento das principais causas dos incêndios nas diversas regiões do país. É de extrema importância, portanto, que os órgãos competentes e mesmo as empresas verticalizadas que fazem reflorestamento, mantenham um banco de dados das ocorrências e causas dos incêndios florestais, para que sejam tomadas medidas concretas de proteção através da elaboração de planos de prevenção.

3.2. Classificação dos incêndios florestais

Incêndio florestal é o termo utilizado para definir um fogo incontrollado que se propaga livremente e consome os diversos tipos de material combustível existentes em uma floresta. Apesar de não ser muito apropriado, o termo incêndio florestal é muitas vezes generalizado para definir incêndios em outros tipos de vegetação tais como: capoeiras, campos e pradarias (Soares & Batista, 2002).

A classificação mais adequada para definir os tipos de incêndios se baseia no grau de envolvimento de cada estrato do combustível florestal, desde o solo mineral até o topo das árvores, no processo da combustão. Neste caso, os incêndios são classificados em subterrâneos, superficiais e de copa (Figura 3).

3.2.1. Incêndios subterrâneos

São geralmente ocasionados pelo fogo que queima sob a superfície do solo (incêndio superficial), face à grande acumulação de matéria orgânica, húmus ou turfa em determinados tipos de florestas. Os tipos de solos em que se produzem estes incêndios se caracterizam por seu grande conteúdo de umidade, os quais, em determinadas circunstâncias, quando secam, ardem facilmente, dando origem às vezes a sérios incêndios.

O fogo avança, nessas ocasiões, com elevada temperatura, tornando difícil o combate do mesmo. Algumas vezes um incêndio subterrâneo se transforma em superficial.

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.

3.2.2. Incêndios de Superfície

São os que se desenvolvem na superfície do piso da floresta, queimando os restos vegetais não decompostos tais como folhas, galhos, gramíneas, 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 são os mais comuns de todos os tipos, podendo ocorrer em todas as regiões onde ocorra vegetação. É também a forma pela qual começam quase todos os incêndios, isto é, praticamente todos os incêndios iniciam como fogos superficiais.

Havendo condições favoráveis, tais como tipo de vegetação, material combustível, intensidade de fogo, condições atmosféricas, os incêndios superficiais podem dar origem tanto a incêndios de copa como subterrâneos, quer as condições favoreçam a um ou outro tipo.

Em condições normais, nas plantações de *Pinus* sp. geralmente desenvolvem-se incêndios superficiais devido às características do material combustível existente no sub-bosque e das próprias árvores, onde é difícil o fogo subir até as copas. Isto não significa que as copas não possam queimar, pois um fogo intenso poderá secá-las através do calor irradiado e num segundo estágio destruí-las totalmente. Em condições normais, pode-se citar os incêndios que se desenvolvem em plantações de *Pinus* sp. como exemplo de incêndios superficiais.

A maneira de queimar, a forma final da área incendiada, a rapidez de propagação e a intensidade do fogo dependem de:

- Características e quantidade de material inflamável;
- Topografia;
- Condições atmosféricas.

3.2.3. Incêndios de Copa

São considerados incêndios de copas os que queimam combustíveis acima de 1,80 metro de altura. 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.

As condições fundamentais para que haja ocorrência de incêndios de copa são folhagem combustível e presença de vento para transportar o calor de copa em copa.

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.

Portanto este tipo de incêndio desenvolve-se especialmente em povoamentos de coníferas, embora existam também algumas espécies de folhosas com folhagem inflamável e por esta razão também sujeita aos incêndios de copas.

Pelas características do material combustível e pelas próprias características dos incêndios de copa, são os mais difíceis de serem combatidos. Em povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*

sp., existindo condições favoráveis, especialmente idade, densidade e condições atmosféricas, geralmente ocorrem incêndios de copas.

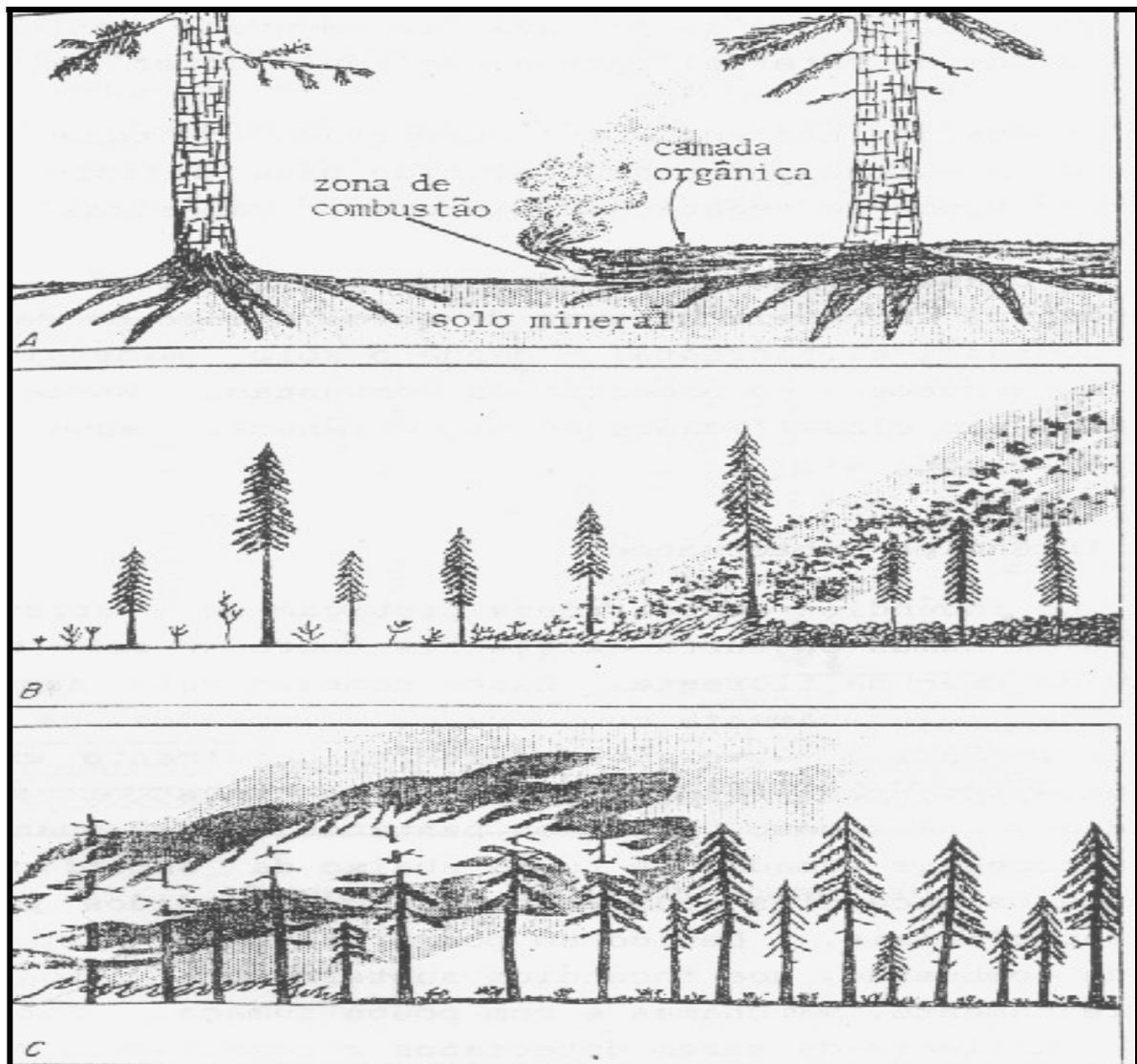


Figura 3: Tipos de incêndios florestais (A: subterrâneo; B: superficial; C: de copa). Fonte: Soares (1985).

É importante mencionar ainda que os três tipos de incêndios descritos podem e acontecem simultaneamente ou nas diversas combinações possíveis, dependendo das condições existentes.



Figura 4: Incêndio de superfície (fogo superficial). Fonte: UOV (2004).



Figura 5: Incêndio de copa. Fonte: UFRRJ (2005).

Existe outro meio de se classificar os incêndios, tendo relação com a área queimada. O Serviço Florestal dos Estados Unidos adota uma classificação, mas esta não se adapta muito bem às condições brasileiras, pelas características diferentes de vegetação, clima, sistema métrico e principalmente de meios de proteção, ocasionando uma grande diferença de tamanho e outras particularidades entre os incêndios nos EUA e no Brasil. SOARES (1985) sugere, através da observação prática das características dos incêndios no Brasil, especialmente no Paraná, uma classificação um pouco diferente a ser adotada (Tabela 1).

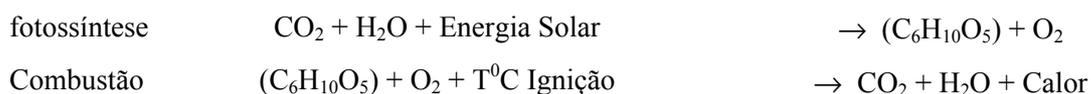
Tabela 1: Classificação dos Incêndios Florestais segundo a área queimada.

Classes	Área queimada (ha)	
	EUA	Brasil
A	< 0,1	< 1
B	0,1 – 4	1 – 10
C	4 – 40	10 – 100
D	40 – 120	100 – 1000
E	> 120	>1000

3.3. Danos causados

Existe uma relação entre fogo e silvicultura que é de vital importância para o Engenheiro Florestal. A silvicultura comercial está diretamente dirigida à produção de fibra de madeira e a criação e manutenção de uma cobertura verde. Basicamente, a silvicultura consiste em manejar a 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 celulose e outros carboidratos. O processo é lento e contínuo.

O fogo, por sua vez, rapidamente reverte o processo e libera, sobre forma de calor, a energia armazenada pela fotossíntese. O fogo, portanto é o processo inverso da fotossíntese, ou seja, é um processo de decomposição.



3.3.1. Danos diretos

Os danos diretos são aqueles visíveis e de fácil avaliação, como por exemplo, a quantidade de madeira queimada, as construções destruídas, etc, em um incêndio florestal.

3.3.2. Danos indiretos

São aqueles danos que só serão visíveis com o decorrer do tempo, como por exemplo, o assoreamento dos rios, inundações, erosão, perdas no turismo e aspecto recreativo, etc.

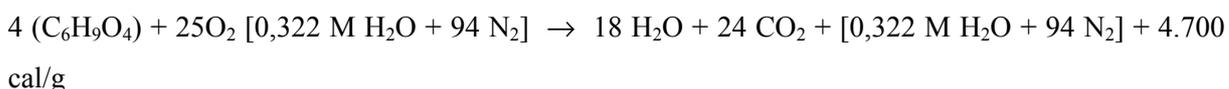
Os incêndios florestais podem causar diversos tipos de danos às florestas, dependendo das condições existentes, principalmente tipos de florestas, combustível e clima. Estes danos vão ser descritos no item 2.6.2, onde serão abordados os efeitos maléficos do fogo.

3.4. Princípio de combustão

Para se entender como o fogo queima e os meios de manejá-lo eficazmente, é necessário primeiro entender o fenômeno do fogo. O que é o fogo? Por que e como ele queima? Por que existem chamas?

Fogo, de um modo geral, é o termo aplicado ao fenômeno físico resultante da rápida combinação entre o oxigênio e uma substância qualquer (resíduo florestal, serapilheira, por exemplo), com produção de calor, luz e geralmente chama. Fogo ou processo de combustão é, portanto uma reação de oxidação muito rápida, assemelhando-se à formação de ferrugem em um pedaço de ferro ou a decomposição de madeira, apenas muito rápida. O fogo pode ser considerado um rápido agente de decomposição. Isto pode ser evidenciado ao comparar as equações generalizadas da fotossíntese e da combustão.

Basicamente a combustão de material florestal pode ser expresso pela equação:



Os componentes entre colchetes, apesar de estarem presentes no momento da combustão, não participam da mesma. O número 0,322 resulta do produto: $[0,01 \text{ (porcentagem)} \times 4 \text{ (moléculas de "madeira")} \times 145 \text{ (peso molecular da madeira)}] / 18 \text{ (peso molecular da água)}$. O número 94 corresponde ao produto: $3,76 \text{ (proporção de Nitrogênio em relação ao Oxigênio da atmosfera)} \times 25 \text{ (moléculas de Oxigênio da equação)}$.

Analisando-se a reação de combustão do material florestal, percebe-se que ela move os três elementos básicos: COMBUSTÍVEL para queimar, OXIGÊNIO para manter as chamas e CALOR para iniciar e continuar o processo de queima. Esta inter-relação entre os três elementos, necessário para a ocorrência de qualquer incêndio florestal, é denominada "TRIÂNGULO DO FOGO" (Figura 6). A ausência de qualquer um dos três componentes do triângulo do fogo torna impossível a combustão.

A influência do oxigênio na combustão pode ser evidenciada através de uma simples experiência. Acende-se uma vela e coloca-se sobre ela uma campânula de vidro. A chama começará a diminuir a intensidade, até se extinguir completamente. Eliminando o oxigênio quebra-se o triângulo

do fogo e a combustão é contida. O ar atmosférico contém cerca de 21% de oxigênio, e experiências demonstram que se reduzindo esta concentração para 15% não há condições para a combustão ser realizada.



Figura 6: Triângulo do fogo. Fonte: (UOV, 2004).

Um exemplo que demonstra a importância da temperatura é o seguinte: pega-se uma folha de papel previamente umedecida e tenta-se queimá-la com um fósforo aceso. Isto não será possível, pois a temperatura produzida pelo fósforo será parcialmente consumida na secagem do papel e não será suficiente para elevar a temperatura deste até o ponto de ignição. No lugar do fósforo se for usado uma tocha, o calor desprendido por esta secará imediatamente o papel e provocará sua combustão. A temperatura de ignição da maioria dos materiais florestais está entre 260-400⁰C.

Quanto ao combustível, é visível sua função limitante, pois se não houver nada para queimar, logicamente não haverá incêndio. 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.

Quando o calor é aplicado a uma substância líquida ou sólida, as moléculas se movem mais rapidamente dentro destas substâncias. Quanto mais calor é aplicado, algumas dessas moléculas se desprendem para formar vapor ou gás. Caso exista calor suficiente, esse vapor converte-se em chamas.

A combustão do material florestal compreende basicamente três fases: pré-aquecimento, destilação e incandescência. Quando uma substância, líquida ou sólida, é submetida à ação do calor, suas moléculas se movem mais rapidamente, o que resulta num aumento da temperatura da substância. Aumentando-se a quantidade de calor, algumas destas moléculas se desprendem para formar vapor ou

gás. Existindo calor suficiente, este vapor, desde que seja inflamável, se converterá em chamas, iniciando o processo de combustão.

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 até a temperatura de ignição, aproximadamente entre 260 e 400°C para a maioria do material florestal. A temperatura de ignição será alcançada rápida ou lentamente, dependendo do tipo de combustível, seu conteúdo de umidade e seu estágio de maturação (se está verde ou em dormência, no caso de vegetação viva). 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. Nos combustíveis florestais, quando a temperatura aumenta, a hemicelulose, seguida da celulose e da lignina, começam a se decompor e liberam um fluxo de produtos orgânicos combustíveis (pirolisados) (Figuras 7 e 8). Devido esses gases estarem aquecidos, elevam-se misturando-se com o oxigênio do ar e incendeiam-se produzindo a segunda fase.

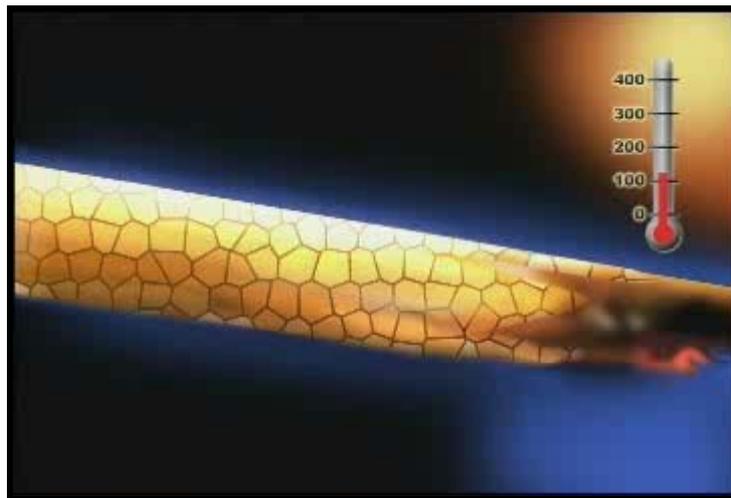


Figura 7: Esquema demonstrando a primeira fase da combustão (Fonte: UOV, 2004)



Figura 8: Na primeira fase da combustão não existe fogo, o combustível começa a esquentar e, normalmente libera água. (Fonte: UOV, 2004).

Na fase seguinte, de **destilação ou gasosa**, os gases destilados da madeira incendeiam-se e entram em combustão, produzindo chamas e altas temperaturas que podem atingir 1250°C ou um pouco mais. Nesse estágio do processo de combustão os gases estão queimando, mas o combustível propriamente dito ainda não está incandescente. Olhando-se atentamente para um pedaço de madeira que está queimando, por exemplo, um fósforo aceso, observa-se que as chamas não estão ligadas diretamente à superfície da madeira, mas separadas dela por uma fina camada de vapor ou gás. Isto ocorre porque combustíveis sólidos não queimam diretamente, necessitando primeiro serem decompostos ou pirolisados, pela ação do calor, em vários gases, uns inflamáveis e outros não. Os gases inflamáveis não possuem suficiente quantidade de oxigênio para queimar quando liberados da madeira, precisando primeiro se misturar com o ar em redor para formar uma mistura inflamável. Se a pirólise é lenta, pouco gás é destilado, e as chamas são curtas e intermitentes. Mas quando grandes quantidades de combustível estão queimando rapidamente, como em um incêndio florestal, o volume de gases é grande e alguns deles necessitam se expandir, afastando-se a consideráveis distâncias do combustível antes que a mistura se torne inflamável. Nesse caso, longas e compactas chamas são formadas (Figura 9).

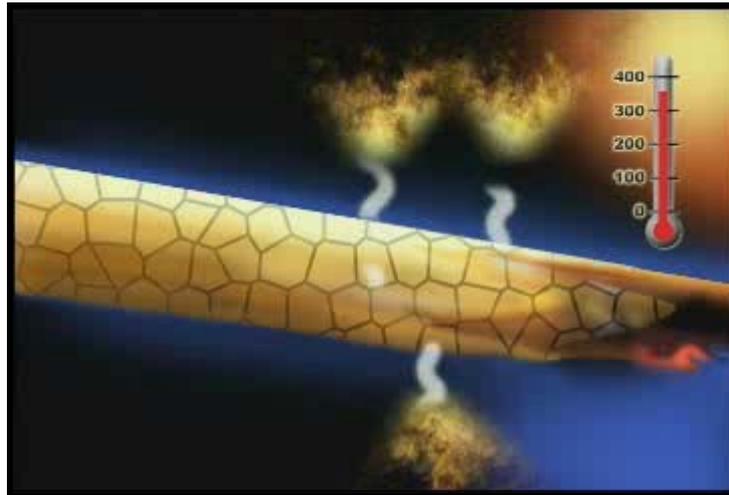


Figura 9: Esquema demonstrando a segunda fase da combustão (Fonte: UOV, 2004).

Na última fase, a **incandescência**, 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. A quantidade de calor liberada nessa fase depende do tipo de combustível, mas de um modo geral, pode-se dizer que 30 a 40% do calor de combustão da madeira está no seu conteúdo de carbono (Figura 10). A composição do carvão residual que é liberado após a fase de destilação varia de acordo com a temperatura em que ocorreu a destilação dos hidrocarbonos. Se ela ocorreu no limite inferior de temperatura, 260 a 300°C, o carvão retém considerável quantidade de alcatrão e o conteúdo de carbono pode ser apenas 60%. Mas a temperaturas normais de um incêndio florestal, 800°C ou mais, a porcentagem de carbono chega a 96%.



Figura 10: Terceira fase da combustão (permanência somente de brasas) (Fonte: UOV, 2004).

Embora haja certa superposição entre elas, as três fases da combustão podem ser perfeitamente observadas em um incêndio florestal. A primeira é a zona na qual folhas e gramíneas se enrolam e se crestam, 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. Após a passagem das chamas vem a terceira e menos distinta das zonas, a do consumo do carvão.

Uma aplicação prática da teoria das fases da combustão é a produção de carvão vegetal. Para produzir o carvão provoca-se a combustão de uma pilha de madeira, em ambiente semifechado, interrompendo-se o processo (através da eliminação do oxigênio) ao final da segunda fase, isto é, impedindo-se que o carvão resultante da fase de destilação seja consumido.

Em um incêndio florestal, podem ser identificadas as três fases simultâneas (Figura 11).



Figura 11: Três fases simultâneas em um incêndio florestal (Fonte: UOV, 2004).

3.4.1. Materiais combustíveis

Os materiais combustíveis podem, de acordo com suas dimensões e grau de inflamabilidade, serem classificados em combustíveis perigosos, semiperigosos ou de combustão lenta e combustíveis verdes.

Os **combustíveis perigosos** são representados por materiais que, em condições naturais, apresentam fácil e rápida combustão. Nesta categoria incluem-se cascas, ramos, galhos finos, folhas, pastos, musgos, líquens, etc, quando secos. São materiais que propiciam o início do fogo, e dependendo da magnitude e abundância, com uma combustão rápida, produzindo grandes chamas e muito calor, podem fazer com que os combustíveis semiperigosos e verdes sequem, tornando-se perigosos.

Os **combustíveis semiperigosos ou de combustão lenta** incluem o húmus, geralmente úmido, os ramos semi-secos, troncos caídos, etc. refere-se aos materiais lenhosos que em razão de sua estrutura, disposição, teor de água, não sejam capazes de queimar rapidamente. Levando em conta que o início do fogo nestes materiais seja mais difícil que nos materiais perigosos, estes são importantes no

avanço dos fogos lentos e para conservar latente a combustão, incidindo na propagação do fogo, uma vez que estes materiais, como, por exemplo, um tronco, poderá ficar por muitos dias queimando.

Os **combustíveis verdes** se referem à vegetação integrada por árvores, arbustos, ervas, etc, em estado vivo. Considerando que estes materiais verdes contem um grande teor de água, pode-se considerar que os mesmos são não inflamáveis, porém isso não impede que possam entrar em combustão, após um processo de perda de umidade, o qual poderá ocorrer enquanto o fogo queima o material perigoso e libera calor para aquecer e secar o mesmo.

A Figura 12 exemplifica a classificação dos materiais combustíveis acima descrita.



Figura 12: Queima de materiais perigosos (A), semiperigosos ou de combustão lenta (B) e verdes (C).

3.5. Propagação de incêndios

Uma fonte de calor suficientemente forte é uma condição necessária para que a combustão ocorra e se mantenha. Depois de iniciado o fogo, o calor deve ser transferido para outros combustíveis a fim de que o incêndio possa avançar ou se propagar. Essa transferência de calor é feita através de radiação, convecção e condução.

A radiação é a transferência do calor através do espaço, em qualquer direção, à velocidade da luz. Uma pessoa sentada ao lado de uma fogueira estará sendo aquecida pelo calor radiado da fonte sob forma de ondas. O aquecimento da terra durante o dia é consequência da radiação de calor pelo sol. A radiação de calor ocorre como uma lei natural muito importante em manejo de incêndios. A parte mais significativa desta lei se refere ao efeito da distância sobre a quantidade de calor transferida e diz que a transferência de calor por radiação varia inversamente com o quadrado da distância à fonte:

$$E_1/E_2 = d_2^2/d_1^2$$

Onde: E_1 e E_2 = Energia recebida nos pontos 1 e 2.

d_1 e d_2 = Distância dos postos 1 e 2 à fonte.

Por exemplo, imaginando-se três pessoas sentadas nas proximidades de uma fogueira, a mais próxima pode estar se sentindo confortável a uma distância de 2 m do fogo. A segunda, estando a 4 m do fogo (o dobro de distância) somente receberá a mesma quantidade de calor se o fogo for 4 vezes mais quente. A terceira pessoa está a 6 m de distância, ou seja, 3 vezes mais longe que a primeira, porém somente receberá a mesma quantidade de calor se o fogo for 9 vezes mais insuportável à pessoa próxima ao fogo. A radiação é muito importante em todos os incêndios, mas é o principal método de transferência de calor em grandes incêndios florestais.

A convecção é o movimento circular ascendente devido ao aquecimento de massas de ar. Por exemplo, em uma sala aquecida por um fogão, o ar em contato com o mesmo absorve calor por condução. O ar aquecido se expande tornando-se mais seco e mais leve que o ar frio ao redor. Sendo mais leve, esse ar tende a subir deixando espaço para a entrada de ar frio que também se aquecerá, dando assim início a um movimento constante.

Seguindo este princípio de convecção, o fogo pode criar condições de turbulência 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. Fagulhas podem ser levadas a grandes distâncias pelo movimento de convecção em incêndios de grande porte, dificultando bastante o controle dos mesmos.

A condução é a transferência de calor por contato direto com a fonte de calor. Por ser a madeira um mal condutor de calor, a transferência por condução tem pouca importância em incêndios florestais. O aquecimento de massas de ar através de condução é que apresenta um pouco mais de importância no controle de incêndios.

Um incêndio florestal apresenta várias formas de propagação. O incêndio superficial começa sempre através de um pequeno foco (fósforo aceso, fagulhas, toco de cigarro, pequena fogueira) e inicialmente se propaga de forma circular.

Algumas vezes o incêndio chega à floresta já com grandes dimensões, quando proveniente de uma queima em área agrícola nas proximidades da floresta, por exemplo. A propagação inicial do fogo, em forma circular, continuaria sempre assim se não ocorresse à influência de vários fatores que controlam e definem a forma e intensidade de propagação do incêndio.

O vento é o primeiro fator a manifestar sua influência, transformando a forma de propagação inicial que era circular em uma forma elíptica, desde que haja condições favoráveis, também em material combustível. Daí em diante o incêndio toma uma forma definida, compreendendo as seguintes partes: cabeça ou frente, flancos e base ou parte posterior. A Figura 13 ilustra a explanação.

A cabeça ou frente do incêndio é a parte que avança mais rapidamente e segue a direção do vento. A base ou parte posterior é a que avança lentamente contra o vento e, às vezes, se extingue por si só. Os flancos do incêndio ligam a frente à base. Com a mudança do vento ou em condições topográficas favoráveis, os flancos podem se desenvolver em outras frentes de incêndios. Em muitos

casos os flancos avançam com relativa lentidão, e nestes casos, os flancos constituem-se no melhor ponto para se iniciar o combate ao fogo.

Apesar do vento ser talvez o elemento de maior importância na forma e direção de propagação dos incêndios, não se pode esquecer também da influência do material combustível e topografia. Em terrenos com declividade acentuada o fogo tende a se propagar montanha acima, tomando uma forma triangular.

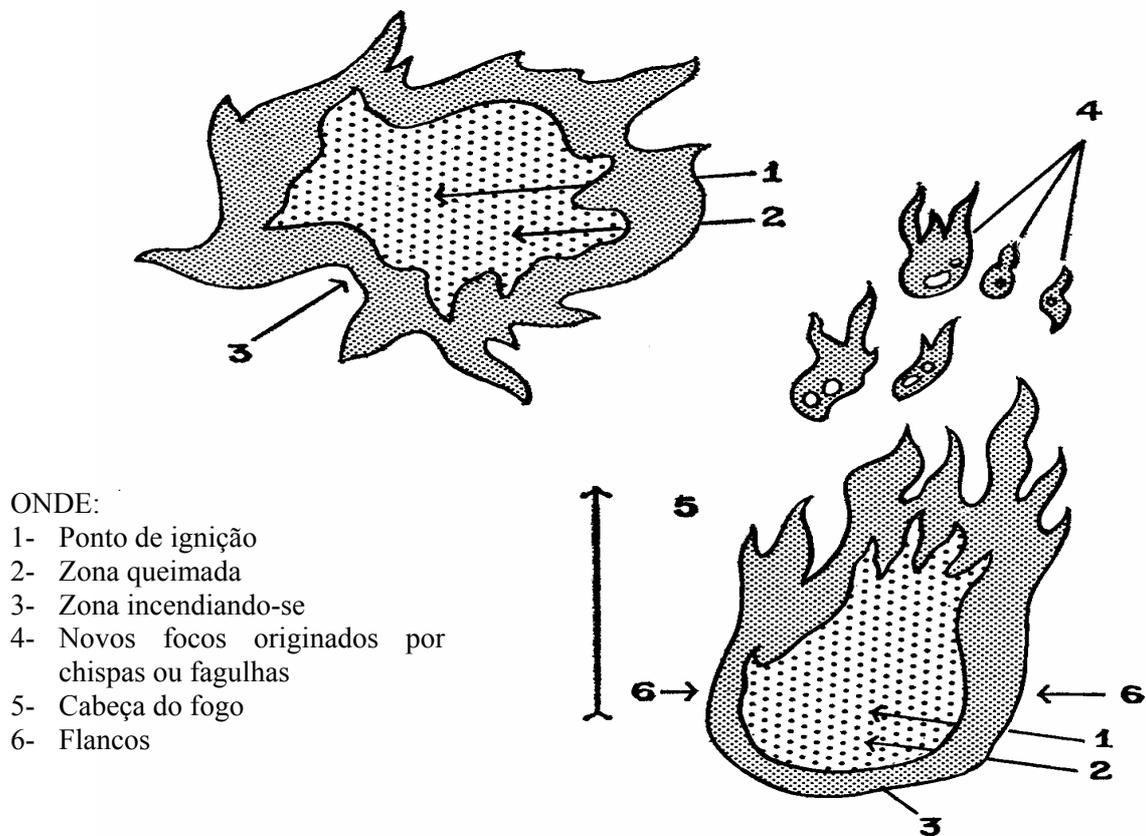


Figura 13: Formas em que se desenvolve um incêndio florestal. Fonte: Cianciulli (1981).

Os incêndios superficiais propagam-se lentamente e são independentes da direção ou velocidade do vento. Os incêndios de copas avançam rapidamente, com grande poder de destruição, lançando fagulhas ou outros materiais acesos que poderão se converter em novos focos de incêndio.

3.6. Comportamento do fogo

É importante observar, especialmente no planejamento do combate, a variação do comportamento do fogo (propagação) durante as 24 horas do dia. Fatores como intensidade do fogo e

velocidade de propagação, ambos reagem às variações diurnas. De um modo geral o fogo alcança a máxima intensidade nas horas mais quentes do dia, entre as 14:00 horas e 16:00 horas. A partir daí começa a declinar até passar por um mínimo, geralmente entre 3:00 e 5:00 horas da manhã (Figura 14). Apesar de fatores e condições especiais poderem, às vezes, modificar o comportamento do fogo, essas considerações relativas à ação do fogo ao longo do dia são de grande importância na luta contra os incêndios. A maioria dos incêndios florestal é mais fácil de se combater durante as últimas horas da tarde, à noite e de madrugada.

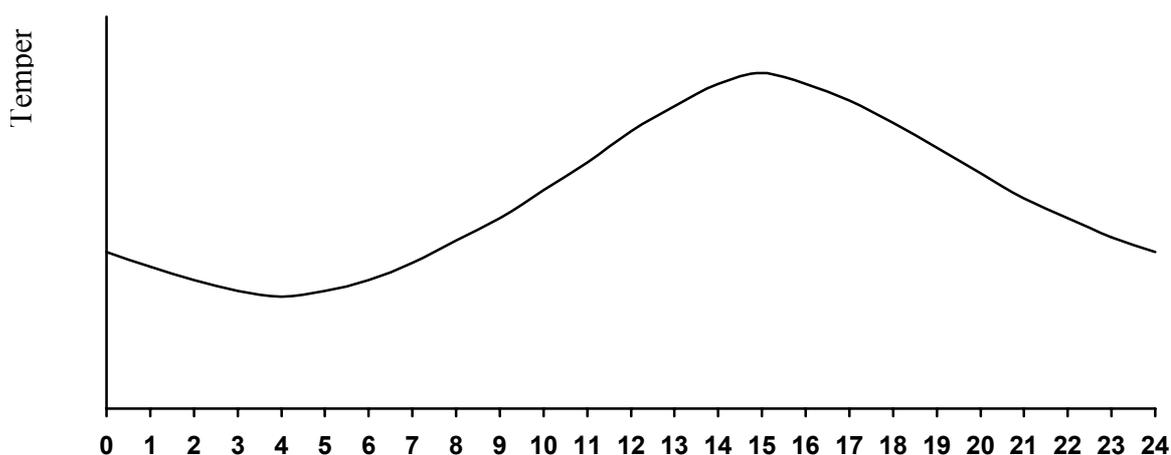


Figura 14: Variação da propagação do fogo durante o dia (Fonte: Soares, 1985).

3.7. Efeitos dos incêndios florestais

Os incêndios florestais constituem, sem dúvida alguma, a principal fonte de injúria às florestas. Sob certos aspectos e em circunstâncias especiais os incêndios podem também representar alguns benefícios para a floresta. Porém, existe tamanha disparidade entre a importância dos danos causados e os benefícios proporcionados.

3.7.1. Efeitos benéficos do fogo

Sob o ponto de vista silvicultural o fogo pode, em determinadas ocasiões e condições, resultar em alguns benefícios para a floresta. Porém o uso do fogo deve ser feito sempre com cuidado, de forma prudente e controlada, para que não fuja do controle e não cause nenhum dano. De um modo geral, são estes os benefícios que podem ser obtidos de um fogo bem dirigido e controlado.

3.7.1.1. Combate a incêndios

Podemos usar o fogo no combate a incêndios florestais na forma de contra-fogo, aumentando a área de aceiro, transformando-se numa excelente arma para deter o avanço de um incêndio. Este tipo

de controle se dá, basicamente, pela eliminação do material combustível que estaria ao alcance das chamas em determinado ponto, para o qual a direção de propagação do fogo (devido a vento, topografia, etc) aponta. Sua eficiência depende, portanto, da topografia, direção dos ventos, quantidade e qualidade do material combustível.

3.7.1.2. Destruição de animais nocivos, insetos e enfermidades

O fogo pode matar alguns animais nocivos ou destruir seus abrigos, principalmente formigas, cupins e pequenos roedores que danificam sementes ou causam anelamento na casca e câmbio. Insetos, como o serrador da acácia-negra (*Monochamus sp.*) (Figura 15) e muitos fungos são combatidos com sucesso fazendo a queima dos galhos secos das plantas afetadas.



Figura 15: Aspecto de galhos cortados pelo serrador da acácia-negra. A queima deste material elimina as larvas da praga que estão alojadas em galerias, nestes galhos.

3.7.1.3. Favorece a germinação de sementes e regeneração de espécies florestais

Algumas espécies florestais precisam de calor do fogo para o aumento do seu poder germinativo. Um exemplo disto é a bracatinga (*Brachylaena sp.*), que pela passagem do fogo, suas sementes sofrem a quebra da dormência e chegam a germinar 2 milhões de plantas por hectare (AFUBRA, 1990). Também os ecossistemas de cerrado dependem do fogo para sua sustentabilidade. Florestas de *Pinus* nos EUA e *Eucalyptus* na Austrália dependem do fogo, as últimas para que

seja eliminada a grande camada de serapilheira que se forma sobre o solo em florestas centenárias da espécie, a qual impede que a semente chegue até o solo, em local suficientemente úmido, e germine.

3.7.1.4. Limpeza do terreno

Fogo rápido ou leve pode ser usado em controle de capins, gramas, ervas daninhas, etc, trazendo benefícios imediatos pela eliminação de espécies competidoras com a cultura objetivo. O fogo bem controlado pode ser tecnicamente aplicável, tendo um baixo custo no processo de limpeza de terreno, em práticas silviculturais e de agricultura (Figura 16).

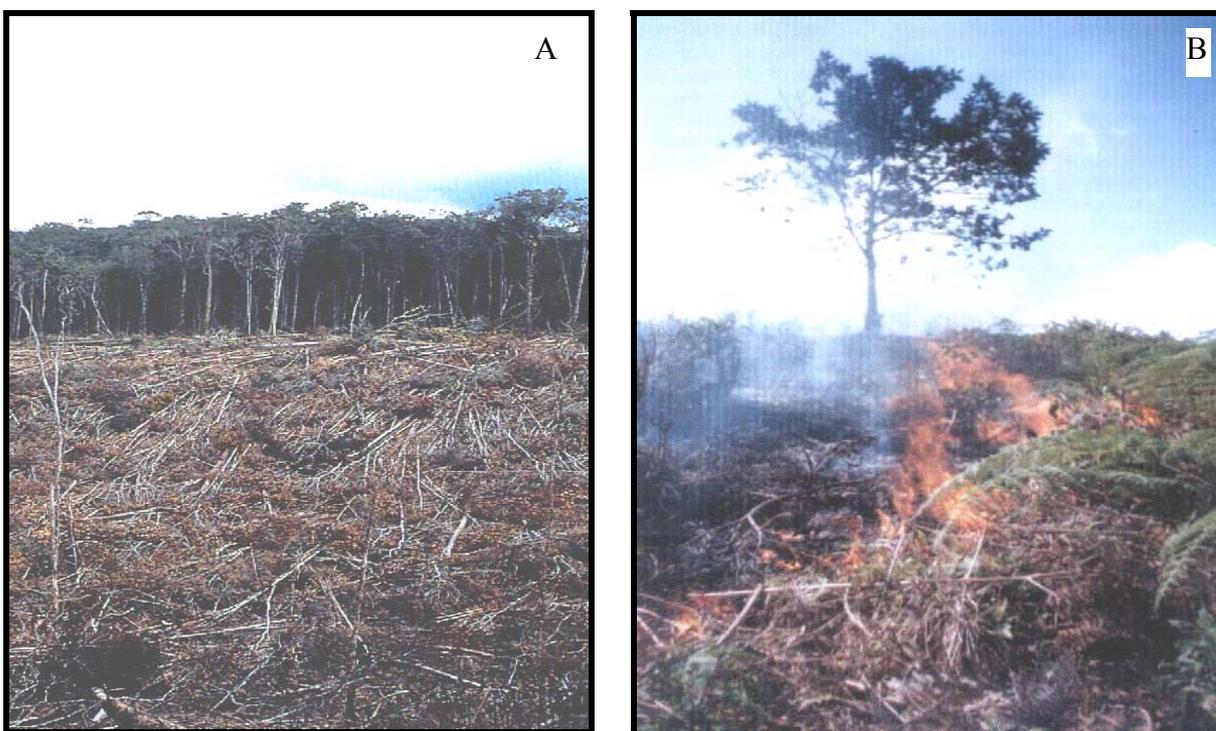


Figura 16: Dois casos típicos de uso do fogo visando à limpeza do terreno para plantio agrícola. Em (A), a vegetação cortada para fins agrícolas será posteriormente queimada para facilitar o trabalho de plantio. Em (B), em área já cultivada, o fogo é usado para eliminação da vegetação espontânea, antes do novo plantio.

3.7.1.5. Redução do material combustível

As florestas tendem a acumular sobre o solo e no sub-bosque uma grande quantidade de material combustível. Utiliza-se como técnica na prevenção da propagação do fogo a redução desse material vegetal.

O fogo controlado é sem dúvida um ótimo auxiliar para se reduzir o material combustível de uma floresta, evitando e prevenindo maiores danos que por certo aconteceriam, no caso de um incêndio acidental. Também quando existem áreas de campo nas proximidades da floresta, a queima

controlada desta área (durante o inverno, quando as gramíneas estão completamente secas) é uma excelente técnica preventiva, protegendo efetivamente a floresta no caso de incêndio (Figura 17).



Figura 17: Aplicação de fogo controlado em vegetação nativa.

3.7.1.6. Melhora atributos do solo

Dentro de certas condições, e em alguns casos especiais, o fogo controlado pode melhorar as condições físicas do solo, ao queimar os depósitos de “húmus”, proporcionando melhor aeração e aquecimento do solo. Com isto estimula também a atividade microbiana, favorecendo a nitrificação. O fogo faz com que a ciclagem de nutrientes seja acelerada, deixando os nutrientes disponíveis na forma de cinzas, que pela incorporação da mesma, além do fornecimento de nutrientes, contribui também na eliminação da acidez do solo.

3.7.2. Efeitos maléficos do fogo

Os incêndios florestais constituem uma permanente fonte de danos às florestas de todo o mundo. Anualmente milhares de hectares de florestas são queimados, com prejuízos incalculáveis. De um modo geral, os danos causados as florestas podem ser classificados.

3.7.2.1. Danos ao solo

Os incêndios florestais geralmente causam grandes danos ao solo, principalmente nas suas características físicas. A destruição da cobertura orgânica do solo, expondo-o diretamente as intempéries, provoca grandes modificações em suas propriedades físicas, particularmente, porosidade

e permeabilidade. Os solos argilosos tornam-se duros, dificultando a penetração da água, que escorre sobre a superfície, em forma de enxurrada, provocando erosão e a degradação deste valioso recurso. Os solos arenosos tornam-se extremamente friáveis, perdem o poder de retenção de água e são facilmente erosionáveis pela água das chuvas e até mesmo, sob certas condições, pelo vento.

Os danos também se estendem à química e a microbiologia do solo, uma vez que boa parte dos nutrientes contidos nos restos vegetais é volatilizada pelo fogo, que também destrói grande parte dos organismos. A Figura 18 apresenta uma seqüência de eventos relativos aos incêndios florestais que acabam por causar erosão e degradar o solo, se nenhum cuidado for tomado para que isso seja evitado.

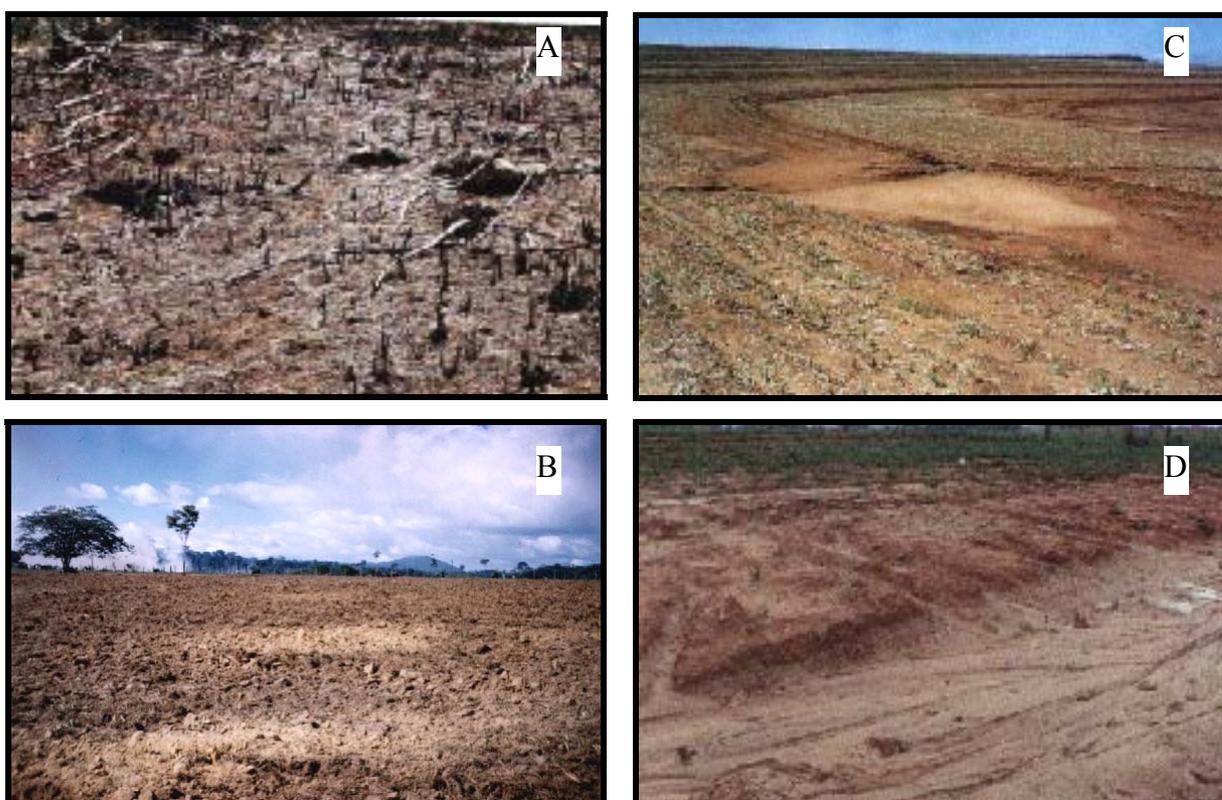


Figura 18: Exemplo de uma seqüência de eventos relacionada ao cultivo incorreto do solo, que vem a ocasionar a degradação do solo pela erosão hídrica. Em (A), queimada de floresta para cultivo a qual, sofre preparo intensivo (B), deixando o solo sujeito à ação da chuva, o que vem a ocasionar uma seqüência de processos erosivos (C e D).

Devemos ressaltar que os danos ao solo são particularmente mais severos de acordo com a intensidade e freqüência dos incêndios. Incêndios extremamente severos causam a completa destruição de toda a cobertura vegetal expondo totalmente o solo.

Se o incêndio ocorre com freqüência em determinada área, mesmo não sendo muito intenso, ele não permitirá o acúmulo de matéria orgânica (sendo periodicamente destruída), expondo, portanto, o solo permanentemente a ação dos agentes causadores de erosão.

Paralelamente a estes danos citados, o incêndio atua também sobre a microbiologia do solo afetando-a seriamente.

O fogo afeta as propriedades químicas e físicas dos solos. Com a passagem do fogo ocorre a eliminação da cobertura orgânica do solo, deixando-o completamente exposto à ação de intempéries, tornando-se susceptível a erosão.

3.7.2.2. Capacidade produtiva da floresta

O fogo interfere tanto na qualidade quanto na quantidade da produção madeireira das florestas. Os danos à capacidade produtiva das florestas podem ser caracterizados por três partes principais:

- O fogo pode mudar completamente o tipo de floresta, causando geralmente o enfraquecimento da mesma, pois quase sempre as madeiras valiosas são as mais atacadas e de difícil regeneração. O fogo, de uma maneira geral, favorece a vegetação herbácea e as matas secundárias. Um exemplo típico dessa afirmação ocorre no Paraná, onde após o incêndio das valiosas florestas de Araucária, sempre associada à peroba, pau marfim, imbuia, cedro, etc., há a invasão de espécies pioneiras, tais como o capixingui, a bracatinga, etc., essências típicas de matas secundárias e de baixo valor econômico.

- Redução da densidade da floresta, sendo que a maioria dos incêndios não chega a destruir todo o povoamento, porém provocam um raleamento da floresta, prejudicando a produção qualitativa e quantitativa da floresta.

- Alteração do princípio da sustentabilidade, por forçar o corte de árvores ainda imaturas, diminuindo o rendimento da floresta. Princípio da sustentabilidade é o termo utilizado para definir um rendimento anual sustentado em longo prazo. Para melhor evidenciar o fato, citamos o caso de uma empresa madeireira com auto-suficiência em matéria prima. Pelo planejamento feito, estima-se a quantidade de madeira necessária anualmente para o suprimento da empresa, sendo que a ocorrência de um incêndio altera todo o cronograma, por forçar o corte de áreas que ainda não estejam em condições ideais (imaturas), para que não ocorra perda de madeiras, podendo causar falta de madeira em anos futuros.

3.7.2.3. Aspecto recreativo da floresta

Em muitos países, as florestas são utilizadas como um local de recreação, onde as populações urbanas vão passar os fins de semana ou feriados, fugindo da vida agitada das cidades. As florestas usadas para esta finalidade apresentam um bonito aspecto paisagístico e um incêndio tornará este aspecto sombrio e desolador. A floresta perde então o seu aspecto recreativo.

3.7.2.4. Fauna silvestre

Os incêndios podem causar danos diretos ou indiretos a fauna das florestas.

Os efeitos diretos nos animais dependem de sua mobilidade e na ocorrência de abrigos protegidos. Os efeitos adversos são maiores nos animais jovens e ovos e provém principalmente do calor, fumaça com gases tóxicos e falta de oxigênio.

O fogo pode matar os animais e aves silvestres indiretamente, destruindo seus ninhos, abrigos (habitats naturais) e fontes de comida. A intensidade e tipo de dano dependem das características e épocas do incêndio. Geralmente, incêndios ocorridos na primavera são particularmente mais danosos pela destruição de ninhos e animais novos.

Outras grandes vítimas são os predadores de topo de cadeia e animais territoriais. Os danos diretos ocorrem através da morte de animais que não conseguem escapar do fogo.

A adaptação de espécies envolve aumento do tamanho, aumento da capacidade de colonização e da reprodução/colonização de áreas novas.

De acordo com o estudo de Vieira Júnior (1994), sobre o efeito do fogo no comportamento e estrutura da avifauna de cerrado, após a queimada, a espécie *Spizella socialis* forrageou quase que exclusivamente no chão e a espécie *Spizella socialis* diminuiu a frequência com que forrageava no estrato arbóreo e aumentou a frequência no estrato herbáceo. Estas mudanças podem representar um aumento da disponibilidade de insetos no solo após a queimada devido à destruição da cobertura da vegetação.

O número de espécies e indivíduos em áreas de campos limpos apresentou variações sazonais, sendo mais baixo nos meses secos em relação aos meses chuvosos. Depois da queima, o número de espécies nas parcelas queimadas e não queimadas não foi significativamente diferente, entretanto, foi detectada uma variação na composição de espécies da avifauna e na abundância relativa das espécies residentes. O número de indivíduos pertencentes às cinco principais guildas¹ tróficas consideradas em conjunto foi diferente nas parcelas não queimadas no primeiro ano de estudo durante todo o período, este padrão pode representar o impacto em longo prazo do fogo sobre a avifauna, devido às parcelas experimentais possuírem diferentes históricos de queima. A variação do número de indivíduos nas parcelas queimadas e não queimadas foi diferente somente nos períodos que se seguiram à queima, este padrão pode representar o impacto em curto prazo do fogo sobre a avifauna.

Várias espécies de aves, como *Spizella socialis*, *Spizella socialis*, *Spizella socialis* e *Spizella socialis* foram mais comuns nas parcelas recentemente queimadas. Outras espécies tiveram suas populações reduzidas depois do fogo (Vieira Júnior, 1994).

¹. Guildas são grupos de animais ou de plantas, sem obrigatoriedade de parentesco taxonômico, com papéis ecológicos similares dentro de uma comunidade.

3.7.2.5. Vegetação

O dano de um incêndio à vegetação depende da intensidade do fogo, tempo de duração, espécie e idade das árvores. Geralmente árvores de médio e grande porte não são mortas pelo fogo, porém mudas e plantas de pequeno porte sofrem danos letais na maioria dos casos, principalmente se o solo e o combustível estiverem secos. As árvores jovens são mais sensíveis, pelo aquecimento ser diretamente proporcional ao conteúdo de umidade da casca e inversamente proporcional a espessura da casca.

São os incêndios de copa que causam os maiores danos à vegetação. Estes incêndios se originam do crescimento de incêndios superficiais, durante condições climáticas adversas, em áreas de alta concentração de combustível e devido a suas altas intensidades podem destruir florestas de árvores adultas e, inclusive, resistentes ao fogo.

O fogo quando não causa a morte das árvores, causa à debilidade das mesmas, pelas cicatrizes que deixa (Figura 19). Em ambos os casos favorecem o ataque de insetos e pragas que, encontrando as árvores sem capacidade de reação, facilmente se instalarão e se multiplicarão, causando grande destruição à madeira remanescente do incêndio. Por esta razão, sempre que ocorrer um incêndio de grandes proporções devemos ficar alertas a fim de evitarmos a propagação de insetos e pragas que por ventura venham a se instalar após o fogo.

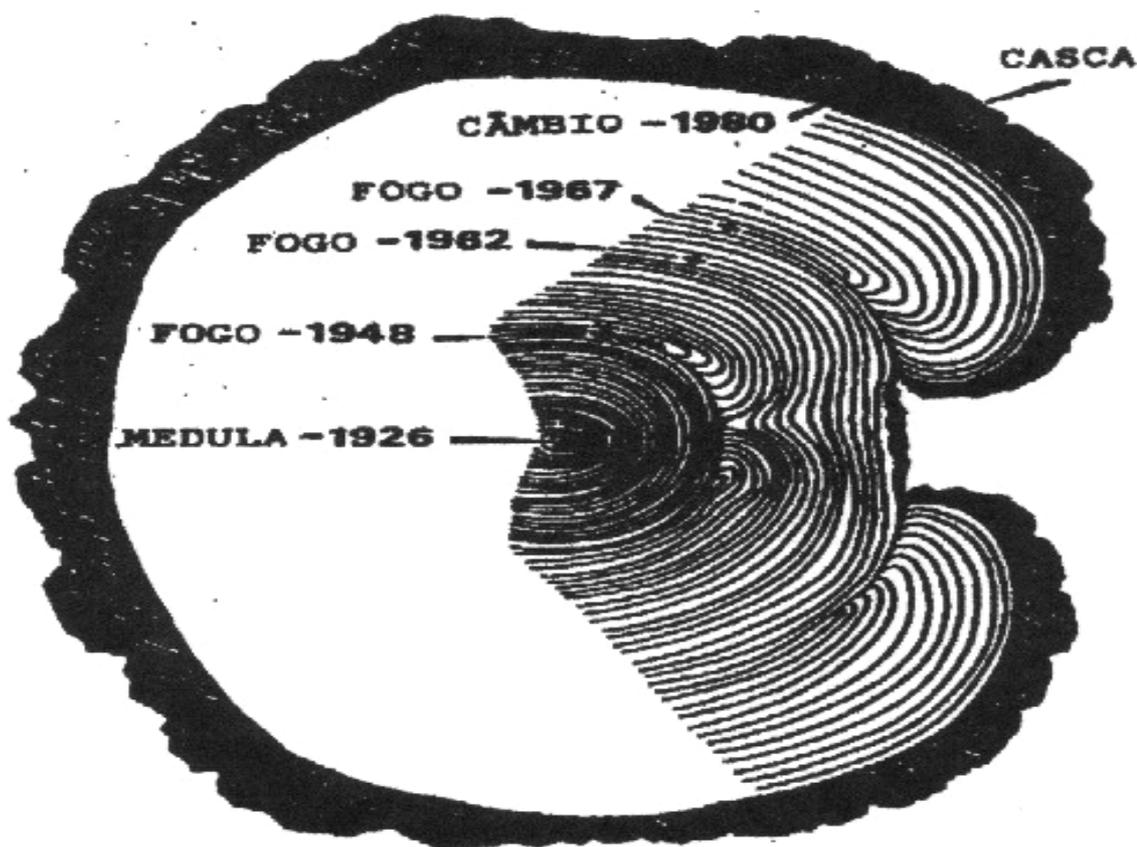


Figura 19: Exemplo de múltiplas cicatrizes provocadas por incêndios florestais no tronco de uma árvore.

O que efetivamente danifica ou mata uma árvore durante um incêndio é a elevação da temperatura das células vivas a um nível letal (**temperatura letal**), em locais críticos da mesma, tais como a base do tronco e a folhagem. A morte do câmbio na base do tronco, quando submetido a altas temperaturas, é uma das principais causas da mortalidade das árvores em incêndios florestais. As temperaturas letais dos tecidos vivos das árvores têm sido estudadas por vários pesquisadores. Na maioria das vezes, os resultados desses estudos podem ser representados através de uma curva semilogarítmica do seguinte tipo:

$$T = - \frac{1}{e} \cdot \ln \cdot t \quad \text{sendo:}$$

T = temperatura letal; e = constantes; ln = logaritmo natural; t = tempo de exposição

A equação indica que a temperatura letal é inversamente proporcional ao logaritmo do tempo de exposição àquela temperatura. Ambos, portanto, temperatura e tempo de exposição, são importantes. Isto significa que para ser morta pelo fogo uma árvore deve ter seus tecidos vivos submetidos à determinada temperatura durante certo tempo. Quanto maior a temperatura, menor o tempo de exposição necessário para provocar a morte dos tecidos.

A tolerância ao calor de quatro espécies florestais (*Pinus taeda*, *Pinus strobus*, *Pinus resinosa* e *Pinus caribaea*), foi determinada submetendo-se suas folhagens a diferentes temperaturas e tempos de exposição através do método de banho-maria. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre as espécies. A 54°C a morte da folhagem ocorreu após cerca de 6 minutos de exposição; a 60°C, após meio minuto; e a 64°C quase instantaneamente (Nelson, 1952).

Com relação ao câmbio, trabalhos realizados por Kayll (1963) demonstram que temperaturas de 60°C durante 2 a 4 minutos ou 65°C em menos de 2 minutos, são letais. Isto indica que os tecidos vivos, de diferentes espécies, apresentam praticamente o mesmo nível de resistência ao calor. Entretanto, para chegar ao câmbio o calor tem que atravessar a casca da árvore. Por isto, a quantidade de calor que chega ao câmbio é inversamente proporcional à espessura e diretamente proporcional ao conteúdo de umidade da casca.

3.7.2.6. Caráter protetor da floresta

A floresta constitui um agente protetor de grande importância. Ao ser destruída ou danificada pelo fogo, fatalmente esta capacidade protetora será prejudicada, com maior ou menor intensidade, dependendo da severidade e frequência dos incêndios.

A floresta exerce proteção básica contra deslizamentos, avalanches, invasão de dunas e erosão. A floresta atua também como reguladora do regime hidrológico. O solo florestal, coberto pela serapilheira, facilita a infiltração da água das chuvas. O fogo destruindo esta proteção, a água das chuvas vai escorrer pela superfície, causando inundações, deslizamentos, erosão, etc.

3.7.2.7. Ar Atmosférico

A combustão completa do combustível florestal libera calor, água (vapor) e dióxido de carbono (CO₂). A água não é poluidora do ar e o CO₂, produzido livremente através da decomposição natural de substâncias orgânicas, também não é considerado, pelo menos até o momento, um elemento poluidor da atmosfera. O grande problema ocorre quando, nos incêndios florestais, a combustão não é completa.

Quando ocorre um incêndio florestal, além da água e do CO₂, vários outros elementos são lançados na atmosfera, como por exemplo, monóxido de carbono, hidrocarbonos e partículas. Pequenas quantidades de óxido de nitrogênio são também liberadas em alguns incêndios de maior intensidade. Entretanto, nos incêndios florestais não há produção de óxidos de enxofre, altamente poluidores, porque o conteúdo de enxofre na madeira é insignificante.

Uma questão freqüente, que preocupa os ecologistas, é até que ponto os incêndios florestais contribuem para a poluição do ar. Segundo a Associação de Doenças Respiratórias dos EUA, os incêndios florestais contribuem com cerca de 3% do total dos principais poluentes na atmosfera do país, enquanto os automóveis representam 60%, as indústrias 18% e os sistemas de aquecimento das casas e edifícios, 5%.

Para se avaliar a importância de diversas fontes de poluição ambiental é importante analisar a composição das emissões. Cerca de 90% dos produtos da combustão do material florestal é CO₂ e água. O maior impacto dos incêndios florestais sobre a qualidade do ar provém dos outros 10%, principalmente partículas e hidrocarbonos. Por outro lado, a fumaça dos automóveis, por exemplo, contém porcentagens muito mais altas de elementos venenosos tais como monóxido de carbono, óxidos de enxofre e compostos de chumbo.

Provavelmente, o mais importante elemento individual das emissões dos incêndios seja a fração de partículas em suspensão na fumaça. Essas partículas, sólidas ou líquidas, são constituídas por uma complexa mistura de fuligem, alcatrão e substâncias orgânicas voláteis, geralmente microscópicas, com dimensões entre 0,001 a 10 micra. Embora existam evidências de que as partículas sejam posteriormente lavadas da atmosfera pelas chuvas, ou se precipitem pela ação dos ventos e da gravidade, a fumaça visível que elas geram é freqüentemente uma fonte de problemas. As partículas são a maior causa da redução da visibilidade, às vezes em áreas críticas como aeroportos, rodovias e cidades, além de servirem de superfície de absorção de gases nocivos que podem estar presentes na atmosfera. As partículas finas, especialmente as menores de 3 micra, podem afetar as condições respiratórias de pessoas sensíveis, especialmente quando combinadas com gases tóxicos. O monóxido de carbono é o mais abundante dos poluentes produzidos pelos incêndios florestais. Medições realizadas durante a ocorrência de incêndios têm mostrado valores de 50 a 200 ppm, próximo às chamas. A concentração média de 60 ppm registrada à margem do fogo decresce rapidamente para cerca de 10 ppm a 30 m de distância da zona de combustão. Esses valores são relativamente baixos

quando comparados com a média de 200 ppm registrada em túneis de rodovias, onde a produção é constante.

Apesar do crescimento industrial, do número de automóveis e dos incêndios florestais, a concentração de monóxido de carbono na atmosfera não tem aumentado através do tempo. Isto porque ele tem vida curta na atmosfera. Estudos preliminares têm indicado que o solo talvez seja a maior fonte de absorção de monóxido de carbono, onde ele é consumido por fungos e bactérias. Devido a sua alta toxicidade, o monóxido de carbono pode ser prejudicial à saúde humana, dependendo de sua concentração e do tempo que a pessoa fica exposta ao contato com o gás.

A formação de óxido de nitrogênio normalmente ocorre através da fixação do nitrogênio da atmosfera, na zona de combustão, a temperaturas acima de 1.540°C. Esta temperatura é muito superior às comumente registradas em queimas controladas. Mesmo em incêndios florestais ela não é muito comum. No entanto, pequenas quantidades de óxido de nitrogênio podem ser formadas a temperaturas mais baixas, através de compostos nitrogenados presentes no combustível florestal.

Os hidrocarbonos compreendem uma classe extremamente diversificada de compostos contendo hidrogênio, carbono e, algumas vezes, oxigênio. As medições das emissões dos incêndios florestais geralmente consideram todos os hidrocarbonos em conjunto, apesar da maioria deles não apresentar efeitos daninhos. Por outro lado, alguns hidrocarbonos, como por exemplo, os de baixo peso molecular (olefinas) e os aromáticos polinucleares, mesmo presentes em pequenas quantidades, são responsáveis pelo fenômeno da névoa seca e danos à saúde humana. A temperatura desempenha um papel importante na formação desses hidrocarbonetos e o intervalo ótimo situa-se entre 700 a 850°C. As avaliações da quantidade de hidrocarbonos produzidos em um incêndio florestal mostram valores entre 5 e 20 kg por tonelada de combustível consumido, relativamente baixos quando comparados aos 65 kg produzidos por tonelada de gasolina queimada.

Queimas controladas, por consumirem menos combustível, de maneira mais completa, produzem menos compostos poluentes que os incêndios florestais, que queimam material mais úmido, inclusive vegetação viva. A queima contra o vento, técnica mais usada em queimas controladas, produz menos poluentes do que o fogo a favor do vento.

A fumaça originada das queimas controladas pode causar problemas de poluição do ar, embora muito menos graves que os causados pelas indústrias. No entanto, aplicando-se princípios básicos de meteorologia no manejo da fumaça, pode-se usar cientificamente o fogo, para se alcançar certos objetivos, sem poluir o ambiente. A queima deve ser feita quando existe vento constante e sob condições atmosféricas que permitam o movimento vertical do ar (atmosfera instável) para dispersar a fumaça. Não se deve queimar durante períodos de ocorrência de inversões térmicas a baixa altitude. À noite, por exemplo, o fogo geralmente produz mais fumaça e ela permanece por mais tempo próxima à superfície, devido à inversão de temperatura e ao movimento do ar frio na direção dos declives.

3.7.2.8. Propriedades diversas

Além dos danos diretos provocados as florestas pela destruição da madeira, os incêndios podem também causar danos a outras propriedades tais como: casas construções, veículos, implementos, etc.

3.7.2.9. Vida humana

Os incêndios de grandes proporções, além de destruírem as florestas e outros bens materiais, algumas vezes provocam também ferimentos ou mesmo a morte de seres humanos. Em 1963, no Paraná, 73 pessoas morreram e mais de 1000 ficaram feridas em consequência do grande incêndio ocorrido. Em 1932, na Austrália, um incêndio provocou a morte de 71 pessoas. Mas a maior catástrofe provocada por um incêndio florestal, provavelmente tenha sido a de Wisconsin, nos Estados Unidos (em 1971), quando cerca de 1500 pessoas foram mortas pelo fogo.

3.8. Índice de perigo de incêndios

Os índices de perigo de incêndios são números que refletem antecipadamente a possibilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade de se propagar, de acordo com as condições atmosféricas do dia. O conhecimento desses índices é fundamental dentro de um plano de proteção florestal contra incêndios, por permitir a previsão das condições de perigo, possibilitando assim a adoção de medidas preventivas mais eficientes e econômicas.

Os estudos para o estabelecimento de índices de perigo de incêndios baseados fundamentalmente nas condições meteorológicas tiveram início, em alguns países, no começo de século. Atualmente, existem sistemas bastante eficientes em uso em vários países do mundo, especialmente na URSS, Suécia, Canadá e EUA, que são sem dúvida os países mais adiantados não somente neste setor, mas em todo o campo da ciência florestal.

Um dos mais importantes auxiliares no planejamento de controle de incêndios é o “cálculo diário dos índices de perigo de fogo”. A utilidade desses índices é bastante evidente, por exemplo, permitir aos técnicos dispor de recursos de acordo com o grau de perigo. Sendo importante também na autorização e planejamento da queima controlada.

3.8.1. Índice de perigo de fogo ou índice de Angström

Desenvolvido na Suécia, este índice baseia-se fundamentalmente na temperatura e umidade relativa do ar, ambos medidos as 13:00 horas.

$B = 0,05H - 0,1(T-27)$ Sendo: B = índice de Angstrom; H = umidade relativa do ar em decimal; T = temperatura do ar em °C.

Sempre que o valor de B for menor que 2,5 haverá risco de incêndio, isto é, as condições atmosféricas do dia estão favoráveis à ocorrência de incêndios. Este índice não tem se adaptado bem às regiões brasileiras.

3.8.2. Índice de inflamabilidade ou índice de Nesterov

Os riscos de ocorrência de incêndios, bem como da rápida propagação dos mesmos, aumentam com a persistência dos dias secos ou perigosos. Isto porque quanto mais dias perigosos tivermos, mais seco se tornará o material florestal e mais favorável se tornarão às condições atmosféricas para o aparecimento e propagação de grandes incêndios.

Por esta razão, o índice de inflamabilidade, desenvolvido originalmente na URSS por Nesterov, nos dá uma indicação bem mais precisa da periculosidade de incêndios, pois ele determina o grau de perigo não apenas do dia, mas sim da época, ou seja, determina o grau de perigo baseado no acúmulo de dias perigosos.

$$= \sum_{i=1}^n (\dots) \text{ Onde: } G = \text{índice de inflamabilidade; } n = \text{número de dias sem chuva; } t =$$

temperatura do ar as 13:00; d = déficit de saturação as 13:00, isto é, a diferença entre a tensão máxima de vapor d'água em mb para a temperatura (E) e a tensão atual do vapor d'água (e): $d = E - e$.

A tensão máxima de vapor d'água (E), é dada diretamente pela tabela (em mb) enquanto a tensão relativa de vapor d'água é igual ao produto da tensão máxima pela umidade relativa do ar ($e = E \cdot UR$).

O sinal de soma (Σ) indica que o calculo é acumulativo ($G_{hoje} = G_{calculado} + (d.t)_{hoje}$), ou seja, é uma soma contínua do produto (d.t), obtendo as modificações listadas na tabela 2.

Tabela 2: Modificações no calculo do índice de inflamabilidade no caso de ocorrência de chuvas.

Chuvas do dia	Modificações no calculo
Menor que 2 mm	Considerar como sem chuva, isto é, somar (d.t) de hoje ao valor de $G_{calculado}$.
De 2,1 a 5 mm	Abater 25% no valor de $G_{calculado}$ e somar (d.t) de hoje, isto é, $G = 0,75 \cdot G_{ontem} + (d.t)_{hoje}$.
De 5,1 a 8 mm	Abater 50% no valor de $G_{calculado}$ e somar (d.t) de hoje, isto é, $G = 0,50 \cdot G_{ontem} + (d.t)_{hoje}$.
De 8,1 a 10 mm	Abandonar a soma anterior de G e recomeçar novo calculo, isto é, $G = (d.t)_{hoje}$.
Maior que 10,1 mm	Interromper o cálculo e recomeçar no dia seguinte ou quando a chuva cessar, segundo as regras do caso anterior.

O grau de perigo indicado pelo valor de G é interpretado segundo a Tabela 3.

Tabela 3: Interpretação dos valores do índice de inflamabilidade.

Valor de G	Perigo de incêndio
Até 300	Nenhum risco (NR)
De 301 a 500	Risco fraco (RF)
De 501 a 1000	Risco médio (RM)
De 1001 a 4000	Grande perigo (GP)
Maior que 4000	Perigosíssimo (PP)

3.8.3. Fórmula de Monte Alegre

Este índice foi determinado por Soares & Paez, onde foi estabelecida uma formula para determinar o grau de perigo de incêndios florestais na região centro-paranaense, sendo denominada de Monte Alegre.

Esta, quando comparada com três formulas internacionais (Angström, Nesterov e Telicyn), demonstrou uma superioridade ao nível de 99% de probabilidade.

$$= \sum \left(\frac{100}{h} \right) \text{ onde: } h = \text{umidade relativa do ar em percentagem.}$$

Com decorrência da formula deduzida, estabeleceu-se um quadro de escala de perigo de incêndio (Tabela 04), para a formula de Monte Alegre.

Tabela 4: Escala de perigo de incêndio para a formula de Monte Alegre.

Tabela 4: Escala de perigo de incêndio para a formula de Monte Alegre.

Valor de Índice (FMA)	Grau de perigo
Até 1,0	Nulo
1,1 – 3,0	Pequeno
3,1 – 8,0	Médio
8,1 – 20,0	Alto
Maior que 20,0	Muito alto

De acordo com os resultados obtidos, essa formula poderá ser utilizada na região centro-paranaense com melhores resultados do que as atualmente utilizadas (Angström e Nesterov), para previsão do grau de perigo de incêndio.

Na Figura 20, observa-se o aspecto de uma placa indicando o risco de incêndio segundo a fórmula de Monte Alegre.



Figura 20: Risco de incêndio segundo a fórmula de Monte Alegre.

O uso destes índices, quando corretamente calculados nos fornecem uma boa noção do grau de perigo, que o dia ou a época apresentam. Mas não há dúvida de que é necessário realizar pesquisas visando a melhor adaptação desses índices as condições locais, pois valores validos para a região Sul certamente não serão os mesmos validos para a região Norte.

4. PLANEJAMENTO, PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS E REALIZAÇÃO DE QUEIMAS CONTROLADAS

O planejamento da prevenção à ocorrência de incêndios florestais é de grande importância. Requer a aplicação de táticas variadas e a utilização de equipes completas com formação pessoal distinta e específica, e com funções diferentes, formando um todo com um só objetivo. Neste sentido, é necessário:

- Preparar as florestas, campos e pastagens com aceiros e outros obstáculos contra incêndios;
- Instalar sistemas de detecção e comunicação que permitam atacar e extinguir rapidamente o fogo;
- Impedir que se originem incêndios que podem ser evitados;
- Quando houver possibilidade, é ecologicamente correto mesclar espécies vegetais resistentes ao fogo, para dificultar o avanço dos incêndios;

- Quando possível, plantar espécies vegetais que têm a capacidade de armazenar água ou que vivem em lugares úmidos, como as higrófilas, em áreas limítrofes, favorecendo a formação de aceiros naturais ou faixas, pois essas espécies aumentam a umidade relativa do ar;
- Construir torres de observação em pontos estratégicos, especialmente nas Unidades de Conservação;
- Desenvolver trabalho educativo objetivando sensibilizar e esclarecer a comunidade que se relaciona com o empreendimento florestal ou que se localize internamente ou nos limites de reservas e parques sobre a necessidade e importância da prevenção dos incêndios florestais;
- Divulgar, exaustivamente, através dos meios de comunicação, informações relativas aos perigos dos incêndios florestais, dentro das áreas da empresa e nas áreas limítrofes.

Impedir totalmente que os incêndios ocorram é praticamente impossível. Porém, é fundamental impedir seu avanço no Ecossistema.

Assim, medidas e ações para evitar a ocorrência e propagação dos incêndios são de vital importância no trabalho de combate aos incêndios, e a colaboração de todos é fundamental.

As atividades de prevenção começam com a construção de acessos livres, caminhos, picadas, pontes nas florestas, matas, serras, montanhas para facilitar a segurança e penetração de brigadas nas áreas de ocorrência dos incêndios.

Para a comunicação, detecção, realização dos primeiros ataques ao fogo é necessária a construção de cabanas, de barracas e de abrigos, em pontos estratégicos, com equipamentos úteis e ferramentas imprescindíveis a essas atividades.

Além disto, a construção de torres de observação em pontos estratégicos permite o máximo de visibilidade ao observador na identificação dos focos de incêndios e na comunicação destes ao chefe da equipe.

Quando se tratar de região de pequenas propriedades rurais, em áreas de alto risco de incêndios, é essencial, como medida de prevenção, que as autoridades competentes supervisionem possíveis queimas a serem realizadas pelos agricultores.

Por sua vez, o agricultor, ao pretender fazer queima controlada, necessita preparar o terreno (fazendo aceiros ou corta-fogo) de forma adequada, eliminando todo e qualquer material combustível, como gramíneas, herbáceas e restos de cultura.

É importante, ainda, evitar a queima de grandes áreas (acima de 10 hectares) ao mesmo tempo para impedir a passagem de faíscas sobre os aceiros para outras áreas.

Em áreas mecanizadas, o uso de máquinas pesadas para fazer aceiros, retirando o material combustível inflamável é aconselhável para não permitir que o fogo alcance outras áreas.

Orientações mais detalhadas sobre como proceder para fazer uma queimada controlada, bem como a descrição dos tipos de queima que podem ser adotadas são apresentadas a seguir.

4.1. Queimadas Controladas ou Prescritas

É a aplicação controlada de fogo na vegetação natural ou plantada sob determinadas condições ambientais que permitam ao fogo manter-se confinado em uma determinada área e ao mesmo tempo produzir uma intensidade de calor e velocidade de espalhamento desejáveis aos objetivos de manejo.

O uso do fogo controlado na redução do material combustível poderá ser feito tanto dentro como também fora da floresta. Este método tem a vantagem de ser mais barato e ser mais eficiente que outros na redução do material.

O preparo do terreno realizado através da queima controlada é relativamente barato, sendo mais aplicado para terrenos montanhosos, de difícil acesso para máquinas. O uso do fogo controlado também poderá ser útil na indução da germinação das sementes do banco no solo superficial e serapilheira, como o que acontece nos bracatingais ().

O controle de espécies indesejáveis em florestas poderá ser realizado com mais vantagem em florestas de coníferas em relação às folhosas, uma vez que as primeiras apresentam melhor resistência à passagem do fogo, sofrendo conseqüentemente menores ou nenhum dano significativo.

A melhoria do habitat para a fauna silvestre poderá ser conseguida através do uso do fogo controlado para a redução do acúmulo de serapilheira, o que, em alguns casos, poderá atuar como inibidora de uma melhor regeneração de plantas jovens, as quais são alimento para os herbívoros, base da cadeia alimentar. Esta prática porém não deverá ser usada na época de procriação da fauna, geralmente na primavera.

De acordo com Soares (1985), o uso do fogo controlado no controle de parasitas e doenças, apesar de ser às vezes indicado, é um aspecto polêmico, pois, se por um lado elimina alguns parasitas, por outro poderá abrir caminho para outras espécies malélicas, através da destruição de seus inimigos naturais.

Dentro de outros usos gerais do fogo controlado, pode-se citar a queima periódica de pastagens visando torná-las mais palatáveis para o gado e fazê-las produzir mais massa verde, desde que a prática esteja associada ao uso de adubação ou calagem.

Existem diversas formas de queima controlada, que podem ser utilizadas com vantagens sobre o uso tradicional. Conhecendo bem cada uma delas, poderá ser decidido qual a que melhor se enquadra no terreno:

a) Queima contra o vento

- Deve-se iniciar o fogo numa extremidade do terreno;
- Queima-se ladeira abaixo ou contra o vento;
- **queimada em faixas contra o vento** → é uma maneira fácil e segura de se limpar terrenos, porém é importante observar bem a estabilidade e direção do vento (Figura 21);

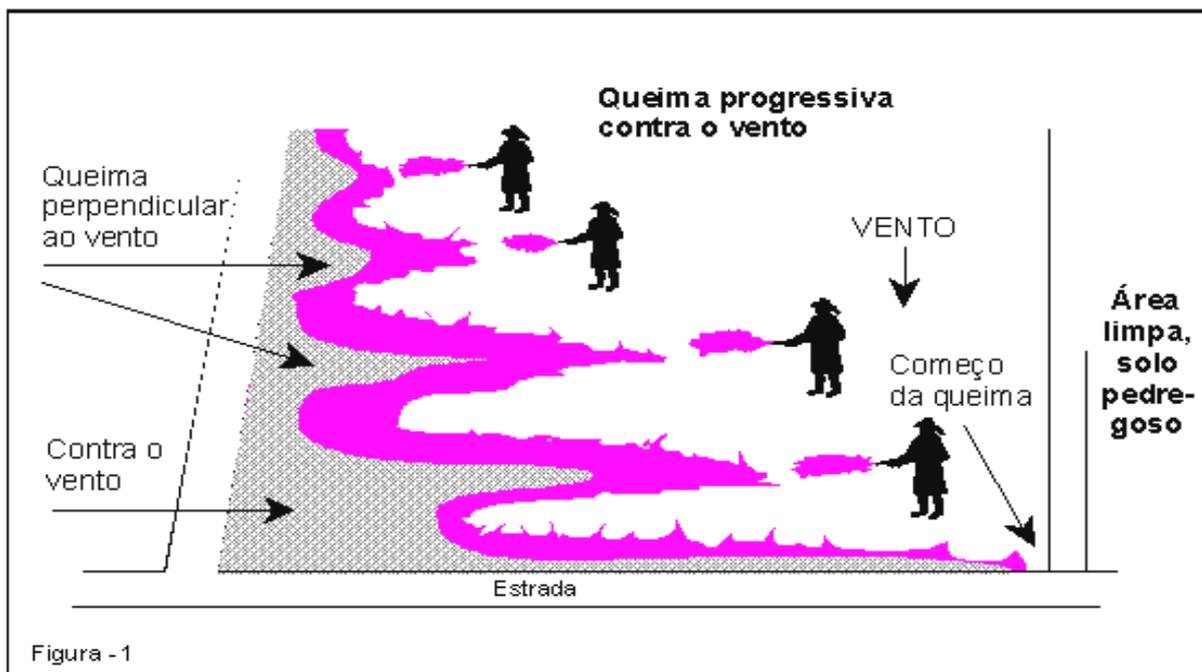


Figura 21: Método de queima progressiva contra o vento. (IBAMA, 2001).

b) Queima em faixas a favor do vento

- Coloca-se fogo a favor do vento, a partir da base do aceiro;
- **Queimada em faixas horizontais** → coloca-se fogo contra o vento, a partir da base do aceiro e, em seguida, a favor do vento;
- **Queimadas em faixas verticais** → o fogo é ateado contra o vento, a partir do aceiro-base. Depois inicia-se o fogo a favor do vento, lado a lado com a inclinação do terreno (Figura 22);

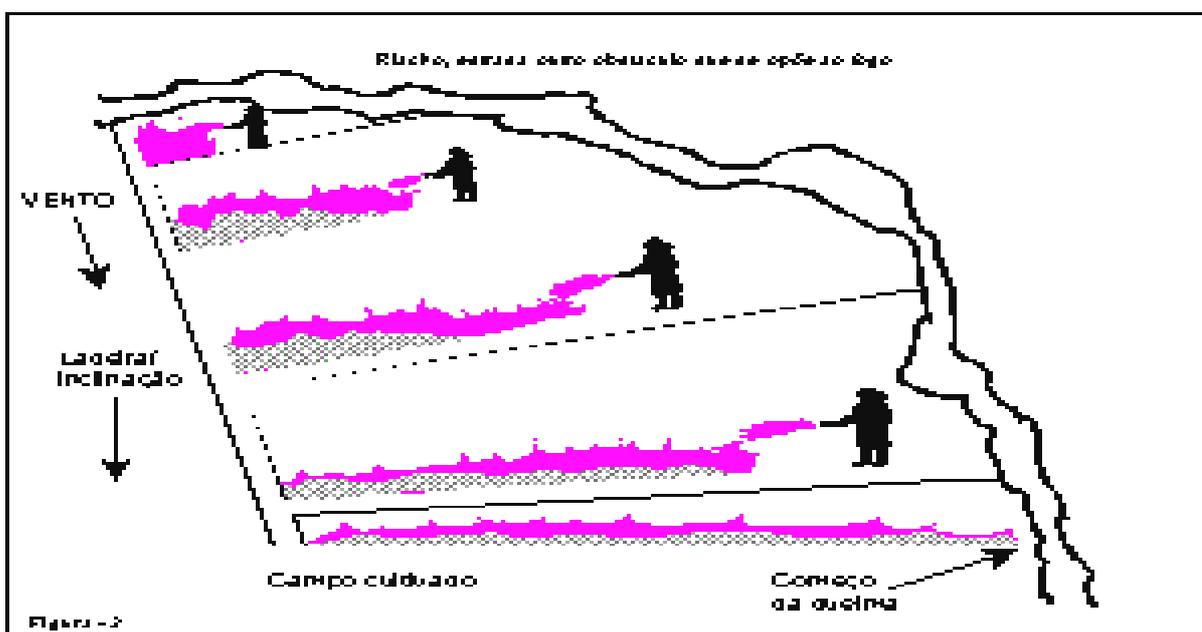


Figura 22: Método de queima em faixas a favor do vento. (IBAMA, 2001).

c) Queima em “v”

- Indicado para áreas montanhosas (de cima para baixo), de um único ponto, com propagação radial de linhas de fogo.
- **queimadas em cunho a favor do vento** → coloca-se fogo, ao mesmo tempo, em vários pontos da borda do terreno, sempre a partir do aceiro-base (Figura 23);
- Esta prática é recomendada somente para vegetação leve.

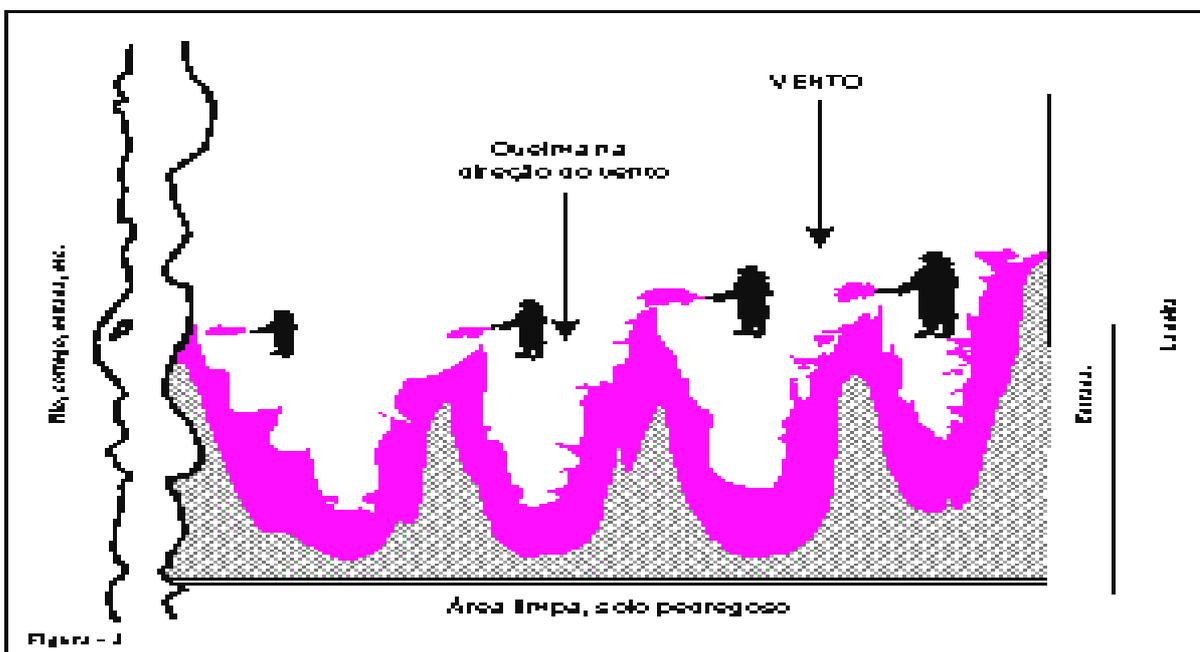


Figura 23: Método de queima em cunho ou “v”, a favor do vento. (IBAMA, 2001).

d) Queima em manchas

- **Queimadas por pontos** → o fogo é posto contra o vento a partir do aceiro-base em vários pontos.
- Nenhum fogo vai ser grande nem difícil de se controlar;
- Necessita da manutenção do acesso ao interior da área (Figura 24).

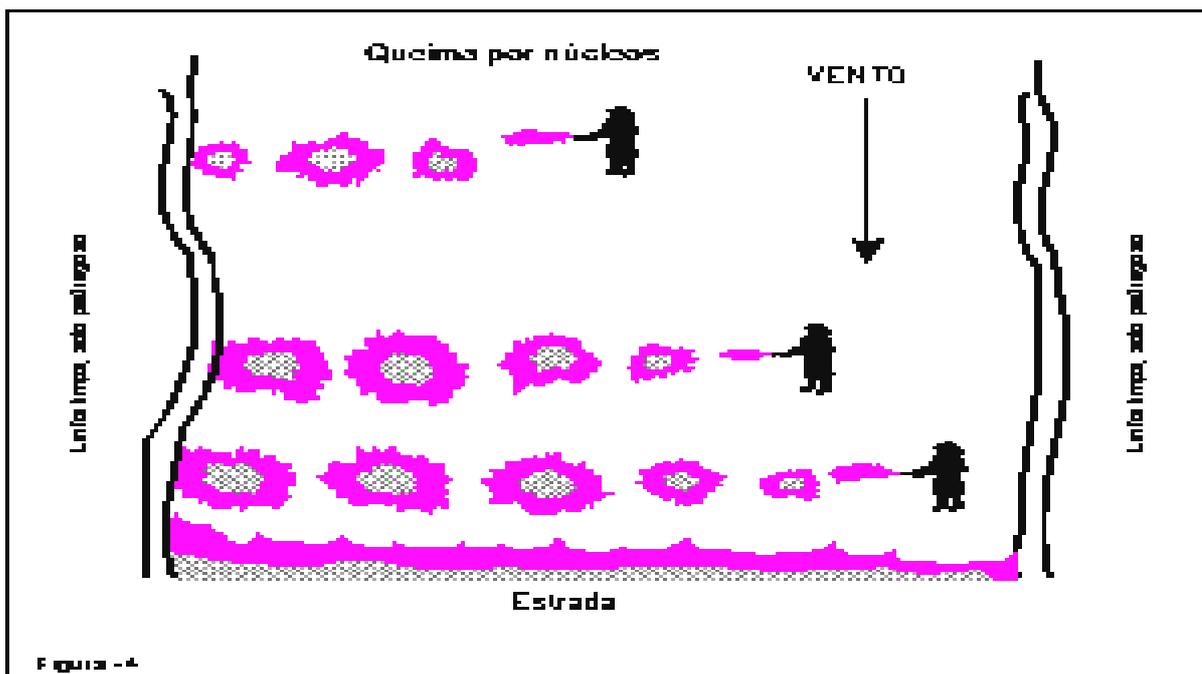


Figura 24: Método de queima em mancha. IBAMA (2001).

e) Outros tipos

- **Queimada central** → é feita em terrenos planos, colocando fogo em vários pontos do centro da área, em forma de círculos. Deste modo, a força do fogo será maior na parte central do terreno e facilitará o trabalho do pessoal envolvido nesta tarefa;
- **Queimada contra o vento** → esta é a queimada básica. Iniciar o fogo numa extremidade do terreno, de modo que queime ladeira abaixo ou contra o vento;
- **Queimada em vegetação dispersa** → começar com o fogo contra o vento, lentamente, sempre partindo da base do aceiro;

Para realizar uma queima controlada ou prescrita é fundamental estar atento às seguintes recomendações:

- Todo tipo de queima requer um estudo prévio para conhecimento das condições ideais para a sua realização;
- Deve-se verificar com atenção os seguintes itens:
 - Época de maior risco ou perigo de incêndio
 - Tamanho e condições da área a ser queimada;
 - Tipo de vegetação (baixa, média, alta (Ex: campo, floresta, lavoura, etc));
 - Objetivo da queima;
 - Temperatura local (no momento em que se planeja realizar a queima);
 - Umidade do ar no período;
 - Quantidade de combustível existente;

- Hábito da fauna silvestre
- Pessoal disponível (para realizar a queimada e controlar o fogo).
- Para evitar perigos futuros é imprescindível queimar ou remover, antecipadamente, as acumulações de materiais combustíveis (lenhosos) na linha de controle do fogo;
- Não abandonar, em hipótese alguma, a área incendiada até a completa extinção do fogo;

É tecnicamente recomendada a realização da queima controlada no período do outono ou inverno, uma vez que os tecidos dos vegetais encontram-se em estado de dormência nesta época. Caso haja a necessidade de maior intensidade de fogo, a queima poderá ser realizada no verão, porém, neste caso os cuidados a serem tomados para evitar a perda de controle do fogo devem ser maiores, em virtude da temperatura do ar ser mais alta e possivelmente a umidade do ar e do material combustível ser menor. A realização de queima controlada na primavera é desaconselhada em virtude da intensa atividade vegetativa em que se encontram os vegetais neste período, quando a passagem do fogo poderia causar danos irreversíveis.

Em pesquisa realizada em povoamentos de *Pinus taeda* nos EUA, citada por Soares (1985), (Tabela 5) pode-se observar a influência da época e do tipo de queima na velocidade de propagação, consumo de material combustível e na intensidade do fogo. A maior velocidade de propagação ocorreu no verão com fogo a favor do vento. A influência maior da estação do ano pode ser detectada em relação ao consumo de material combustível e na intensidade do fogo, a qual é sempre maior no verão, associada com o vento favorável.

TABELA 5: Influência do tipo e época de queima na velocidade de propagação, consumo de combustível e intensidade do fogo em povoamento de *Pinus taeda* nos EUA.

Tipo queima	Veloc. Propag. (m/s)	Consumo de combustível (ton/ha)	Intensidade de fogo (kcal/m.s)
Inverno (Contra o vento)	0,007	5,50	17,0
Verão (Contra o vento)	0,006	6,25	16,5
Inverno (Favor do Vento)	0,044	6,00	116,4
Verão (Favor do Vento)	0,050	7,25	154,3

Fonte: Soares (1985).

Fatores como a hora do dia em que é realizada a queima também influenciam no sucesso da tarefa. Queimas realizadas durante a luz do dia são mais eficientes em virtude das melhores condições de queima do material combustível, influenciada pela maior temperatura e menor umidade do ar, porém é claro que necessitando de maiores cuidados em relação ao controle do fogo. A realizada de queima a noite somente é recomendada quando em florestas mais jovens, em virtude de causar menor volume de danos.

O intervalo entre queimas sucessivas deve ser estudado para cada caso. Porém, de maneira geral, pode-se garantir que queimas anuais degradam o solo, não sendo portanto indicadas. Pelo contrário, queimas muito espaçadas farão com que se acumule muito material combustível, aumentando assim o risco de ocorrência de incêndios involuntários.

4.2. Plano de queima

Um plano básico de queima é um instrumento que dará as diretrizes para a realização da mesma. Deverá ser elaborado previamente por Engenheiro Florestal habilitado para a realização técnica da atividade.

O “Plano de Queima Controlada” deverá conter basicamente as seguintes partes:

1. Descrição e localização da área a ser queimada: contendo descrição da vegetação local, topografia, quantidade de material combustível, tamanho da área (mapa ou croqui).
2. Objetivos da queima: deverá ser descrito neste ponto o que se quer exatamente que o fogo faça (Ex: redução de material combustível, renovação de pastagens, etc).
3. Comportamento do fogo: deve ser indicado, depois de visita e inspeção detalhada da área, o possível comportamento que o fogo terá depois de iniciado e sob condições meteorológicas específicas.
4. Em relação às condições meteorológicas, o profissional deverá detalhar quais as ideais para a realização da queima, com base nos objetivos do trabalho e na segurança do procedimento de queima. Assim, deverão ser estabelecidas condições limites de temperatura, velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar (%) e o perigo de incêndio local (Índice de Perigo de Incêndio);
5. Indicar detalhadamente qual a técnica de queima a ser usada, a qual estará na dependência da quantidade de material combustível e da intensidade necessária ou máxima do fogo. Exemplo: quando houver grande quantidade de material combustível e baixa umidade do ar, proceder a queima contra o vento, para que não seja perdido o controle do mesmo, caso estivesse a favor do vento;
6. Estabelecer quais as condições de vigilância, controle do fogo e rescaldo. Determinar aqui como deve ser a segurança durante a realização da queima, em que posição deverão ficar, quantas pessoas, material necessário, quantos e onde deverão ficar os vigias, os quais darão o alerta em caso de alastramento do fogo, mudança da direção do vento, etc. Também deve ser estabelecida as normas de rescaldo, ou seja, como deverão ser eliminados os vestígios de fogo que sobram no fim da queima (Exemplo: tocos que continuam queimando, pequenas sobras de vegetação sem queimar, pontos de fumaça, etc)

7. Ao final da realização da queima, deverá ser realizada pelo profissional ou assistente habilitado, a avaliação da queima, registrando-se data e hora da queima, comportamento do fogo observado a campo (velocidade, intensidade, altura de crestamento, quantidade de combustível consumida, etc). Determina-se a eficiência da queima realizada.

4.3. Extinção dos incêndios florestais

A seguir são apresentadas táticas operacionais comumente usadas para extinção de focos de incêndios florestais:

- Começar atacando imediatamente as partes mais difíceis, onde existe maior perigo de o fogo avançar;
- Sufocar brasas e materiais que permanecerem incendiados;
- Eliminar árvores mortas, em pé ou caídas, nas linhas de aceiros de corta-fogo;
- Apagar troncos e tocos incendiados na linha de aceiros, cobrindo-os com terra;
- Eliminar raízes, troncos, tocos, galhos na linha de corta-fogo;
- Extinguir totalmente os incêndios pequenos;
- Em incêndios grandes, atacar as áreas adjacentes a uma distância de 30 m da linha de fogo;
- Cortar galhos e árvores mortos, chamuscados, em pé ou caídos, que possam provocar faíscas ou chamas na linha de aceiros;
- Queimar ilhas (restos) de material não queimado;
- Localizar e sufocar focos latentes;
- Dispersar montes de materiais de alta inflamabilidade para reduzir o calor e o perigo de expansão das chamas;
- Sempre que possível, usar água para extinguir o incêndio;
- Dispersar bem, dentro da área queimada, todo material latente que não possa ser apagado;
- Procurar desenterrar tocos e raízes incendiados na linha de aceiros;
- Utilizar água economicamente, combinado-a com outras ferramentas para extinguir o incêndio.

4.3.1. Planejamento das Atividades de Campo

O planejamento compreende a programação de todas as medidas e ações de combate aos incêndios florestais, envolvendo as seguintes atividades:

- Detecção do incêndio;
- Comunicação;
- Anotações e análises de dados;
- Mapas para localização;

- Organização de pessoal;
- Transporte de pessoal;
- Abastecimento e transporte de combustíveis;
- Abastecimento de água/alimentação;
- Apoio logístico/primeiros socorros;
- Acampamento/alojamento.

4.3.2. Normas Gerais de Segurança

A extinção de incêndios florestais, normalmente, acontece em condições tensas, uma vez que a própria natureza desta atividade obriga a uma atuação de emergência.

São, assim, trabalhos perigosos que se desenvolvem em ambiente de precipitação e nervosismo, sendo, em grande parte, executados por pessoas não habituadas a trabalhar em matas e florestas.

Além de ser um trabalho duro e estafante, conta, muitas vezes, com o agravante de as pessoas desconhecerem o uso correto das ferramentas que irão manusear. Portanto, é oportuno estar atento às seguintes normas de segurança:

- Estar em contato com seus superiores;
- Trabalhar em equipe;
- Carregar as ferramentas corretamente;
- Olhar onde pisa;
- Manter a calma em qualquer circunstância;
- Avisar quando se afastar da equipe e/ou do local do incêndio.

4.3.2.1. Segurança no Transporte para o Local do Incêndio

- No veículo, o motorista é o responsável absoluto pelo seu comando;
- Os passageiros devem manter-se quietos durante todo o trajeto ou percurso da viagem;
- Todos os passageiros deverão estar bem acomodados dentro do veículo;
- Não viajar com ferramentas de trabalho nas mãos;
- Descer do veículo, ordenadamente, pela porta;
- Olhar bem o ambiente onde estiver pisando ou andando;
- Não subir no veículo em movimento;
- Não descer quando o veículo estiver em movimento, afastando-se dele ao sair;
- Não cruzar vias públicas e estradas pela parte traseira do veículo;
- Periodicamente, fazer inspeção mecânica nos veículos em que viaja.

4.3.2.2. Deslocamento da Equipe Rumo ao Incêndio

- Escolher a rota mais curta, mais segura, que ofereça menor esforço físico e que leve de forma mais rápida aos incêndios. Para tanto, usar mapas e/ou bússolas, ou pedir orientação às pessoas que conheçam a região;
- Caminhar sempre em ritmo normal e adequado, para não gastar tempo e nem energia desnecessária;
- Ter tempo para descanso, necessário ao restabelecimento das energias;
- Se tiver que ultrapassar canaviais, cruzá-los pelo lado mais seguro possível;
- Observar bem por onde passar tendo cuidado com materiais no solo, galhos, tocos, ramos, olhando sempre em frente;
- Se não for necessário, não saltar e nem correr;
- Não caminhar no escuro, em hipótese alguma;
- Quando for tomar água, beber calmamente;
- Ao chegar próximo de incêndios ou queimadas, certificar-se de que escolheu a forma mais segura possível;
- Ao escalar morros, serras, montanhas, subir em forma de ziguezague para não gastar energia em demasia;
- Quando estiver desorientado e perdido no campo ou floresta, procurar os pontos mais altos e tomá-los como referencial para se posiciona;
- Não se separar da equipe a uma distância maior que dez metros.

4.3.2.3. Segurança em Combate no Campo

Todos os envolvidos no combate ao incêndio devem estar protegidos contra as altas temperaturas e gases, utilizando vestimentas e outros utensílios adequados, tais como:

- roupa adequada (calça e camisa de manga longa feitas em tecido antifogo (Nomex) ou utilizar roupas de algodão, nunca de tecidos sintéticos)
- capacete leve e certificado para incêndios
- estojos com protetores e máscaras
- botas de couro com cano alto, solado antiderrapante e palmilha isolante
- kits de primeiros socorros
- lanterna
- cantil cheio para a rehidratação, deve ser em alumínio, ter capacidade para 1 litro e ser coberto com material isolante
- facão

- apito (usado em caso de perigo ou acidentes)

Todas as peças devem permanecer guardadas em local de fácil acesso e estar com o nome do combatente.

Seguir as normas estabelecidas para o uso de ferramentas.

Ao delimitar uma área de controle para operacionalização das ações, tomar todos os cuidados possíveis com a borda do perímetro delimitado.

Ao delimitar a área, ter o máximo de cuidado em deixar vias de escape, bem visíveis, mostrando-as aos demais componentes da equipe.

Se possível, manter um vigia, sentinela, para avisar quando houver perigo eminente de fogo.

Estar sempre em alerta, manter a calma, pensar claramente e agir decididamente.

Ao cair ou atrapalhar-se com o fogo, procurar proteger-se por um dos seguintes métodos:

- Escapar por vias de controle, previamente estabelecidas, até chegar a um corta-fogo, caminho ou estrada;
- Se as chamas forem pequenas, entrar em áreas anteriormente queimadas, passando pelo espaço que contiver as menores chamas;
- Se as chamas forem grandes e o incêndio de alta intensidade, fazer outro fogo para eliminar os combustíveis vegetais e proteger-se na área queimada.

4.3.2.4. Organização do Pessoal em Combate

Em qualquer organização cada pessoa deve ter um chefe e saber quais são seus deveres, suas responsabilidades e o seu superior.

Além de não terem prática no uso de ferramentas e implementos empregados neste tipo de atividade, a maior parte das pessoas que trabalham com incêndios são também inexperientes em relação ao tipo de trabalho e de organização estabelecidos para este fim.

Por isso, é fundamental trabalhar com equipes pequenas e bem divididas, sob o comando de um chefe da brigada que deve dirigir, comandar e supervisionar sua equipe com firmeza e objetividade.

O número de trabalhadores mobilizados depende da topografia local, da reação do fogo, do trabalho a ser executado e do grau de entendimento entre o chefe e seus comandados que devem ser de no máximo oito.

4.3.2.5. Função do Chefe da Brigada

Ao ser informado do incêndio, o chefe da brigada tem que:

- Informar-se da situação do incêndio;
- Fazer uma pré-avaliação do incêndio e de todas as informações disponíveis;
- Informar-se sobre o acesso ao local, caminho, estrada, topografia, meio de transporte;

- Dirigir-se com a equipe ao local do incêndio pela rota mais viável e apropriada;
- Estudar o comportamento do incêndio;
- Fazer uma segunda avaliação da situação e solicitar ajuda, se necessária;
- Preparar plano de combate, com base na equipe e nos recursos técnicos disponíveis para a operacionalização das ações;
- Designar uma pessoa para executar cada trabalho específico;
- Dirigir o combate e supervisionar os combatentes;
- Comunicar-se, com frequência, com a coordenação central;
- Durante o incêndio, deve fazer uma avaliação do plano de extinção e os ajustes necessários;
- Assegurar o bem-estar dos combatentes.

4.3.2.6. Responsabilidades do Chefe da Brigada

- Explicar aos combatentes a natureza do trabalho a ser realizado;
- Organizar os combatentes para efetuar eficazmente os trabalhos específicos;
- Demonstrar métodos de trabalho seguros e eficientes;
- Assegurar que toda a equipe se encontre em perfeito estado;
- Registrar os nomes dos combatentes e as horas de trabalho;
- Assegurar que as normas de segurança sejam observadas.

4.3.2.7. Primeiros Socorros

Por se desenvolverem em ambientes de precipitação e nervosismo que exigem ações emergenciais e rápidas, não se pode excluir a possibilidade de ocorrência de acidentes. Em situações imprevisíveis, é fundamental seguir algumas normas básicas de segurança e tratamento com o acidentado em combate a campo:

- Em qualquer situação, transmitir/demonstrar à vítima calma e serenidade;
- Inicialmente, verificar as condições do acidentado e o tipo de acidente ocorrido: se queimadura, contusão, asfixia, hemorragia, envenenamento, ferida, deslocamento, fratura, convulsão, ataque nervoso, mordida de serpente, picada de inseto etc;
- Manter o acidentado em posição horizontal;
- Se houver necessidade de movê-lo, fazer com o máximo de cuidado;
- Se a vítima estiver vomitando, colocá-la de lado, com o máximo de cuidado;
- Se for necessário transportar a vítima no meio da floresta, improvisar maca, sacos e transportá-la acima do ombro, caminhar compassadamente para eliminar os efeitos do balanço. No caso de utilizar veículos, manter uma velocidade adequada que evite saltos e movimentos bruscos;
- Se o acidentado estiver consciente, oferecer-lhe bebidas estimulantes, chá ou café quente com açúcar;

Urgências e Cuidados Especiais

- Os casos de asfixia devem ser tratados com a máxima urgência;
- As hemorragias também exigem urgências e cuidados especiais;
- Envenenamento, além de ser um caso de extrema urgência, é imprescindível investigar as suas causas para solicitação do antídoto apropriado;
- Nos casos de queimaduras, verificar a gravidade, extensão e profundidade da lesão;
- Lavar os ferimentos, desinfetando-os com água oxigenada ou água e sabão neutro e, posteriormente, procurar o médico para aplicação de injeção antitetânica, se for o caso;
- Nas convulsões e desmaios, afrouxar ou tirar a roupa da vítima, cobri-la com uma manta, aplicar-lhe panos com água fria na cabeça e, se necessário, fazer respiração artificial, boca-a-boca;
- Aplicar compressas de água fria nas áreas lesadas por contusões;
- Quando ocorrer deslocamento de algum membro, é necessário imobilizá-lo enquanto se aguarda o atendimento médico;
- Se as fraturas ou rupturas de algum osso vierem acompanhadas de ferida exposta, serão facilmente reconhecidas pela dor, inchaço, deformidade e impossibilidade de movimentação. Nesses casos, deve-se também imobilizar o acidentado, provisoriamente, até o pronto atendimento médico;
- Ataque Nervoso:
As pessoas acometidas de ataque nervoso devem ser afastadas do grupo e das ferramentas, envolvendo, quando necessário, seus rostos com uma toalha molhada.
- Picadas e Mordidas:
Quando ocorrerem mordidas de serpentes, enquanto se espera o atendimento médico adequado, fazer uma incisão em forma de cruz, com o auxílio de um instrumento cortante devidamente desinfetado (na chama) e, em seguida, sugar o veneno (sangue) com a boca, cuspiendo-o fora. Nos casos de picadas de insetos, desinfetar o local atingido, lavando-o bem com amoníaco e bicarbonato, além de retirar o ferrão.

Kit Básico de Primeiros Socorros

Um kit de Primeiros Socorros deve conter no mínimo:

- Água oxigenada;
- Água sanitária;
- Álcool;
- Algodão;
- Aspirina;
- Bicarbonato;
- Bolsa de água quente;

- Bolsa de gelo;
- Esparadrapo;
- Gases esterilizadas;
- Mercurocromo;
- Pinças;
- Seringas descartáveis para injeções;
- Tiras para ataduras;
- Tônico cardíaco.

4.3.2.8. Uso de Ferramentas

Para a realização adequada de um trabalho desta natureza é preciso contar com ferramentas apropriadas, além, é claro, do perfeito conhecimento de seu uso e conservação. São equipamentos necessários (Figura 25):

- Machado: para cortar árvores em pé ou caídas e abrir linhas de corta-fogo;
- Enxada: para carpir as gramíneas, herbáceas e outros tipos de vegetação rasteira, limpar trilhas;
- Enxadão: para cavar valas e buracos, fazer trincheiras;
- Foice: para abrir picadas, cortar galhos;
- Facão: para marcar árvores onde o fogo possa passar, delimitar área para posterior aceiro, cortar galhos, podar árvores;
- Serra: para serrar árvores e galhos;
- Motosserra: para serrar árvores em pé, podar galhos, árvores caídas;
- Pás: para cavar terras e jogá-las sobre as chamas;
- Rastelos: para raspar o solo, retirando serapilheiras e outros tipos de combustíveis vegetais;
- Abafadores: para apagar as chamas, em ação direta contra o fogo;
- Bombas costais: para lançar água sobre as chamas e reduzir a intensidade do fogo;
- Moto-bombas: para lançar água ou retardante sobre as chamas, árvores e tocos, apagando o incêndio;
- Lança-chamas: para conter o fogo, fazendo um contrafogo;
- Carro-pipa: caminhão ou camionete equipados com um reservatório de água ou retardante para uso direto sobre o fogo.



Figura 25: Algumas ferramentas equipamentos usados na extinção dos incêndios florestais (Fonte: UOV, 2004).

4.3.2.9. Manutenção das Ferramentas

Antes de iniciar a temporada ou período de maior intensidade dos incêndios florestais é necessária uma manutenção geral em todos os equipamentos de uso nesta atividade, verificando se estão em perfeitas condições de utilização. Deve-se:

- Utilizar sempre ferramentas adequadas para a função certa;
- Guardar e acondicionar cada ferramenta de forma adequada;
- Conservar em bom estado todas as ferramentas;
- Ao transportá-las, acondicioná-las de forma adequada;
- Embalar todas as ferramentas perigosas ou defeituosas;
- Utilizar roupas de proteção e luvas, quando for necessário.

4.4. Considerações finais

A ação do fogo sobre as florestas é tão antiga quanto à história da humanidade.

No mundo inteiro ocorrem incêndios florestais, causando sérios danos aos ecossistemas.

Para quantificar e avaliar esses danos, bem como para planejar ações de prevenção, controle e combate, muitos países mantêm estatísticas completas sobre essas ocorrências.

Os Estados Unidos, por exemplo, coletam dados e informações sobre os incêndios florestais e alterações climáticas desde 1926, e a Espanha realiza pesquisas e estatísticas completas sobre esta questão desde 1961.

Na Alemanha, França, Suécia, Austrália, Grécia, Rússia, Canadá, Chile, México registra-se, também, a ocorrência dos incêndios florestais, alterações climáticas, suas causas e conseqüências para a humanidade e para o ecossistema.

No Brasil, este trabalho vem sendo feito efetivamente a partir de 1990, quando dados e informações meteorológicas, referentes aos incêndios florestais, clima começaram a ser catalogados por meio de satélites.

Entretanto, não existe ainda uma estatística global sobre a ocorrência de incêndios florestais em todo o mundo. Para a Europa e América do Norte estão sendo executados estudos, compilação de dados e informações registradas no Comitê ECE/FAO (Genebra) sobre os incêndios florestais nessas regiões.

Para as demais regiões do mundo, os dados catalogados são muito fragmentados, sem consistência e se referem, especificamente, às florestas plantadas.

Embora, planejando, orientando, divulgando e fiscalizando as ações do homem sobre a natureza, as florestas continuam ardendo, o ar continua sendo poluído; o solo continua sendo lixiviado, perdendo nutrientes; os rios continuam sendo assoridos e o meio ambiente sofrendo as suas conseqüências.

Mesmo com todas as precauções possíveis sobre os perigos do fogo sem controle, ainda assim, em maior ou menor escala, todos os anos, nos países de todos os continentes, acontecem incêndios florestais.

Acredita-se que, com a expansão e difusão nos meios de comunicações de massa e com a globalização da economia, caminhamos para maior integração e avaliação estratégica constante dos impactos ambientais do fogo e das emissões de gases sobre os ecossistemas, o clima e a saúde humana.

5. AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR INCÊNDIOS FLORESTAIS

Eng. Florestal, Mestranda Flávia Gizele König

A necessidade de aumento da produção de alimentos, fibras e energia, decorrente do aumento da população ocorrido nos últimos tempos, trouxeram consigo grandes e rápidas transformações tecnológicas e populacionais. Sendo por sua vez observado a substituição de florestas naturais por florestas plantadas com essências exóticas, onde o risco de incêndios é aumentado em virtude da presença de maior quantidade material combustível seco, prontamente disponível para a queima (Toller et.al, 2002).

Conforme Batista & Soares (1997), uma das alternativas para se diminuir este risco ou diminuir o potencial de danos dos incêndios é reduzir periodicamente a quantidade de material combustível no interior dos povoamentos através de queima controlada e conhecer a intensidade do fogo.

Segundo Soares (1995) quando uma floresta de pinus ou eucalipto é plantada e protegida do fogo, o material combustível vai se acumulando e pode exceder em muito a quantidade existente na vegetação natural. Como a intensidade do fogo é diretamente proporcional a quantidade de material disponível, os incêndios que ocorrem nessas circunstâncias serão potencialmente muito mais destrutivos, devido à alta intensidade dos mesmos.

Florestas puras plantadas em substituição as florestas úmidas tropicais e subtropicais, produzem um ambiente mais seco, devido à ausência de sub-bosque e circulação mais livre do vento no interior das mesmas. Por este motivo, embora o fogo não seja parte integrante destes ecossistemas, as mudanças produzidas nos mesmos criam condições favoráveis à ignição e propagação dos incêndios (Soares, 1995).

Para uma intensidade baixa semelhante a uma queima controlada, o fogo não afeta significativamente a floresta. Quando a intensidade é moderada pode ocorrer ataque de fungos e insetos devido à redução da resistência das árvores. Intensidades altas, quando não resultam na morte das árvores, causam severos danos às mesmas, reduzindo significativamente o incremento e conseqüentemente volume final de madeira da floresta (Tozzini & Soares, 1987).

Estatísticas sobre ocorrência de incêndios são fundamentais, não apenas para se conhecer o histórico e o perfil dos incêndios, mas também para auxiliar no desenvolvimento de metodologias e sistemas de manejo ou controle do fogo. Um aspecto importante a se determinar com relação aos incêndios florestais é a época mais propícia para sua ocorrência.

Para Batista & Soares (1995) a completa exclusão do fogo de áreas florestais é uma tarefa impossível, mesmo para os mais eficientes sistemas de controle de incêndios. O que pode e deve ser feito é a implantação de sistemas de prevenção e combate a incêndios, devidamente dimensionados

para cada área ou distrito florestal, de modo a minimizar os prejuízos provocados pelo fogo, dentro de limites de custo compatíveis com grau de perigo ou potencial de danos da região.

No caso dos incêndios florestais, saber apenas que eles ocorrem não é suficiente. Para se estabelecer uma política eficiente de prevenção e combate a esses incêndios é necessário saber onde, quando, porque e quanto eles queimam. Para se conhecer os três primeiros aspectos, isto é, localização, época de maior ocorrência e principais causas. A última parte porém, a quantificação dos danos, é mais técnica e exigem a aplicação de uma metodologia adequada às condições brasileiras (Tozzini & Soares, 1987).

Com base nestes aspectos nesta unidade são apresentados as principais variáveis empregadas para avaliação de danos por incêndios florestais e outras vegetações nativas como: **Intensidade de Fogo (I)**, **Velocidade ou Taxa de propagação de Fogo (r)**, **Altura de Crestamento Letal (h_c)** e **Energia Liberada por Unidade de Área (H_a)**

Intensidade do fogo → Variável que representa a taxa de energia ou calor liberado por unidade de tempo e por unidade de comprimento da ferente de fogo. Esta variável será calculada com base na equação de Rothermel & Deeming (1980), descrita abaixo.

$$= 63,05 * \quad 2/17$$

Onde: I = Intensidade do fogo (Kcal/ m-s)

h_c = Altura de carbonização da casca (m)

Estabelecida à intensidade de fogo, classifica-se o nível de queima e danos produzidos pelo incêndio nas áreas de floresta, conforme a metodologia de Tozzini & Soares (1987), apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros do comportamento do fogo relacionado com os respectivos níveis de queima.

Parâmetros do Fogo	Níveis de queima			
	I	II	III	IV
Altura de queima (m)	0,85	2,03	4,54	11,38
Porcentagem de queima em relação à altura total da árvore (%)	7	18	40	100
Intensidade do fogo (kcal/m-s)	44,3	293,0	1.680,7	12.345,6

Nível de queima I → Ocorre a queima apenas do material combustível (serapilheira) e sub-bosque, não danificando os indivíduos adultos.

Nível de queima II → Ocorre a queima do material combustível (serapilheira), sub-bosque e crestamento parcial das copas (18% da altura total da árvore).

Nível de queima III → Ocorre a queima parcial da copa (em torno de 40% da altura total da árvore).

Nível de queima IV → Queima total da árvore.

Com base ainda na intensidade de fogo serão estabelecidas as variáveis de **velocidade ou taxa de propagação do fogo, altura de crestamento letal, energia liberada por unidade de área.**

Velocidade ou Taxa de Propagação do Fogo → É a variável que descreve a taxa em que o fogo aumenta, tanto em área quanto linearmente. Para povoamentos de pinus a variável é definida pela seguinte equação:

$$r = \frac{I}{w * H}$$

Onde: r = Velocidade de propagação do fogo (m/s)

I = Intensidade do fogo (Kcal/ m-s)

H = Calor de combustão em kcal/Kg (4.000 kcal/Kg)

w = Peso do material combustível disponível (Kg/m²)

A obtenção da variável Peso de material combustível disponível (w) é por meio do somatório dos compartimentos formadores do material combustível no Povoamento de *Pinus sp.*, ou seja, biomassa total dos indivíduos arbóreos adultos, subosque e serapilheira acumulada sobre o solo (acículas, galhos, material reprodutivo (cones) e resíduos).

Para povoamentos de eucaliptos a equação empregada será de McArthur (1962), definida por:

$$r = 0,22 * (0,158 * U_{1,5} - 0,227 * M_f)$$

Onde: r = Velocidade de propagação do fogo (m/min)

U_{1,5} = Velocidade do vento no interior da floresta à 1,5 m de altura

M_f = Umidade do material combustível fino (%)

A velocidade ou taxa de propagação do fogo para vegetações naturais (capoeirinhas) é dada pela seguinte equação descrita por Traubad (1979).

$$= \frac{5,72 * 0,400 * 0,352}{1,12}$$

Onde: r = Velocidade de propagação do fogo (cm/s)
V = Velocidade média do vento (cm/s)
h_v = Altura da vegetação (cm)
U = Conteúdo de umidade da vegetação verde (%)

Para vegetação de campo nativo a equação para cálculo da velocidade ou taxa de propagação do fogo será dada pela expressão de Bidwell & Engle (1991) dada por:

$$= [0,07 * (0,005 * \quad)] - 0,004 *$$

Onde: r = Velocidade de propagação do fogo (m/min)
FMF = Umidade do material combustível (%)
RH = Umidade relativa do ar (%)

Estabelecida à velocidade propagação do fogo é possível classificá-las dentro de escalas de velocidade, fornecendo assim informações como tempo necessário para alastramento ou extinção do fogo para as equipes de combate à incêndio em áreas de Pinus, Eucalipto, Capoeirinha ou Campo nativo, a fim de uma eficaz ação para controle de focos.

A escala de velocidade propagação do fogo para o presente estudo se baseia na escala desenvolvida por Botelho & Ventura (1990), que se apresenta descrita na Tabela 6.

Tabela 6: Escala de classificação da velocidade de propagação do fogo.

Velocidade de Propagação (m/s)	Classificação
< 0,033	Lenta
0,033 – 0,166	Média
0,166 – 1,166	Alta
> 1,166	Extrema

Altura de Crestamento Letal → É a secagem letal da folhagem das árvores causadas pelos gases quentes que se desprendem da zona de combustão, sendo que as folhas crestadas não são

consumidas pelo fogo, permanecendo intactas porém secas e mortas, com coloração marrom, e será desenvolvida por meio da equação de Van Wagner (1973), definida como:

$$= \frac{3,94 * T^{7/6}}{(0,107 * V + I^3)^{1/2} * (60 - h_s)}$$

Onde: h_s = Altura de crestamento letal (m)

I = Intensidade do fogo (Kcal/ m-s)

V = Velocidade do vento (m/s)

T = Temperatura do ar (°C)

Com base na altura de crestamento será estabelecida a quantificação dos danos às árvores dos povoamentos afetados pelo incêndio e modelar estimativas de probabilidade de sobrevivência dos indivíduos remanescentes. Para quantificação dos danos emprega-se a classe de danos estabelecida por Mobley et al. (1973) descritas na Tabela 7.

Tabela 7: Classes de danos às árvores em função do crestamento da copa.

Porcentagem de crestamento da copa	Dano à árvore
0 a 35	Nenhum a insignificante
36 a 66	Moderado
67 a 100	Pesado

Energia Liberada por Unidade de Área → É a quantidade de energia calorífica liberada durante a queima do material combustível durante o incêndio por unidade de área.

= —

Onde: H_a = Calor liberado (kcal/ m²)

I = Intensidade do fogo (kcal/ m-s)

r = Velocidade de propagação do fogo (m/s)

Outra variável importante para avaliação dos danos ocasionados por incêndios florestais é avaliação da regeneração e formação do subosque após a ocorrência do incêndio, pois esta nos dará com exatidão o grau de degradação do ecossistema após impacto do fogo, pois sabemos que algumas

plantas como do gênero (Caraguatás) e (Samambaias-da-tapera) são bioindicadoras de degradação e acidez do solo, para isto é de suma importância para estudos de dinâmica ecológica, que após a ocorrência fogo sejam instaladas parcelas para avaliação da regeneração natural formada.

Para exemplificar a avaliação dos danos ocasionados por incêndios florestais, abaixo temos um trabalho desenvolvido por König et al (2003) em uma área de sp. incendiada em 2001 na Estação no Centro de Pesquisas em Recursos Florestais da FEPAGRO Florestas no Distrito de Boca do Monte, Santa Maria, RS publicado no 9º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul.

No presente trabalho foram mensuradas em média 30 árvores por parcela, onde a taxa de sobrevivência média foi de 51,7 %, o que correspondeu a 46 árvores mortas em média. Na Tabela 8, encontra-se os demais dados avaliados para o presente trabalho.

Tabela 8: Dados gerais do povoamento de sp. na FEPAGRO Florestas no Distrito de Boca do Monte em Santa Maria, RS.

Parcelas	Nº árvore s	DAP médio (cm)	hT média (m)	h 1º galho vivo (m)	h carb. (m)	Volume (m³/ha)	Int. do Fogo (kcal/m-s)
1	39	24,7	17,7	11,8	2,0	551,3	68,3
2	19	28,2	20,8	14,6	8,7	315,6	81,6
3	33	27,2	19	14,1	7,9	485,6	79,9
Média	30	26,7	19,2	13,5	6,2	450,8	76,6
TESTEMUNH A	68	31,2	19,8	14,4	-	1075,2	-

O diâmetro médio mensurado no presente trabalho foi de 26,7 cm e altura média de 19,2 m na área incendiada e a parcela testemunha de 31,2 cm e altura de 19,8 m, portanto verifica-se uma pequena variação devido à ocorrência de três incêndios com grandes intervalos de tempo, o que por sua vez vieram a produzir clareiras no povoamento e maior aproveitamento da energia para produção de fotossintatos e atividade metabólica dos indivíduos, portanto não ocorreu estanque no incremento desta área afetada. Outro fato que pode comprovar esta afirmação é que o dano causado pelo fogo foi inferior a 50% da altura total média dos indivíduos.

Quanto à altura do 1º galho vivo, esta se apresentou acima da altura de carbonização da casca, tal fato se deve ao intervalo de tempo de decorrência entre a presente avaliação e a ocorrência do incêndio que são de 2 anos e também pelo povoamento estar em fase de franca recuperação dos indivíduos remanescentes, o que veio a incubar as marcas de carbonização pela senescência destes tecidos .

A intensidade média do fogo foi de 76,6 Kcal/m-s, o que por sua vez vem a enquadrar o incêndio de nível de queima I, que segundo Tozzini & Soares (1987), caracteriza-se como um fogo que não vem a chegar a atingir a folhagem das árvores, como veio a ocorrer nas bordas do povoamento onde não se atingiu a copa dos indivíduos do povoamento. Na Tabela 9, observa-se os parâmetros estabelecidos por Tozzini & Soares, para a quantificação do comportamento do fogo com base no nível de queima.

Tabela 9: Parâmetros do comportamento do fogo relacionado com os respectivos níveis de queima*.

Parâmetros do Fogo	Níveis de queima			
	I	II	III	IV
Altura de queima (m)	0,85	2,03	4,54	11,38
Porcentagem de queima em relação à altura total da árvore (%)	7	18	40	100
Intensidade do fogo (kcal/m-s)	44,3	293,0	1680,7	12345,6

* Tozzini & Soares (1987)

Com base na metodologia adotada pelos autores citados acima, se avaliarmos o nível de queima quanto à altura de carbonização da casca e porcentagem de queima em relação à altura da árvore, quanto a estes fatores o incêndio pode ser classificado como nível III e IV nas áreas de topografia em declive, devido o fogo ter iniciado-se neste local e pela direção do vento na área.

Na Tabela 10, temos um comparativo incêndios florestais em povoamentos de *sp e* ocorridos em Santa Maria, RS.

Tabela 10: Comparativo entre incêndios florestais em povoamentos de *sp e* ocorridos em Santa Maria, RS.

Parc.	Nº árv.	DAP (cm)	HT (m)	H1º galho vivo (m)	H carb. (m)	V. (m³/ha)	Int. do Fogo (kcal/m-s)	Ref.
1	39	24,7	17,7	11,8	2,0	551,3	68,3	König et al (2003)
2	19	28,2	20,8	14,6	8,7	315,6	81,7	
3	33	27,2	19	14,1	7,9	485,6	80,8	
Média	30	26,7	19,2	13,5	6,2	450,8	76,6	
Testem.	68	31,2	19,8	14,4	-	1075,2	-	
1	60	12,4	8,1	2,6	2,0	103,7	68,5	Toller et al (2002)
2	60	12,5	7,8	2,7	1,7	104,0	67,2	
3	59	12,8	8,1	2,8	1,9	100,7	68,1	
Média	60	12,6	8,0	2,7	1,9	102,8	67,9	

Com base nos dados expostos na tabela acima se observa que as alturas totais, 1º galho vivo, carbonização apresentam-se menores que este estudo devido o povoamento estudado por Toller et. al (2002), ser um povoamento de apenas 9 anos, porém que quanto à intensidade de fogo na parcela 1 de ambos povoamentos igualaram-se na altura de carbonização, o que vem a ressaltar a severidade e intensidade do incêndio foi sobre o , o que futuramente vai comprometer consideravelmente o desenvolvimento desta floresta reduzindo sua potencialidade de aumentar seu incremento.

Além dos aspectos mensuráveis avaliados neste trabalho, outro parâmetro de vital importância para avaliação da capacidade de regeneração das florestas pós-incêndio é a realização de estudos da composição florística do sub-bosque que se forma. Na Tabela 11, temos a composição florística do sub-bosque do povoamento em estudo formado pós-incêndio.

Tabela 11: Composição florística do sub-bosque formado pós-incêndio no povoamento de sp na FEPAGRO Florestas, 2003.

Nome Comum	Nome Científico	Família	Nº de indivíduos	Nº de ind./ha	Altura (cm)
Pinus		Pinaceae	6	600	57
Caraguatá	spp.	Umbelliferae	1	100	20
Eucalipto	sp.	Myrtaceae	1	100	185
Samambaia-das-taperas		Pteridaceae	60	6.000	30
Fumo-bravo	Solanum erianthum	Solanaceae	4	400	160
Pitangueira		Myrtaceae	3	300	104
Mamica-de-cadela		Rutaceae	1	100	164
Cinamomo	Melia azedarach	Meliaceae	2	200	106
Coentrilho		Rutaceae	1	100	85
Caroba	Tecoma stans	Bignoneaceae	1	100	175
Guaco	Mikania laevigata	Compositae	3	100	50

O sub-bosque do povoamento caracterizou-se basicamente por ser espécies de porte herbáceo, como samambaias, caraguatá e trepadeiras. As espécies arbóreas encontradas na área se devem as mesmas ser implantadas em caráter de enriquecimento do povoamento. Quanto à presença de samambaias (), na área observou-se que as mesmas exercem dominância sobre a regeneração do sub-bosque no local onde ocorreu o fogo, porém no local onde se instalou a parcela testemunha não há indivíduos de tal espécie, o fato pode ser explicado pela necessidade da ocorrência

do fogo para que se viabilize seu desenvolvimento na área e também devido a grande acidez gerada no solo pela lixiviação de nutrientes em longo prazo pela queima.

CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pode-se concluir que:

- O nível de queima apresentou-se de classe I, com intensidade de 76,6 kcal/m-s, com altura média de carbonização da casca 6,2 m, caracterizando um incêndio que não produziu danos à folhagem das árvores;

- Necessita-se uma padronização nos critérios de avaliação para o nível de queima dos incêndios, pois nos sistemas de avaliação vigentes um determinado incêndio pode ser enquadrado ao mesmo tempo em dois ou mais níveis, dependendo das variáveis de dano empregadas. Portanto vindo a dificultar a análise;

- A composição florística do sub-bosque caracterizou-se predominantemente por espécies de porte herbáceo, como as samambaias-da-tapera (), caraguatás (sp.) e trepadeiras. As espécies arbóreas componentes do sub-bosque apresentaram em estágio inicial de desenvolvimento;

- Quanto da substituição do povoamento recomenda-se estabelecimento de medidas de prevenção a incêndios como: construção de aceiros, açudes em local estratégico de fácil acesso e capacidade compatível, conservação das estradas no interior das áreas e formação de brigada de combate e prevenção, na impossibilidade desta, optar pelo controle através de torre vigília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Relações entre a altura de carbonização da casca das árvores e algumas variáveis do comportamento do fogo em uma queima controlada em povoamento de

. **Floresta**, Curitiba, v. 23. n. 1–2, 1995. p. 47 – 53.

BIDWELL, T. G.; ENGLE, D. M. Behavior of headfires and backfires on tallgrass prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FIRE AND ENVIRONMENT: ECOLOGICAL AND CULTURAL PERSPECTIVES. **Proceedings...** Knoxville: USDA Forest Service SE – 69, p. 344 – 350.

BOTELHO, H.; VENTURA, J. Modelos de comportamento do fogo. In: REGO, F. C.; BOTELHO, H. **A técnica do fogo controlado**. Universidade de Trás-Os-Montes e Alto D'ouro, 1990. p. 49 – 55.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; STAHL, J.; DEPRÁ, G.; MACHADO, A. A.; GONÇALVES, L.; FERNANDES, D. L. G.; SERAFIM, K.; KLEINPAUL, I. S. “Avaliação de danos causados por incêndio florestal em um povoamento de sp. no Centro de Pesquisas em Recursos Florestais, Santa Maria, RS”. In: 9º CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Anais...** Nova Prata, RS, 2003. 8 p.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University. 179p. 1998.

McARTHUR, A. G. Control burning in eucalypt forest. **Communication Australian Forest Burning Leaflet**. nº 80, 1962. 33 p.

MOBLEY, H. E. **A guide for prescribed fire in southern forests**. Atlanta: U. S. Forest Service, Southeastern Area State and private Forestry, 1973. 40 p.

ROTHERMEL, R. C.; DEEMING, J. E. Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects. USDA Forest Service Tchenologic Report INT – 93, 1980. 4 p.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Floresta**, v. 22. nº 1 – 2, 1995. p. 39 – 53.

TOLLER, A. D.; BRUN, E. J.; IENSEN, E. A. M.; ANDREIS, C.; FONTANA, E.; SCHUMACHER, M. V. **Características dendrométricas e morfológicas de uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm. submetida ao fogo**. In: 2º CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONE-SUL. **Anais ...** Santa Maria: SOSEF/UFSM, 2002. 8 p.

TOZZINI, D. S.; SOARES, R. V. Relações entre comportamento do fogo e danos causados a um povoamento de . **Revista Floresta**, Curitiba, v. 17. nº 1 - 2, 1987. p. 9 – 21.

TRAUBAD, L. Etude du comportement du feu dans la Garrigue de Chêne kermes températures et des vitesses de propagation. **Australian Science Forest**. v. 36, nº 1, 1979. p. 13 –38.

VAN WAGNER, C. E. Height of crown scorch in forest fires. **Canadian Journal Forest Research**. Ottawa: v. 3, nº 3, 1973. p. 373 – 378.

6. AGENTES ATMOSFÉRICOS E SEUS EFEITOS SOBRE A FLORESTA

Os agentes atmosféricos 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, porém um ou mais agentes 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.

Controlar ou mudar os agentes atmosféricos é praticamente impossível, pois o clima está acima do controle humano. Portanto, uma vez que os fatores atmosféricos que influenciam no crescimento e desenvolvimento das árvores não podem ser alterados em si, o único recurso para o Engenheiro Florestal é manejar a floresta de modo a obter uma reação mais favorável dos agentes atmosféricos em seu desenvolvimento.

Como conseqüência da amplitude de variação dos fatores atmosféricos nos diversos locais, uma certa quantidade de perda por fenômenos naturais deve ser encarada como inevitável em toda a produção florestal. A extensão e o caráter de tal perda pode ser modificado e, em parte, encontrados por métodos adequados de manejo. A prevenção, neste caso, não é efetivamente a eliminação da ocorrência de influências climáticas prejudiciais, mas sim o manejo adequado ao desenvolvimento e manutenção da floresta em condições tais que por certo virá prevenir ou minimizar os efeitos daninhos dos fatores climáticos.

A densidade dos povoamentos influi de maneira bastante significativa no comportamento das árvores em relação aos agentes atmosféricos. Árvores que crescem em povoamentos densos são mais facilmente afetadas por fatores atmosféricos que as que crescem em posição relativamente abertas.

5.1. Geadas

As árvores (jovens e adultas) podem ser danificadas de vários modos ou mesmo mortas completamente em conseqüência de geadas. Os efeitos daninhos das temperaturas baixas nas árvores podem ser classificados em três grupos: danos por geadas tardias (PRIMAVERA), danos por geadas prematuras (OUTONO) e danos inverniais.

As GEADAS TARDIAS causam grande interferência no crescimento das árvores, pois atingem as folhas novas, raminhos e brotos ainda tenros, suculentos e sem os tecidos lenhosos protetores, que se desenvolveriam posteriormente. Conseqüentemente, todo o crescimento novo pode ser “queimado” pela geada e a árvore é forçada a brotar uma nova folhagem antes de continuar seu crescimento normal. Isto resulta em acentuado atraso no crescimento das árvores.

As GEADAS OUTONAIAS, antes que o crescimento da estação anterior tenha se tornado suficientemente lignificado para suportar o frio, causa danos semelhantes aos das geadas primaveris. Porém o dano não é tão sério, pois os brotos e a folhagem estão menos suculentos, isto é, mais lenhosos. Os danos se resumem principalmente na perda de uma porção do crescimento que teve lugar durante o período quente do ano. Os tecidos das plantas suportam sem sofrer danos, temperaturas muito mais baixas durante o período de dormência do que poderiam agüentar na estação de crescimento. Mas mesmo assim podem ser danificadas por períodos de inverno muito frio.

Um dos principais danos de INVERNO é a morte de células do câmbio, o que pode causar a morte da planta. Esse tipo de dano é causado não apenas por geadas em si, mas pela rápida variação de temperatura. Durante o dia o sol aquece intensamente as plantas e ao chegar à noite, há uma queda acentuada de temperatura e um rápido congelamento. Na manhã seguinte novamente rápido aumento de temperatura e conseqüente degelo. Essas variações geralmente não são suportadas pelo protoplasma das células, que se rompem, causando a morte das mesmas.

Outro efeito do frio de inverno é a produção de rachaduras na casca das árvores. Este tipo de dano (em plantas jovens) resulta do congelamento do tronco, estabelecendo uma tensão que causa rachaduras em planos verticais da casca, em direção ao cerne.

5.1.1. Medidas de controle

É muito difícil controlar ou mesmo minimizar os danos provocados pelas geadas nos povoamentos florestais. Uma vez que a geada afeta principalmente plantas jovens, não há dúvida que os esforços devem se concentrar em medidas de proteção à reprodução.

Onde a regeneração natural é empregada, o único controle possível contra as geadas é aplicar métodos de cortes parciais em vez de derrubada total. O abrigo das árvores velhas muitas vezes protege as mudas jovens. Deve-se tomar cuidado especial em regiões baixas, sujeitas à geada, para não expor a reprodução até que tenha alcançado uma altura suficiente para resistir aos efeitos do frio.

As árvores (jovens ou adultas) podem ser danificadas de vários modos ou mesmo mortas completamente em conseqüência de geadas (Figura 26).



Figura 26: Árvores parcialmente mortas em função da geada. Cachoeira do Sul, RS.

Conforme se observa na figura anterior, a severidade da geada causa danos irreparáveis à floresta, principalmente na qualidade do fuste, podendo levar a mesma a morte. Uma das alternativas neste caso é a realização de corte raso e condução da brotação da cepa (Figura 27).



Figura 27: Aspecto da brotação de eucalipto após dano da geada e corte raso do tronco.

5.2. Vento

O vento afeta a floresta de várias maneiras, podendo causar:

- Efeitos sobre o solo;
- Efeitos sobre a atmosfera da floresta;
- Danos fisiológicos às árvores;
- Danos mecânicos às árvores.

Certamente o vento proporciona também alguns benefícios à floresta, que não poderíamos deixar de mencionar. A principal influência benéfica do vento é a disseminação de pólen e sementes. O vento é um dos principais responsáveis pelo fenômeno da polinização.

A regeneração natural da maioria das espécies baseia-se também, nas sementes trazidas pelo vento, as quais encontrando condições favoráveis germinarão e repovoarão as áreas desmatadas.

Outra influência benéfica do vento é a mistura ou revolvimento do solo, observado especialmente em solos de povoamentos naturais, melhora as condições do solo e pode propiciar condições favoráveis à regeneração de certas espécies valiosas até então não abundantes nas florestas.

5.2.1. Efeitos sobre o solo

O vento exerce influência negativa sobre o solo de dois modos, primeiro soprando-o e causando a erosão eólica; segundo ativando a evaporação e provocando o seu ressecamento.

Movimentos acelerados de ar aumentam a evaporação e tendem a exaurir a umidade do solo. A contínua ação ressecante do vento sobre o solo interfere também sobre a acumulação e qualidade do húmus, podendo favorecer o desenvolvimento de uma camada de húmus ácido, áspero e turfoso, reduzindo ainda a atividade de bactérias e da fauna microbiana, tão necessárias à fertilidade e qualidade do solo. Algumas vezes toda a cobertura de folhas é levada e empilhada em outros locais, deixando o solo nu, com maus resultados para a regeneração e para o solo.

A erosão eólica, outra atividade do vento sobre o solo, resulta da remoção de partículas do solo, resulta da remoção de partículas do solo da posição original para outros locais. A terra fina é freqüentemente levada de lugares expostos no chão da floresta, especialmente nos locais mais quentes e secos. Esta remoção de partículas finas do solo, depois de algum tempo torna-o raso e, por conseguinte, menos fértil. Sendo a fertilidade do solo o principal fator que determina o valor produtivo da área, obviamente qualquer dano ao solo afetará o grau de crescimento da floresta.

Em geral, a erosão eólica aumenta à medida que cresce a porcentagem de areia no solo.

5.2.2. Efeitos sobre a atmosfera da floresta

Para um perfeito desenvolvimento da floresta o ar deve ser calmo e úmido e relativamente quente. Quando estas condições prevalecem, a transpiração e evaporação excessivas são evitadas e a atmosfera úmida, com grande teor de CO₂, capacita às árvores a elaborar vantajosamente os elementos nutritivos necessários ao seu desenvolvimento. Se o vento encontra condições de penetrar livremente na parte interna da floresta, toda esta situação favorável é alterada. O CO₂ é rapidamente carregado pelo vento e a atmosfera da floresta pode ser resfriada pela injeção de ar mais frio. Assim o calor fornecido pelos raios do sol e mantidos na atmosfera da floresta pode ser perdido.

5.2.3. Danos fisiológicos às arvores

O efeito fisiológico do vento sobre as árvores é exercido de vários modos. O vento pode deformar a copa, mudar a natureza do sistema radicular e mesmo impedir o crescimento dos povoamentos. As árvores das bordas de um povoamento exposto por longos períodos a ventos fortes vindos de uma certa direção geralmente têm copas deformadas e sistema radicular especialmente desenvolvido para apoio contra esses ventos.

5.2.4. Danos mecânicos às árvores

Os ventos fortes podem arrancar árvores inteiras pelas raízes, derrubar povoamentos inteiros e quebrar em dois os troncos das árvores (Figuras 28 e 29).



Figura 28: Árvore derrubada pela ação do vento.



Figura 29: Aspecto de área atingida pela ação de ventos fortes (Furacão).

Uma ventania normal é uma fonte constante de derrubada e quebra de árvores na floresta. Ventos de menor intensidade, que não derrubam nem quebram, podem golpear os galhos menores uns contra os outros derrubando assim quantidade apreciável de folhas e pequenos galhos.

A derrubada pelo vento é mais provável em estações em que o solo está saturado de água e, conseqüentemente, o poder de fixação das raízes é menos efetivo. Sob tais condições, espécies relativamente resistentes ao vento podem ser arrancadas. A textura do solo também influencia a derrubada pelo vento, por afetar a distribuição das raízes. Espécies de raízes superficiais são mais susceptíveis ao arrancamento que as de raízes pivotantes. As folhosas, especialmente de folhas decíduas, sofrem menos esse tipo de dano pelo vento que as coníferas.

5.2.5. Métodos de proteção contra o vento

A completa prevenção contra os danos causados pelo vento é impossível. Porém os danos possíveis de ocorrer durante a vida do povoamento podem ser minimizados através de métodos de manejo. A melhor proteção contra o vento é evitar a entrada do mesmo na floresta. Isto teoricamente poderia ser realizado mantendo as zonas limítrofes dos povoamentos completamente fechadas, do topo ao solo, por folhagem e mantendo em toda a floresta uma sub-vegetação densa que vá do solo ao nível da base da copa dominante.

Os desbastes bem dirigidos, iniciados cedo e repetidos periodicamente, são geralmente úteis na proteção contra o vento, não somente na zona limítrofe como em todo o povoamento, constituindo um dos meios mais efetivos à disposição do Engenheiro Florestal para diminuir as perdas por quebra e derrubada pelo vento.

De um modo geral, as medidas de prevenção que podem ser tomadas contra o vento são as seguintes:

- a) Evitar abrir ou expor abruptamente as florestas;
- b) Estabelecer em locais que apresentam perigo, florestas mistas, ou seja, espécies de raízes superficiais misturadas a espécies de raízes pivotantes;
- c) Plantar árvores resistentes;
- d) Desbastar, retirando árvores fracas;
- e) Fazer a exploração em direção contrária ao vento;
- f) Estabelecer faixas de árvores resistentes nas bordas da floresta (quebra-ventos).

5.2.6. Controle da erosão eólica

Na proteção contra o início da erosão eólica na floresta, um princípio importante é conservar intactos o húmus, os resíduos vegetais e a cobertura do solo que formam o piso da floresta. Nestas condições, o vento não tem oportunidade de levar o solo. Em florestas onde o solo e o clima são potencialmente favoráveis para provocar o início da mesma, uma vez começada ela é rapidamente intensificada pelo vento.

A eliminação do vento no interior da floresta por uma parede de folhagem até o chão e por um sub-bosque denso será naturalmente efetiva na prevenção da erosão. Onde a floresta tenha sido aberta por desbastes, torna-se importante conservar a cobertura do solo intacta, se existe ameaça de erosão eólica. Os incêndios florestais devem ser evitados em todas as áreas sujeitas à erosão eólica.

Os quebra-ventos ou cortinas de abrigo são práticas silviculturais de caráter protecionista, estabelecidos para evitar a deterioração do solo pelo transporte de areia pelos ventos ou para recuperação de áreas áridas e já erosionadas. Os quebra-ventos são muito usados em vários países com a finalidade de proteger e recuperar áreas degradadas, principalmente para fins agrícolas.

Como finalidades principais dos quebra-ventos podemos ter:

- a) Frear a velocidade do vento;
- b) Equilibrar a temperatura;
- c) Controlar a umidade do solo;
- d) Controlar a erosão;
- e) Favorecer a agricultura e a fauna;
- f) Produzir madeira.

5.3. Calor

As altas temperaturas podem provocar a morte da brotação nova ou de mudas ainda pequenas e danos em árvores de todos os tamanhos desde que haja certa exposição de partes sensíveis. O fogo constitui um exemplo especial de acesso de calor, mas temperaturas excessivas para as árvores são também produzidas pelo aquecimento do sol.

Temperaturas excessivas, acima do máximo adequado para as árvores, podem ser freqüentemente observadas em áreas abertas. Assim sendo, os maiores danos do calor excessivo são produzidos sobre as plantas novas, especialmente em plantações artificiais. Existe uma pequena divergência entre autores no que se refere às temperaturas letais às plantas, porém, todos concordam que temperaturas acima de 65°C são fatais para os tecidos das plantas jovens e estas temperaturas são freqüentemente encontradas na superfície e camada superior do solo, podendo causar sérios danos especialmente às mudas recém plantadas em tais áreas.

O calor excessivo causa lesões ao caule das mudinhas geralmente junto à superfície do solo na região do colo, onde as temperaturas são mais altas.

5.3.1. Medidas de controle contra o calor

Em viveiros, os danos causados por altas temperaturas podem ser evitados proporcionando-se proteção às mudinhas através da cobertura de canteiros.

A reprodução natural muitas vezes necessita de abrigo durante o primeiro ou os dois anos de vida. Este abrigo pode ser através de cortes parciais ao invés de derrubar toda a madeira de uma só vez.

No caso de reflorestamento artificial, a proteção contra o calor excessivo é bem mais difícil. A araucária, especialmente quando semeada diretamente, é talvez a espécie mais susceptível aos danos pelo calor. Neste caso o plantio intercalado com espécies não perenes, como o milho ou alguma leguminosa, para funcionar como abrigo durante o primeiro e segundo ano de vida da planta, talvez fosse uma boa opção para prevenir e evitar os danos produzidos pelo calor.

5.4. Erosão

A erosão é um processo físico que consiste na desagregação, transporte e deposição do solo, pela água ou pelo vento.

A erosão como um processo natural e contínuo na superfície terrestre, existe desde os primórdios, mas a luta contra ela iniciou quando o Homem mudou de um sistema nômade para um sistema fixo, onde precisou intensificar o uso do solo, expondo-o a uma erosão acelerada, pela destruição da cobertura vegetal protetora do mesmo.

Os agentes da erosão é que fornecem a energia para os processos de desagregação e transporte dos sedimentos erodidos. Os mais importantes são a água e o vento.

A erosão pela água é comum em regiões de elevadas precipitações pluviométricas e em áreas com solo revolvido e sem cobertura vegetal. É mais intensa em áreas de topografia acidentada.

A erosão causada pelo vento predomina nas regiões áridas e semi-áridas, com topografia plana e áreas descobertas.

5.4.1. Processos de erosão

5.4.1.1. Erosão geológica ou natural

É uma ocorrência normal dos processos de modificação da crosta terrestre. É extremamente lenta, pela atuação da água e ventos, sem a interferência do homem. Esta erosão ocorre em equilíbrio com os processos de formação dos solos.

5.4.1.2. Erosão acelerada

É o processo no qual a remoção de solo supera a taxa de formação, sendo por isto definida como acelerada. Geralmente é resultante do distúrbio causado pelo homem nas condições naturais da superfície da terra.

5.4.2. Formas de erosão

A erosão acelerada apresenta-se de três formas, dependendo da intensidade do agente causador.

5.4.2.1. Erosão Laminar ou entre Sulcos

As partículas de solo são desagregadas pela energia cinética do impacto da gota d'água no solo, a remoção é gradual de uma fina camada superficial, a espessura pode ser variável, dependendo das resistências que o solo oferece. Estas resistências são relativas às propriedades do solo. Outros fatores que influenciam na quantidade de solo desagregado pelo impacto das gotas são a topografia do terreno e o tipo de cobertura vegetal encontrado.

5.4.2.2. Erosão em Sulcos

É causado pelo fluxo de água concentrado na superfície do solo, onde a energia cinética do fluxo cisalha as partículas do solo e as transporta. Esta degradação não é uniforme ao longo do sulco, e depende do volume do fluxo e sua velocidade, da resistência do solo, e da presença de plantas ou seus resíduos no local. As forças de desagregação do fluxo concentrado atuam tanto no início do sulco,

formando um desnível, ou pelo desbarrancamento das laterais do sulco. A tendência é que vários pequenos sulcos concentrem-se em sulcos cada vez maiores.

Nas áreas de erosão entre sulcos e em sulcos, podem ocorrer os seguintes subprocessos: desagregação e transporte de solo pelo impacto das gotas de chuva; desagregação e transporte de solo pelo escoamento superficial.

A desagregação e transporte de solo pelo impacto das gotas de chuva são mais importantes nas áreas de erosão entre sulcos, e a desagregação e transporte de solo pelo escoamento superficial, são predominantes nas áreas de erosão em sulcos. A ocorrência em uma mesma área, de erosão laminar associada à erosão em sulcos, favorece a ocorrência de elevadas perdas de solo.

A erosão laminar tem elevada capacidade de desagregação e limitada capacidade de transporte, enquanto que a erosão em sulcos possui limitada capacidade de desagregação e elevada capacidade de transporte. Os dois processos se completam.

5.4.2.3. Erosão em Voçorocas

É o deslocamento de massas de solo, formando grandes desbarrancamentos ou cavidades. Pode também ser caracterizada como um sulco de maiores dimensões. A desagregação no início do sulco (cabeceira) é causada principalmente pelo fluxo concentrado de água. Nas laterais também podem ocorrer desabamentos para dentro do canal, onde o solo e subsolo vão ser transportados pelo fluxo concentrado.

Quando a fonte de água for permanente, esta voçoroca pode se transformar em uma sanga, arroio, ou até mesmo um rio, passando a fazer parte da rede de drenagem da bacia hidrográfica.

O processo de voçorocamento pode ser natural ou pode ocorrer pelo aprofundamento e alargamento de sulcos de origem agrícola, no meio da lavoura, ou o que é mais comum, no local onde os terraços deságuam, não tendo uma proteção adequada no canal escoadouro.

As voçorocas também podem se formar quando as águas infiltram no perfil, e encontram uma camada impermeável, (ex. horizonte B_{textural} em solos podzólicos), a qual não pode transpor. Neste caso a água desloca-se lateralmente sobre a camada, formando um túnel subterrâneo e aflorando na encosta, formando sulcos ou valas, que aumentam gradativamente. A partir do local onde a água aflora na superfície, inicia-se morro acima um contínuo processo de desbarrancamento, que pode propiciar o surgimento repentino de uma voçoroca, isto se o solo sobre o túnel perder sua sustentação e desbarrancar para dentro do túnel (solapamento).

A diferença entre sulcos e voçorocas, de grande aplicação prática, como já foi relatado, se dá pelo tamanho, sendo medida com um trator agrícola comum. Se o trator passar sem maiores problemas é caracterizado como sulco, mas se o trator tiver grande dificuldade ou não conseguir passar é caracterizado como voçoroca.

5.4.3. Fases da erosão hídrica

A erosão processa-se em três fases, nem sempre facilmente distintas umas das outras, porque podem se realizar ao mesmo tempo.

5.4.3.1. Desagregação

Ocorre devido à energia cinética contida nas gotas de chuva e no escoamento superficial. Quando a gota de chuva impacta sobre a superfície do solo, a energia cinética contida na gota realiza o trabalho de desagregar o solo, lançando gotículas de água e fragmentos de solo em todas as direções, num processo chamado de erosão por salpicamento.

5.4.3.2. Transporte

É o movimento das partículas de solo sobre a superfície do mesmo. A erosão por salpicamento ocorre quase que simultaneamente com a desagregação. As partículas transportadas por salpicamento poderão cair em um local onde não possam mais se mover, ou ficar depositadas num local propenso a que sofra nova desagregação e transporte.

5.4.3.3. Deposição

É o assentamento, parada do solo desagregado. É o fim da fase de transporte, e acontece quando o agente (água ou vento) perde a força. O encontro de obstáculos pode mudar a direção, dividir o volume, diminuir a velocidade. A deposição é seletiva por tamanho, depositam-se primeiro partículas maiores e mais pesadas, posteriormente as partículas mais finas por último (argilas, muito finas só sedimentam quando ocorre a evaporação da água).

5.4.4. Fatores que afetam a erosão hídrica do solo

5.4.4.1. Chuva

As principais características das chuvas que afetam a intensidade são, a intensidade, duração, quantidade total, frequência e distribuição sazonal. O tamanho, velocidade e forma das gotas influem diretamente na intensidade.

5.4.4.2. Solo

A intensidade de erosão de uma determinada chuva sobre diferentes solos dependerá das propriedades inerentes a estes solos. Assim, as propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas determinarão uma maior ou menor resistência deste solo a uma determinada quantidade de energia cinética incidente sobre a superfície. A resistência é expressa por um índice relativo de erodibilidade, que é a capacidade do solo em resistir à erosão. O índice de erodibilidade é dependente

das propriedades do solo que afetam a infiltração de água, desagregação e transporte de partículas de solo.

5.4.4.3 Topografia

O relevo do solo exerce grande influência sobre as perdas de solo por erosão, especialmente em função do grau de declive, comprimento e regularidade do declive. Quanto maior for o grau de declive, maior comprimento e maior regularidade do declive, menores serão os obstáculos e resistências oferecidas ao escoamento da água, conseqüentemente, maior sendo a erosão (Figura 30).



Figura 30: Forma inadequada de preparo de solo (no sentido da pendente ou aclave/declive).

5.4.4.4. Uso e manejo do solo

O uso de solo, ou seja, as culturas utilizadas no sistema de produção, tem vital influência na erosão. Pode-se afirmar que quanto maior for a densidade de cobertura vegetal, (viva ou morta), menor será a erosão. O manejo dado ao solo afeta diretamente a taxa de erosão. Preparos de solo que revolvem o solo o expõe as ações diretas do impacto de gotas, apresentam taxas maiores de erosão que solos que sofreram um preparo no qual, manteve-se o resíduo da colheita na superfície (Figura 31).



Figura 31: Permanência de resíduos após a colheita florestal.

5.4.4.5. Práticas conservacionistas

Estas práticas visam principalmente ordenar a direção do preparo do solo e diminuir o comprimento das pendentes. O terraceamento é a principal prática, mas também se pode fazer culturas em faixas, cordões vegetados, cultivo em nível. O uso combinado destas práticas diminui significativamente as taxas de erosão do solo.

5.4.5. Erosão eólica

Para que ocorra a erosão eólica é preciso que exista certa condição necessária, tais como: existência de vento (agente ativo), áreas planas ou suavemente onduladas, períodos de estiagem, solo seco e descoberto, presença de fração areia na composição do solo, e partículas de solo desagregadas.

A erosão eólica é dividida em diferentes fases, as quais são descritas a seguir.

5.4.5.1. Desagregação do solo

A desagregação é feita pelo impacto das gotas de chuva, impacto das partículas já desagregadas, geadas, alternância entre umedecimento e secagem do solo, mobilização do solo para sementeira e tratos culturais. Existe uma fase transitória entre a desagregação e o transporte, que é o início do movimento das partículas, chamado saltamento.

5.4.5.2. Transporte

O transporte pode ocorrer por três maneiras: saltamento, suspensão e rolamento.

Saltamento: Ocorre em movimentos rápidos, na forma de saltos curtos, por pressão direta do vento e colisão das partículas. As partículas transportadas são entre 0,1 a 0,5 mm de diâmetro.

Suspensão: As partículas transportadas por suspensão têm diâmetro inferior a 0,1 mm de diâmetro, possuindo grande área específica, sendo transportadas a grandes distâncias.

Rolamento: Transporte de partículas mais pesadas, entre 0,5 a 3,0 mm de diâmetro, não são erguidas, mas sim roladas ou arrastadas sobre a superfície do solo, por ação direta do vento e impacto de outras partículas.

5.4.5.3. Deposição

A deposição se dá com a diminuição parcial ou total da velocidade do vento. É seletiva, primeiro se depositam as partículas mais pesadas (rolamento), depois as um pouco mais leves (saltamento), e por último as mais leves (suspensão).

5.4.5.4. Formas de Erosão Eólica

Detrusão: Desagregação de grânulos grosseiros, por ação direta do vento ou bombardeamento pelas partículas movidas por saltamento.

Efluxão: Remoção dos grânulos com diâmetro de 0,05 a 0,5 mm, quase só por saltamento. Parte pode ser por rolamento ou suspensão.

Extrusão: Rolamento das partículas mais grossas sobre a superfície.

Eflação: Remoção das partículas por suspensão.

Abrasão: Desagregação das partículas mais grossas da superfície, resultante do impacto das partículas carregadas por suspensão.

5.4.5.5. Fatores que afetam a Erosão Eólica

Velocidade e turbulência do ar: Acima de 13 km/h a velocidade é suficiente para provocar o saltamento e o rolamento de partículas, conforme o seu tamanho. A turbulência do ar atua como componente vertical, pelo deslocamento do ar, gerando uma pressão negativa, que ajuda a suspender as partículas.

Solo: Depende da: textura (quanto mais arenoso, maior será a erosão), estrutura (solos com maior índice de agregados resistem mais), crosta superficial (proporciona maior coesão entre partículas), umidade (aumentando a umidade aumenta a adesão e a tensão superficial ao redor das partículas), rugosidade superficial (diminui a velocidade do vento e ajuda a coletar partículas em movimento).

Topografia: Os solos com topografia regular, uniformes, são mais suscetíveis por apresentarem menor número de obstáculos ao vento.

Vegetação: Diminui a velocidade do vento próximo à superfície, ajuda a manter maior teor de umidade no solo, e resíduos de culturas obstruem o movimento das partículas movidas por salteamento e rolamento.

Uso e manejo do dolo: Práticas de mobilização e cultivo podem facilitar a desagregação das partículas e favorecem o secamento da superfície do solo. Solos de pastagem com alta densidade expõem a superfície à ação dos ventos.

5.4.6. Controle da Erosão

O melhor e mais eficiente meio de se controlar a erosão é evitar. Não permitindo condições para início e desenvolvimento.

Para prevenir a erosão em áreas de cultivo agrícola, devem ser feitas curvas de nível para escoar a água com baixa velocidade, e o alinhamento das linhas de plantio deve ser no mesmo sentido das curvas. Quando a declividade for acentuada, esta área deve ser convertida permanentemente em floresta.

As estradas ou caminhos devem ser construídos de maneira que proporcione perfeita drenagem da água, e nos cortes e aterros, que são mais atingidos pela erosão, devem ser feitos, observando os padrões técnicos recomendados, mantendo-os protegidos por vegetação.

Nas regiões de solo exposto, onde a erosão está iniciando ou evoluindo, a melhor maneira de se recuperar a área é com o estabelecimento de floresta. Muitas vezes, o simples plantio de espécies adequadas pode controlar a erosão. Porém em áreas onde o processo de degradação do solo encontra-se em estágio muito evoluído, necessita-se de um tratamento prévio do solo antes de ser estabelecido o plantio. Este tratamento consiste no preparo do solo, para que o mesmo possa receber o plantio, sendo que muitas vezes uma simples aração nas bordas superiores dos sulcos, para segurar o solo fértil, outras vezes precisamos abrir covas maiores e encher com solo fértil, e ainda outras vezes pode ser necessária a construção de pequenas represas, de madeira ou de pedra, para segurar a terra até que as árvores possam se estabelecer. A escolha do tratamento deve ser feita após uma análise cuidadosa e detalhada da situação atual da área.

As obras de engenharia são muito caras e só devem ser usadas quando estritamente necessário, fazendo-se sempre um levantamento de custos previamente.

Na prática percebe-se que a melhor maneira de evitar erosão hídrica é manter o solo protegido, podendo ser com cobertura morta ou viva, principalmente para minimizar o impacto da gota d'água sobre o solo.

5.5. Seca

A seca pode ser definida como a deficiência de umidade do solo. Uma redução da precipitação normal, principalmente na época do ano em que as plantas estão crescendo rapidamente e conseqüentemente requer mais água, é a causa mais primária dos efeitos da seca. O perigo de danos aumenta sob condições atmosféricas tais como dias claros, altas temperaturas, baixa umidade relativa e ventos fortes, pois todos estes fatores estimulam a evaporação e transpiração, reduzindo, portanto rapidamente o suprimento de água no solo.

Do ponto de vista de danos às árvores a flutuação na precipitação anual é menos importante que a diminuição de precipitação na estação de crescimento. Em quase todas as regiões a precipitação anual está sujeita a consideráveis flutuações. Periodicamente, um ano de precipitação anormalmente baixa ocorre causando uma séria deficiência de umidade do solo. Quando acontece da precipitação ser bem menor que a normal, são criadas perigosas condições de seca, especialmente se o déficit ocorre de maneira mais pronunciada durante a estação de crescimento.

A falta de água suficiente para prover as necessidades de uma floresta sempre resulta em danos extensivos para a mesma. A extensão dos danos pode variar desde uma pequena redução do crescimento até a morte de árvores. O primeiro dano causado pela seca é a morte da cobertura do solo e da reprodução jovem visto que essas plantas, devido ao enraizamento superficial, são as primeiras a serem afetadas.

Um dos sinais característicos de dano causado pela seca são folhas e galhos tenros murchos, apesar de outros fatores além da seca também influírem. O amarelecimento da folhagem e queda prematura das folhas podem ser outros sintomas da seca. Em estágios mais avançados, principalmente onde a reprodução e a vegetação menor foram mortas, um povoamento afetado pela seca geralmente tem a aparência de uma área queimada.

Os efeitos indiretos da seca são também muito importantes. Além de reduzir o crescimento, a seca enfraquece e debilita as árvores, tornando-as mais facilmente suscetíveis ao ataque de fungos e insetos.

5.5.1. Medida de controle da seca

O dano produzido pela seca não pode de todo ser evitado, porém pode ser minimizado através de métodos adequados de manejo. Os desbastes devem ser empregados sistematicamente para se fazer uma boa seleção dos indivíduos. As árvores mais vigorosas com espaço para uma boa expansão de copas devem ser preferidas ao invés de um grande número de árvores competidoras relativamente fracas. A experiência mostra que há menos perdas pela seca em povoamentos desbastados do que em não desbastados tão fortes a ponto de permitir o livre movimento do vento e conseqüente acréscimo no índice de evaporação.

Em viveiros os danos causados pela seca podem ser perfeitamente evitados através da irrigação artificial e da distribuição da serragem, palha de arroz, acículas picadas sobre os canteiros, o que viria a evitar a evaporação intensa e conseqüentemente conserva a umidade dos canteiros. Deve-se tomar o cuidado de se diminuir as regas quando as mudas já se apresentam em condições de irem para o campo, a fim de que elas adquiram certa resistência à seca e possam suportar as condições desfavoráveis que encontrarão depois de transplantadas para o terreno definitivo.

7. DANOS CAUSADOS POR ANIMAIS NA FLORESTA

7.1. Animais domésticos

Atualmente muito se fala na utilização de sistemas silvipastoris, ou seja, uso de animais/pastagem e floresta na mesma área. É de suma importância que se tenha conhecimento prévio da época em que estes poderão entrar na floresta, bem como do manejo a ser empregado, pois do contrário os danos causados a mesma serão muito grandes. Como principais danos vamos ter o pisoteio excessivo, resultando na compactação do solo e mortalidade de raízes finas, quebra de plantas entre outros. No caso de animais domésticos entrarem em florestas nativas, estes reduzirão drasticamente a regeneração das plantas levando a uma degradação da área. Na Figura 32, verifica-se o tronco de uma planta que sofreu ação dos chifres de bovinos.



Figura 32: Caule de planta anelado pela ação de bovinos.

7.2. Animais selvagens

No caso de animais selvagens, os ataques de macacos, aves e roedores de forma geral, ocorrem devido ao desequilíbrio ecológico causado pelo próprio homem. Com a eliminação dos

corredores ecológicos, verifica-se um aumento do surgimento de novas pragas bem como dos danos causados as florestas (Figura 33).



Figura 33: Fuste de planta atacada pela ação de animais selvagens.

8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. FUPEF, 1997. 50p.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Avaliação do comportamento do fogo em queimas controladas sob povoamentos de _____ no norte do Paraná. **Floresta**, v. 25, n. 1-2. p 31-42. 1997.

CIANCIULLI, P. L. **Incêndios florestais: prevenção e combate**. São Paulo: Nobel, 1981. 169 p.

COUTO, E. A.; CANDIDO J. F. **Incêndios florestais**. Imprensa Universitária da UFV. Viçosa. MG, 1980. 101p.

FORUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1; REUNIÃO CONJUNTA IPEF-FUPEF-SIF, 3. Anais. Piracicaba, IPEF, 1995. 51p.

KAYLL, A.J. **A technique for studying the fire tolerance of living trunks**. Canada, Depto. of Forestry Publication, n. 1012. 22 p. 1963.

IPAM – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS DA AMAZÔNIA. **Relatório do Projeto: Cenários Futuros para a Amazônia**. 2002.

NELSON, R. M. Observations on heat tolerance of southern pine needles. U. S. Forest Exp. Station Paper, n° 14. 6 p. 1952.

REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA FUPEF/SIF/IPEF, 4: Curso de Atualização em Controle de Incêndios Florestais, 2. Anais. Curitiba, FUPEF, 1996 163p.

REVISTA FLORESTA. Seminário de atualidades em Proteção Florestal. Vol. 30 n°. 1 e 2. 2000. 204p.

REVISTA DE PROTEÇÃO CIVIL. Fogo: do fascínio à destruição. Portugal. Abril de 2002.

SILVA, R. G. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. 80 p.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais. Controle e uso do fogo**. FUPEF, 1985. 213p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Curso de especialização por tutoria à distância: controle de incêndios florestais**. Brasília: ABEAS & UFPR. 2002.(Módulos 1 a 6).

UNIVERSIDADE ON-LINE DE VIÇOSA. **Formação e treinamento de brigada de incêndio florestal**. Viçosa. Curso pela Internet. 2004

www.ufrj.br Acessado em 20/04/2005.

9. ANEXOS

Tabela 12 Tensões máximas de vapor d'água em mm.

Temperatura	E max.
17	14,40
18	15,33
19	16,32
20	17,36
21	18,47
22	19,63
23	20,86
24	22,15
25	23,52
26	24,96
27	26,47
28	28,07
29	29,74
30	31,51

FÓRMULAS PARA TRABALHO

$$e = E \text{ max.} - 0,60 (t - t')$$

$$e = (E \text{ max.} \times \text{URA}) / 100$$

$$D = E \text{ max.} - e$$

$$G = \sum (d \times t)$$

$$\text{FMA} = \sum (1 / h) \times 100$$

Tabela 13: Determinação da umidade relativa do ar (%) através da leitura do psicrômetro.

Termômetro Úmido (t')	DIFERENÇA DOS DOIS TERMÔMETROS (t - t')										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-4	100	79	60	44	29						
-3	100	80	62	46	33						
-2	100	81	64	49	36						
-1	100	82	65	51	39						
-0	100	82	67	53	41						
+0	100	82	64	49	36	25	14	6			
1	100	82	66	52	39	28	18	10			
2	100	83	67	54	42	31	21	13	6		
3	100	84	69	56	44	34	25	17	9	3	
4	100	84	70	57	46	36	27	20	13	7	1
5	100	85	71	59	48	39	30	23	16	10	4
6	100	85	72	61	50	41	33	25	19	13	7
7	100	86	73	62	52	43	35	28	22	16	10
8	100	87	74	64	54	45	37	30	24	18	13
9	100	87	75	65	55	47	39	33	26	21	16
10	100	88	76	66	57	49	41	35	29	23	18
11	100	88	77	67	58	50	43	37	31	26	21
12	100	88	78	68	60	52	45	38	33	28	23
13	100	89	79	69	61	53	46	40	35	30	25
14	100	89	79	70	62	55	48	42	36	31	26
15	100	89	80	71	63	56	49	43	38	33	28
16	100	90	80	72	64	57	51	45	40	35	30
17	100	90	81	73	65	58	52	46	41	36	31
18	100	90	81	73	66	59	53	48	42	38	33
19	100	91	82	74	67	60	54	50	44	39	34
20	100	91	82	75	68	61	55	50	45	40	36
21	100	91	83	75	68	62	56	51	46	42	37
22	100	91	83	76	69	63	57	52	47	43	38
23	100	92	84	76	70	64	58	53	48	44	39
24	100	92	84	77	70	65	59	54	49	45	40
25	100	92	84	77	71	65	60	55	50	46	41
26	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	42
27	100	92	85	78	72	67	61	56	52	48	43
28	100	92	85	79	73	67	62	57	53	49	44
29	100	93	86	79	73	68	63	58	54	50	45
30	100	93	86	80	74	68	63	59	54	50	46
31	100	93	86	80	74	69	64	60	55	51	47
32	100	93	86	80	75	69	64	60	56	52	48
33	100	93	87	81	75	70	65	61	56	53	48
34	100	93	87	81	75	70	66	61	57	53	49
35	100	93	87	81	76	71	66	62	58	54	49
37	100	93	87	82	76	71	66	62	58	54	51
39	100	94	87	82	77	72	67	63	59	55	52

Tabela 14: Determinação do ponto de orvalho (°C)

T	U	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	U	T
06												00	01	02	03	04	05	06	06		06
07											00	01	02	03	04	05	06	06	07		07
08										00	01	02	03	04	05	06	07	07	08		08
09										00	02	03	04	05	06	07	07	08	09		09
10									00	01	03	04	05	06	07	08	08	09	10		10
11								00	01	02	04	05	06	07	08	09	09	10	11		11
12								00	02	03	05	06	07	08	09	10	10	11	12		12
13							00	01	03	04	05	07	08	09	10	11	11	12	13		13
14							01	02	04	05	06	08	09	10	11	11	12	13	14		14
15						00	02	03	05	06	07	08	10	11	12	12	13	14	15		15
16						01	02	04	06	07	08	09	11	12	13	14	14	15	16		16
17						01	03	05	07	08	09	10	12	13	14	15	15	16	17		17
18				00	02	04	06	07	09	10	11	13	14	15	15	16	17	18		18	
19				01	03	05	07	08	10	11	12	13	15	16	16	17	18	19		19	
20				02	04	06	08	09	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		20	
21			00	03	05	07	09	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		21	
22			01	04	06	08	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		22	
23			02	05	07	09	10	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		23	
24		00	03	05	08	10	11	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24		24	
25		01	04	06	09	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25		25	
26		01	05	07	09	11	13	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26		26	
27		02	06	08	10	12	14	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27		27	
28		03	06	09	11	13	15	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28		28	
29		04	07	10	12	14	16	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29		29	
30	00	05	08	11	13	15	17	18	20	21	23	24	25	26	27	28	29	30		30	
31	00	05	09	11	14	16	18	19	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31		31	
32	01	06	10	12	15	17	19	20	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32		32	
33	02	07	11	13	16	18	20	21	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33		33	
34	03	08	11	14	16	19	20	22	24	25	27	28	29	30	31	32	33	34		34	
35	04	09	12	15	17	19	21	23	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35		35	
36	05	10	13	16	18	20	22	24	25	27	28	30	31	32	33	34	35	36		36	
37	06	10	14	17	19	21	23	25	27	28	29	31	32	33	34	35	36	37		37	
38	07	11	15	17	20	22	24	26	27	29	30	32	33	34	35	36	37	38		38	
39	08	12	15	18	21	23	25	27	28	30	31	33	34	35	36	37	38	39		39	
40	09	13	16	19	22	24	26	28	29	31	32	34	35	36	37	38	39	40		40	
41	09	14	17	20	23	25	27	29	30	32	33	34	36	37	38	39	40	41		41	
42	10	14	18	21	23	26	28	29	32	33	34	35	37	38	39	40	41	42		42	

U = Umidade relativa do ar; T = Temperatura do ar

Tabela 15: Pressões máximas de vapor d' água em mm.

GRAUS	DÉCIMOS DE GRAU									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-5	3,16	3,14	3,11	3,09	3,07	3,04	3,02	3,00	2,98	2,95
-4	3,41	3,38	3,36	3,33	3,31	3,28	3,26	3,23	3,21	3,18
-3	3,67	3,64	3,62	3,59	3,56	3,54	3,51	3,48	3,46	3,43
-2	3,95	3,92	3,89	3,86	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,70
-1	4,25	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
-0	4,57	4,54	4,50	4,47	4,44	4,41	4,37	4,34	4,31	4,28
+0	4,57	4,60	4,64	4,67	4,70	4,74	4,77	4,80	4,84	4,87
1	4,91	4,94	4,98	5,02	5,05	5,09	5,13	5,16	5,20	5,23
2	5,27	5,31	5,35	5,39	5,42	5,46	5,50	5,54	5,58	5,62
3	5,66	5,70	5,74	5,78	5,82	5,86	5,90	5,94	5,99	6,03
4	6,07	6,11	6,15	6,20	6,24	6,28	6,33	6,37	6,42	6,46
5	6,51	6,55	6,60	6,64	6,69	6,74	6,78	6,83	6,88	6,92
6	6,97	7,02	7,07	7,12	7,17	7,22	7,26	7,31	7,36	7,42
7	7,47	7,52	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94
8	7,99	8,05	8,10	8,15	8,21	8,27	8,32	8,38	8,43	8,49
9	8,55	8,61	8,66	8,72	8,78	8,84	8,90	8,96	9,02	9,08
10	9,14	9,20	9,26	9,32	9,39	9,45	9,51	9,58	9,64	9,70
11	9,77	9,83	9,90	9,96	10,03	10,09	10,16	10,23	10,30	10,36
12	10,43	10,50	10,57	10,64	10,71	10,72	10,85	10,95	10,99	10,07
13	11,14	11,21	11,28	11,36	11,43	11,50	11,58	11,66	11,73	11,81
14	11,88	11,96	12,04	12,12	12,19	12,27	12,35	12,43	12,51	12,59
15	12,67	12,76	12,84	12,92	13,00	13,09	13,17	13,25	13,34	13,42
16	13,51	13,60	13,68	13,77	13,86	13,95	14,04	14,12	14,21	14,30
17	14,40	14,49	14,58	14,67	14,73	14,86	14,95	15,04	15,14	15,23
18	15,33	15,43	15,52	15,62	15,72	15,82	15,92	16,02	16,12	16,22
19	16,32	16,42	16,52	16,63	16,73	16,83	16,94	17,04	17,15	17,26
20	17,36	17,47	17,58	17,69	17,80	17,91	18,02	18,13	18,24	18,35
21	18,47	18,58	18,69	18,81	18,92	19,04	19,16	19,27	19,39	19,51
22	19,63	19,75	19,87	19,99	20,11	20,24	20,36	20,48	20,61	20,73
23	20,86	20,98	21,11	21,24	21,37	21,50	21,63	21,76	21,89	22,02
24	22,15	22,29	22,42	22,55	22,67	23,83	22,96	23,10	23,24	23,38
25	23,52	23,66	23,80	23,94	24,08	24,23	24,37	24,52	24,66	24,81

Tabela 15: Continuação...

26	24,96	25,10	25,25	25,40	25,55	25,70	25,86	26,01	26,16	26,32
27	26,47	26,63	26,78	26,94	27,10	27,26	27,42	27,58	27,74	27,90
28	28,07	28,23	28,39	28,56	28,73	28,89	29,06	29,23	29,40	29,57
29	29,74	29,92	30,09	30,26	30,44	30,62	30,79	30,97	31,15	31,33
30	31,51	31,69	31,87	32,06	32,24	32,43	32,61	32,80	32,99	33,18
31	33,37	33,56	33,75	33,94	34,14	34,33	34,53	34,72	34,92	35,12
32	35,32	35,52	35,72	35,92	36,13	36,33	36,54	35,74	36,95	37,16
33	37,37	37,58	37,79	38,00	38,22	38,43	38,65	38,87	39,08	39,30
34	39,52	39,74	39,97	40,19	40,41	40,64	40,87	41,09	41,32	41,55
35	41,78	42,02	42,25	42,48	42,72	42,96	43,19	43,43	43,67	43,92
36	44,16	44,40	44,65	44,89	45,14	45,39	45,64	45,89	46,14	46,39
37	46,65	46,90	47,16	47,42	47,68	47,94	48,20	48,46	48,73	48,99
38	49,26	49,53	49,80	50,07	50,34	50,61	50,89	51,16	51,44	51,72
39	52,00	52,28	52,56	52,84	53,13	53,41	53,70	53,99	54,28	54,57
40	54,87	55,16	55,39	55,75	56,05	56,35	56,65	56,95	57,26	57,56