

MANUAL DE FORMAÇÃO
PARA A TÉCNICA DO
FOGO CONTROLADO



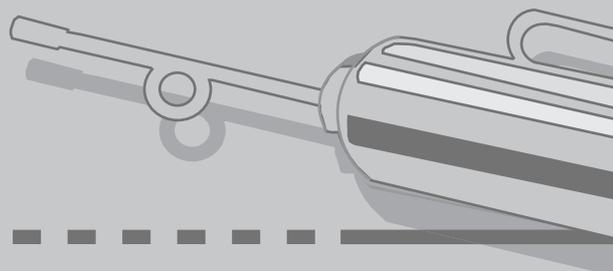
MANUAL DE FORMAÇÃO
PARA A TÉCNICA DO
FOGO CONTROLADO

PAULO FERNANDES

HERMÍNIO BOTELHO

CARLOS LOUREIRO

UTAD
2002



Edição:
Departamento Florestal
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vila Real
Maio, 2002

Autores:
Paulo Fernandes
Hermínio Botelho
Carlos Loureiro

Esta publicação foi financiada pela:
Comissão Nacional Especializada de Fogos Florestais (CNEFF).

A capacidade técnica de utilização do fogo controlado é um factor de primordial importância para o seu uso operacional, em segurança e cumprindo objectivos específicos, como as queimas para a gestão de combustíveis.

A metodologia para aquisição destas competências compreende diversas fases de formação no uso da técnica, através da obtenção de conhecimentos técnicos e científicos e práticas nas tarefas de prescrição, operação e avaliação de queimas, que culmina com a aferição das capacidades demonstradas pelos formandos para a sua Credenciação.

O Processo de Formação para a Credenciação no Uso da Técnica do Fogo Controlado é organizado segundo um programa de formação, com duração de 90 horas, em diversas etapas:

1. Formação Teórico-Prática do Fogo Controlado	30 horas
2. Plano de Fogo Controlado para uma Unidade de Gestão	18 horas
3. Planeamento Operacional de um Fogo Controlado	12 horas
4. Execução de Fogos Controlados	30 horas

Este manual de formação no uso do fogo controlado tem vários componentes, nos formatos impresso e digital.

O texto base (unidades A a E) cobre a matéria destinada a apresentação nas aulas teóricas e teórico-práticas:

- A. Enquadramento ao uso do fogo
- B. Comportamento do fogo
- C. Impacte do fogo
- D. Implementação operacional do fogo controlado
- E. Guias de fogo controlado

Informação e ferramentas que complementam os textos base são apresentadas em formato digital (CD-R):

- I. Apresentação dos módulos de formação em formato Powerpoint, contendo a informação coberta pelos textos e com o apoio de imagens
- II. Textos complementares de apoio à formação e listagem da bibliografia utilizada no desenvolvimento do manual de formação;
- III. Listagem de páginas Internet referentes ao fogo controlado;
- IV. PiroPinus: guia de uso do fogo controlado em pinhal bravo em versão Excel.

Os Técnicos Credenciados ficam habilitados ao uso do fogo controlado, no desempenho das suas funções de coordenação das Equipas de Sapadores Florestais, devendo:

- i. Elaborar Planos de Queima e Prescrição de Fogos Controlados na sua área de actividade;
- ii. Solicitar autorização para as queimas às entidades competentes, cumprindo a legislação em vigor;
- iii. Treinar os elementos das equipas pela prática de operações de queima;
- iv. Realizar as queimas dentro dos parâmetros de prescrição e cumprindo as regras de segurança;
- v. Colher as informações necessárias à avaliação posterior da queima;
- vi. Enviar às Direcções Regionais de Agricultura um exemplar de todos os Planos de Queima, Execução e Avaliação dos Fogos Controlados.

UNIDADE A - ENQUADRAMENTO AO USO DO FOGO

A1. INTRODUÇÃO

A2. HISTORIAL DO USO DO FOGO EM PORTUGAL NA EUROPA E NO MUNDO

A3. OBJECTIVOS PARA O USO DO FOGO CONTROLADO

A4. ENQUADRAMENTO LEGAL AO USO DO FOGO

UNIDADE B - COMPORTAMENTO DO FOGO

B1. INTRODUÇÃO

B2. DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FOGO

B3. COMBUSTÍVEL

B4. METEOROLOGIA

B5. TOPOGRAFIA

UNIDADE C - IMPACTE DO FOGO

C1. CONCEITOS GERAIS

C2. IMPACTES NO SOLO

C3. DANO E MORTALIDADE NA VEGETAÇÃO

C4. REBENTAÇÃO PÓS-FOGO

C5. ESTABELECIMENTO DE PLANTAS NOVAS APÓS O FOGO

C6. RECUPERAÇÃO PÓS-FOGO E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

C7. COMO GERIR OS IMPACTES DO FOGO NA VEGETAÇÃO E SOLO COM BASE
EM PRINCÍPIOS ECOLÓGICOS

C8. IMPACTES NO AR

UNIDADE D - IMPLEMENTAÇÃO OPERACIONAL DO FOGO CONTROLADO

D1. PLANEAMENTO

D2. PREPARAÇÃO DA OPERAÇÃO

D3. EXECUÇÃO DA OPERAÇÃO

D4. AVALIAÇÃO E MONITORIZAÇÃO

UNIDADE E - GUIAS DE FOGO CONTROLADO

E1. GUIA DE FOGO CONTROLADO EM MATOS

E2. GUIA DE FOGO CONTROLADO EM POVOAMENTOS DE PINHEIRO BRAVO

Unidade A - ENQUADRAMENTO AO USO DO FOGO



Objectivos

1. Conhecer a evolução histórica do uso do fogo na relação do homem com a floresta
2. Descrever os objectivos da formação para o uso da técnica do fogo controlado
3. Tomar conhecimento do enquadramento legal do uso do fogo em Portugal

A1. INTRODUÇÃO

A floresta cobre cerca de metade da superfície terrestre e a sua diversidade depende da capacidade de adaptação às mais variadas condições, nomeadamente o clima, a actividade humana, e o fogo.

O fogo teve um papel determinante no processo de selecção natural, promovendo as espécies mais resistentes e originando ambientes pirofíticos, constituídos por plantas que desenvolveram características de maior inflamabilidade. A evolução destas comunidades dependentes do fogo explica, em grande medida, a dimensão actual dos incêndios florestais.

Os vários tipos de comunidade vegetal comportam-se de forma diversa perante o fogo, em reflexo das marcadas diferenças que os individualizam, podendo ser aquele elemento factor de equilíbrio biológico, catastrófico ou mesmo raro.

As alterações profundas no sistema agro-florestal das zonas rurais, ocorridas em Portugal, pela arborização de áreas de montanha com pinheiro bravo, motivaram a exclusão do fogo e grande redução do pastoreio, que levaram à acumulação desmesurada de biomassa no sub-bosque florestal, criando condições para a actual gravidade dos incêndios florestais.

O fogo era usado tradicionalmente como instrumento de defesa contra os próprios incêndios, mas também de sobrevivência económica pela valorização dos estratos arbustivo e herbáceo. Hoje em dia, tendo-se perdido o saber do uso da técnica do fogo, que outrora se comunicava prática e oralmente, e que nas últimas décadas foi liminarmente reprimida ante novos valores económicos, imediatos e aparentes, levou a que seja quase sempre desastroso o seu uso em

.....

queimadas decorrentes de actividades rurais, evidenciando o seu lado negativo.

Uma política para a protecção das florestas exige a definição de um método de acção seleccionada entre diversas alternativas, tendo em conta as condições actuais de modo a determinar decisões para o presente e futuro.

O uso do fogo na gestão dos sistemas florestais e a sua importância na manutenção e protecção dos ecossistemas, nomeadamente nos climas de influência mediterrânea, é técnica e ecologicamente mais sustentável que a alternativa economicista que tem privilegiado as políticas preventivas actuais.

A2. HISTORIAL DO USO DO FOGO EM PORTUGAL, NA EUROPA E NO MUNDO

É ancestral a relação do Homem com o fogo, usando-o à medida das suas necessidades vitais. O Homem desenvolveu-se com o fogo ganhando espaço à floresta, conquistando terra e dela se alimentando. O fogo é um factor cuja periodicidade tem sido de vital importância para o Homem e a Natureza ao longo dos séculos.

O fogo tem sido um factor natural que marcou a diversidade desses ecossistemas e determina a sua estabilidade. Em diversas áreas do globo o fogo é parte integrante de muitos ecossistemas. Particularmente nos ecossistemas mediterrâneos, o fogo foi um elemento sempre presente, e a sua forte influência sobre a vegetação originou adaptações peculiares, que contribuem em boa medida para a configuração actual da paisagem. As comunidades vegetais presentes têm uma larga história de fogo e as espécies que as constituem exibem um alto grau de adaptação ao fogo.

Fogo controlado ou prescrito define-se como a aplicação deliberada e exacta do fogo sob condições ambientais definidas e conducentes à satisfação de objectivos de gestão específicos e bem formulados. Tal envolve:

- a especificação de uma prescrição, ou seja a definição do ambiente de queima desejado;
- o estabelecimento de um plano de queima (a descrição dos procedimentos a adoptar) para uma determinada operação em função dos seus objectivos;



- e um processo de avaliação, que distingue o fogo controlado das queimadas tradicionais, e o equipara a uma experiência científica cujos resultados permitem melhorar a prática futura.

O uso do fogo controlado não é novo em Portugal, e métodos práticos de gestão dos pinhais para a prevenção dos incêndios foram descritos por Frederico Varnhagen, no seu Manual de Instruções Práticas, em 1836.

Como técnica de gestão silvícola, devidamente planeada, foi introduzida em 1982, por iniciativa do Eng^o Moreira da Silva, após a visita a Portugal em 1976 de Edwin Komarek, “ecologista do fogo” da Tall Timbers Research Station (Flórida, EUA). Desde então, e na sequência desta acção, iniciou-se um processo de acompanhamento para o estudo da adaptação desta técnica às nossas condições, envolvendo investigadores da UTAD e da Estação Florestal Nacional.

Diversos estudos levados a efeito ao longo dos últimos 20 anos, sobre os efeitos do fogo no solo, na vegetação arbustiva e arbórea, tiveram resultados positivos demonstrando a eficácia do uso do fogo em condições próprias. O conhecimento adquirido permite afirmar que se trata de um método cujos impactes ambientais são controláveis, que podem ser nulos ou negligenciáveis, com vantagens operacionais e económicas em relação às outras técnicas de gestão da vegetação do sub-bosque, e versátil, uma vez que permite alcançar diversos objectivos (silvícolas, silvopastoris, cinegéticos, ecológicos).

Depois de numa primeira fase se terem focado detalhadamente nos efeitos ecológicos desta técnica e se ter demonstrado sua eficácia preventiva, os esforços centraram-se no desenvolvimento de instrumentos de apoio à decisão, práticos e focados nas necessidades dos utilizadores quanto ao planeamento, execução e avaliação de uma operação de queima.

O fogo controlado é usado em grande escala na América do Norte e Austrália. Nas áreas florestadas do sudeste dos E.U.A. 7% da respectiva área de pinhal é anualmente submetida a fogo controlado.

São conhecidos exemplos de uso extensivo da técnica no continente africano e em países asiáticos. A sua aceitação na Europa mediterrânica tem sido tímida,

.....

devido a factores sociais e políticos. O fogo controlado no sul da Europa começa no entanto a adquirir alguma expressão territorial na Galiza, Catalunha e, principalmente, França. Os objectivos de aplicação neste país são de defesa florestal contra incêndios e gestão de habitats com fins pastoris, cinegéticos e de conservação.

A Comunidade Europeia tem vindo a fomentar estudos científicos para o conhecimento do papel do fogo na gestão dos ecossistemas mediterrâneos. Diversos projectos de investigação comunitários, envolvendo Portugal e outros países do Mediterrâneo (Espanha, França, Itália e Grécia), têm vindo a ser implementados, havendo hoje melhores condições para a divulgação do uso do fogo e a formação técnica para a sua aplicação de forma extensiva.

A3. OBJECTIVOS PARA O USO DO FOGO CONTROLADO

A minimização da área percorrida anualmente por incêndios passa essencialmente pela manutenção de cargas de combustível florestal abaixo de níveis críticos. Este objectivo é possível pelo uso do fogo controlado, substituindo gradualmente o regime de incêndios destrutivos de Verão por um de queimas pouco intensas de Inverno.

Proteger a floresta e os recursos a ela associados dos efeitos devastadores dos incêndios constitui a primeira motivação para o fogo controlado, através da sua aplicação em áreas estratégicas. A queima para redução do perigo assenta em dois princípios básicos e evidentes:

- i) dos factores que determinam o comportamento do fogo, apenas o combustível florestal é modificável por acção humana, e
- ii) a eficácia da tecnologia de combate a incêndios é limitada pela intensidade do fogo e pelo número simultâneo de focos de incêndio.

A intensidade de um incêndio é proporcional à quantidade de biomassa disponível para arder e à sua velocidade de propagação. O fogo controlado actua sobre o primeiro factor, limitando consideravelmente o potencial energético, mas também sobre o segundo, interrompendo a continuidade horizontal e vertical



do combustível e aumentando a dimensão do combustível residual e a sua compactação. É então legítimo esperar que o fogo prescrito aumente a probabilidade de controlar um incêndio, não só porque reduz a magnitude do comportamento do fogo, mas também porque melhora a acessibilidade e permite o estabelecimento de pontos de apoio às acções de combate.

As plantações de pinheiros são usualmente constituídas por espécies que toleram o fogo de baixa intensidade. A sua produtividade justifica o investimento em protecção, ao mesmo tempo que acarreta elevados graus de combustibilidade. Contribuindo o fogo controlado para aumentar a diversidade em espécies e habitats, pode reduzir a vulnerabilidade intrínseca das plantações a pragas e a doenças e permitir usos que complementem a produção lenhosa. Acresce que uma floresta sob um regime de fogo controlado pode proporcionar uma estrutura paisagística com maior qualidade estética, madeira de melhor qualidade e um albergue para diversas espécies com interesse cinegético ou de conservação e que não podem subsistir em matas estritamente geridas de acordo com princípios silvícolas clássicos.

As potencialidades do fogo controlado não se esgotam no âmbito da prevenção de incêndios, a sua versatilidade permite cumprir diversos outros objectivos, como nas aplicações silvícolas (desbaste e desrama, favorecimento da regeneração, preparação do terreno para instalação, controlo de insectos e fungos patogénicos), na gestão de habitats (pastoreio, cinegética, conservação de espécies e paisagens, erradicação de plantas exóticas), e até na gestão de recursos aquíferos em regiões semi-áridas.

Algumas plantas são muito susceptíveis aos efeitos do fogo, enquanto outras se mostram muito tolerantes. Devido a estas diferenças das espécies na resposta ao fogo, este pode ser usado para manipular os ecossistemas, para os modificar para nossa conveniência.

A evolução das plantas fez-se com a influência do fogo, que é um factor natural mas cuja acção se intensificou com a intervenção humana. O uso do fogo pelo Homem deixou marcas profundas na vegetação, e a composição de muitas comunidades vegetais reflecte esse uso continuado do fogo.

Manter a qualidade e quantidade de forragem e a composição da vegetação constituem os objectivos de gestão em áreas de pastoreio extensivo. O uso do fogo é obrigatório, mas num regime de aplicação cuidadoso, e que permita estabelecer um mosaico vegetativo, vantajoso tanto para o gado como para a prevenção de incêndios.

A resposta da vegetação ao fogo resulta num incremento da palatabilidade, da quantidade e qualidade das herbáceas e arbustivas. Fogos de baixa ou moderada intensidade resultam em mais e melhor forragem para o pastoreio dos animais. O material mais lenhificado, pobre em nutrientes é removido e uma nova rebentação rica em proteína, fósforo e cálcio, aparece então na primavera seguinte.

Em povoamentos para produção lenhosa a gestão do fogo pode e deve ser guiada por critérios económicos, seguindo a regra de que o custo de extinção e prevenção de incêndios não deve exceder o valor dos recursos a proteger. A probabilidade de ocorrência de fogo e o valor potencial do material lenhoso devem condicionar a afectação de recursos para a protecção florestal.

O factor fogo deve influenciar qualquer operação silvícola, incluindo o compasso de plantação e a idade de rotação. Em última análise, apenas é racional investir numa plantação se houver recursos suficientes para a sua protecção, e que garantam que as árvores sobrevivam até ao termo da exploração.

Os sistemas agro-florestais mediterrânicos de uso múltiplo eram pouco vulneráveis ao fogo. As actividades humanas que tradicionalmente levavam ao consumo da biomassa foram interrompidas, e por isso o fogo controlado pode desempenhar o papel de redução dessa massa arbustiva e, assim, diminuir o perigo de incêndio.

A gestão dos combustíveis pelo uso do fogo permite criar uma zonagem espacial em função dos usos prioritários, optimizando os recursos e as suas funções ecológicas, económicas e sociais.

Este objectivo da gestão da biomassa pela sua redução para a prevenção dos incêndios, exige a aplicação devida da técnica por utilizadores que saibam como e quando efectuar uma queima, de forma a atingir objectivos específicos.

A4. ENQUADRAMENTO LEGAL AO USO DO FOGO

Existe uma vasta legislação específica para os fogos florestais, dirigida tanto à prevenção como ao combate dos incêndios, essencialmente, numa perspectiva de exclusão do fogo.

Apesar de contempladas e sancionadas as situações de prática indiscriminada e negligente de queimadas sem apoio técnico, estas continuam a estar na origem de graves situações de descontrolo e a deflagração de incêndios.

Desde o início dos anos 80 foi legislado no sentido de providenciar quanto à prevenção dos incêndios florestais, regulamentar e estabelecer sanções em caso de uso ilegal do fogo. Porque o uso do fogo em queimadas se distingue da técnica planeada de prescrição da utilização do fogo, de forma controlada, importa separar estes dois conceitos.

Fazer queimadas ou fogo de qualquer espécie em terrenos situados no interior das matas ou nos seus limites, é punível pelo Decreto-Lei n.º 334/90, de 29 de Outubro. São dadas, no entanto, competências aos Governadores Civis para conceder autorizações ou licenças para o exercício de actividades envolvendo o fogo.

No entanto, o Decreto Regulamentar n.º 55/81, de 18 de Dezembro estabelece que a técnica dos fogos controlados só pode ser utilizada sob a orientação e responsabilidade da entidade florestal nacional, e por ela credenciada.

Este aspecto vem salientar a necessidade de providenciar capacidade técnica na utilização do fogo controlado, como um factor de primordial importância para o seu uso operacional.

A metodologia de criação destas competências compreende diversas fases de qualificação e formação no uso da técnica, culminando na constituição de equipas treinadas e capacitadas para a utilização do fogo controlado em segurança e cumprindo objectivos específicos.

O processo implica a formação de técnicos florestais credenciados, que terão a tarefa de coordenar as equipas especializadas no uso do fogo controlado,

nomeadamente as equipas de sapadores florestais, a quem são acometidas acções preventivas, que contemplam a gestão dos combustíveis através de diversas técnicas entre as quais o uso do fogo controlado, conforme a Lei de Bases da Política Florestal - Decreto-Lei n.º 179/99, de 21 de Maio.

Este processo é coordenado por uma equipa de especialistas com prática e conhecimentos técnicos e científicos nas tarefas de prescrição, operação e avaliação de queimas, que formam e avaliam as capacidades demonstradas pelos formandos para a sua certificação no uso da técnica do fogo controlado.

O processo culmina com a credenciação pela Direcção-Geral das Florestas, entidade responsável pela certificação dos técnicos, de acordo com a lei.

Unidade B - COMPORTAMENTO DO FOGO



Objectivos

1. Compreender os processos envolvidos na combustão e na transferência de calor
2. Conhecer as condições de ignição do combustível e as fases de desenvolvimento do fogo
3. Enumerar e avaliar os parâmetros básicos que descrevem o comportamento do fogo
4. Descrever as características intrínsecas e estruturais do combustível florestal e compreender a sua influência no comportamento do fogo
5. Perceber a importância da humidade do combustível para a prática do fogo controlado, descrever os factores que a determinam e conhecer os respectivos métodos de avaliação
6. Enumerar os factores meteorológicos e topográficos relevantes para o fogo controlado. Compreender a interacção entre eles, os padrões meteorológicos temporais e os efeitos locais

B1. INTRODUÇÃO

A. Ignição é o processo de pôr a arder o combustível, e combustão é o processo auto-sustentado de oxidação do combustível com libertação de energia que sucede à ignição. A combustão consiste na libertação rápida da energia capturada pela fotossíntese e armazenada quimicamente no combustível.

B. A probabilidade de ignição do fogo é fundamentalmente função do teor de humidade do combustível morto e fino. Factores como a composição relativa e estrutura do complexo-combustível e a velocidade do vento têm uma importância secundária.

C. Quando uma fonte de calor é aplicada ao combustível, componentes como óleos essenciais e água são volatilizados, e os hidratos de carbono (essencialmente celulose) começam a decompor-se e produzem outros gases inflamáveis. Esta decomposição térmica ou química do combustível a alta temperatura designa-se como pirólise. As reacções começam por absorver calor, ou seja, são endotérmicas, mas à medida que a temperatura do combustível aumenta, a decomposição toma-se exotérmica e auto-sustentada.

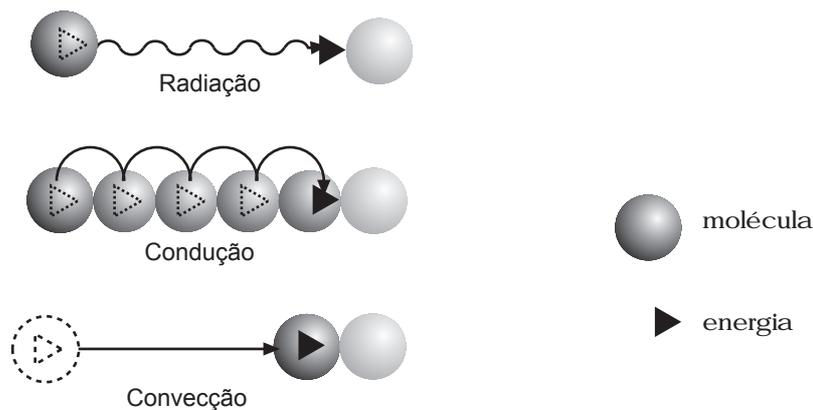
D. Processos de transferência de calor. O calor é transferido por radiação,

condução e convecção. O efeito combinado de todas as fontes de transferência de calor designa-se por fluxo de calor.

1. Radiação é a propagação de energia no espaço livre através de ondas electromagnéticas. A intensidade da radiação varia inversamente com o quadrado da distância às chamas e depende da dimensão das chamas. É o mais importante mecanismo de transmissão de calor em fogos de intensidade reduzida.

2. Condução é o processo de transferência de calor por contacto físico, pelo que apenas afecta os combustíveis imediatamente adjacentes à frente do fogo.

3. Convecção é a transferência de calor através do movimento de um gás ou líquido. Num fogo este movimento é predominantemente vertical, pelo que tem um papel determinante no dano da copa das árvores. A convecção predomina em fogos dominados pela acção do vento e/ou declive.

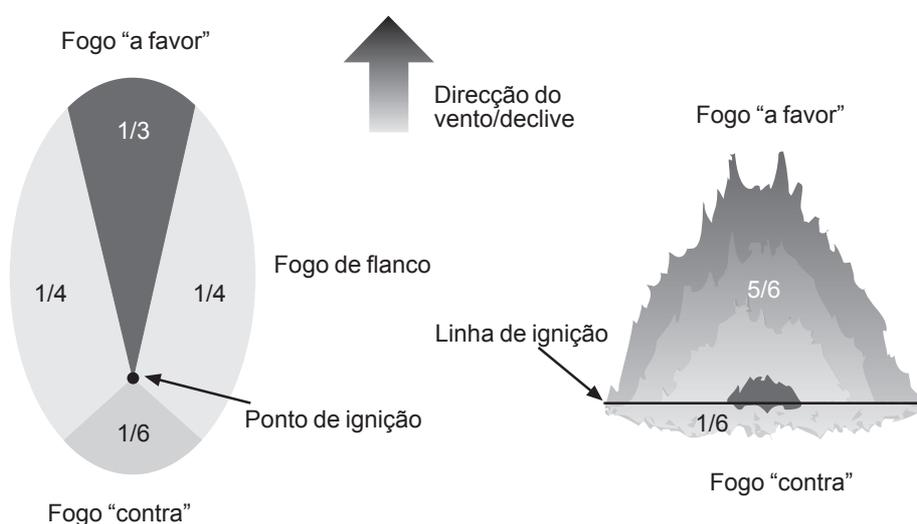


B2. DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FOGO

I. O PERÍMETRO DO FOGO

A. Em terreno plano com combustível uniforme e na ausência de vento, a propagação do fogo é igual em todas as direcções. Na presença de vento e/ou declive as chamas tenderão a aproximar-se do combustível, o que acelera a transferência de calor por radiação e convecção e aumenta a velocidade de avanço do fogo com o vento ou encosta acima.

B. Como resultado do exposto em A., as características de comportamento do fogo variam acentuadamente ao longo do seu perímetro, desde a cabeceira (ou dianteira) do fogo, isto é, a porção mais directamente afectada pelo vento ou declive, até à retaguarda, de deslocação lenta e chama bastante menor; os flancos do fogo (paralelos à direcção do vento ou do declive) comportam-se de forma intermédia.



II. FASES DE CRESCIMENTO DO FOGO

A. O desenvolvimento de um fogo é progressivo. As técnicas de ignição e condução do fogo prescrito (especialmente sob-coberto arbóreo) baseiam-se usualmente na restrição desse desenvolvimento.

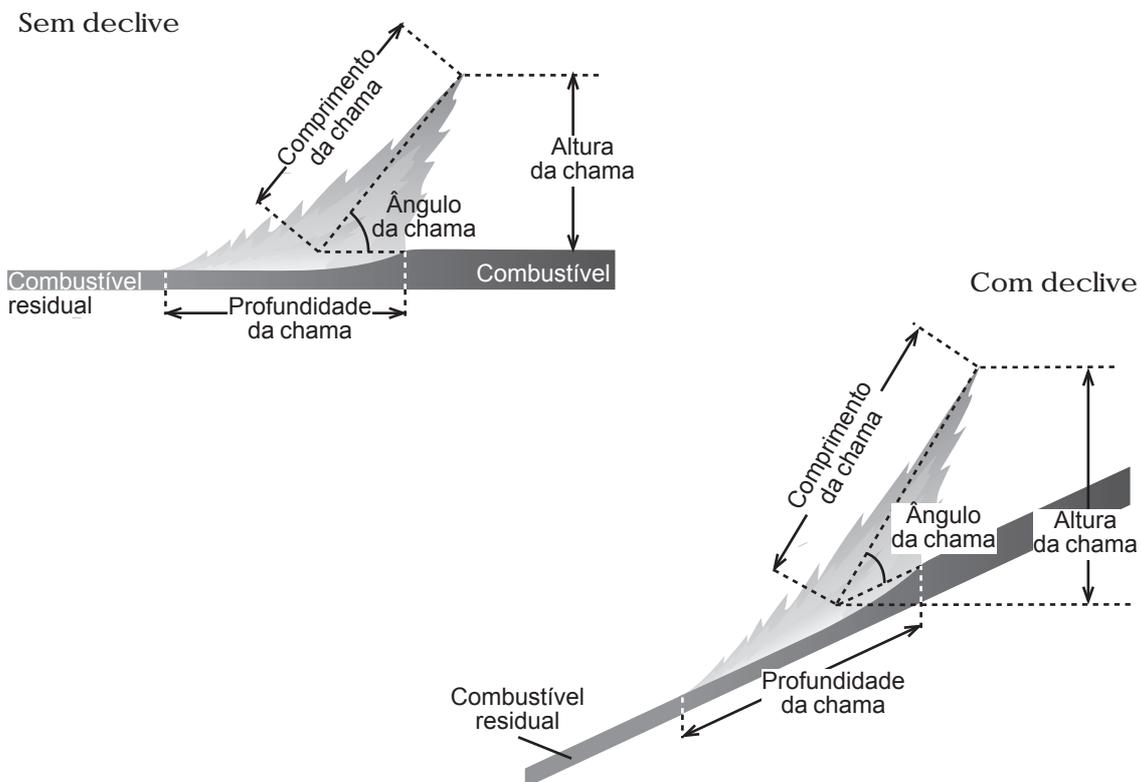
B. Fases de desenvolvimento do fogo

1. Desenvolvimento no leito de combustível a partir da ignição.
2. Envolvimento dos vários estratos existentes (incluindo as árvores), com intensidade crescente, que acompanha o desenvolvimento da convecção.
3. Crescimento em largura e forma. A propagação do fogo em equilíbrio com as condições ambientais (topografia, vento, combustível) depende do tempo desde a ignição e da largura da frente.

III. OS PARÂMETROS BÁSICOS QUE DESCREVEM O COMPORTAMENTO DO FOGO

são a velocidade de propagação, as dimensões da chama, a intensidade da frente e a energia libertada por unidade de área.

A. A velocidade de propagação é a rapidez linear de deslocação da frente de propagação do fogo, medida em m/min ou m/h. A estimativa da velocidade de avanço do fogo permite calcular o tempo necessário para tratar uma determinada área de acordo com a técnica de ignição utilizada. A velocidade de propagação é determinada pelo vento, declive, humidade do combustível, tipo e estrutura do complexo-combustível e largura da frente de propagação.



B. A altura da chama é a distância média do topo da chama ao solo, medida na vertical. Depende da quantidade e estrutura do combustível, seu teor de humidade, velocidade do vento e declive do terreno.

C. O ângulo da chama é a inclinação da chama em relação à superfície, medida em relação ao eixo que define o comprimento da chama. É determinada pela velocidade do vento e declive do terreno.

D. O comprimento da chama é a distância que vai da extremidade da chama ao ponto médio da zona de combustão, e está directamente relacionada com a intensidade da frente. Não é mensurável directamente, estimando-se da altura da chama e seu ângulo de inclinação.

E. A profundidade da chama é a largura da zona de combustão com chama contínua, medida perpendicularmente à orla do fogo. Depende da velocidade de propagação do fogo e seu tempo de residência (duração da combustão com chama) no combustível.

F. A intensidade frontal do fogo ou intensidade de Byram (kW/m) é a produção de calor por unidade de tempo e de comprimento da frente. Em conjunto com a variável anterior tem um significado importante no que respeita à capacidade de controlar um fogo e à segurança do pessoal envolvido nas operações. A intensidade frontal depende da velocidade de propagação, carga de combustível consumido e seu conteúdo calórico.

G. O calor por unidade de área (kJ/m^2) é a quantidade de energia libertada à passagem da frente de propagação. É o produto da quantidade de combustível consumido e seu poder calorífico. Poderá ter melhor relação com certos efeitos do fogo do que as restantes variáveis de comportamento do fogo.

IV. RELAÇÃO ENTRE COMPORTAMENTO DO FOGO E EFEITOS DO FOGO

A. A maioria dos efeitos do fogo não tem uma relação directa ou óbvia com as variáveis anteriormente referidas. No entanto, o comprimento da chama e a intensidade frontal contribuem grandemente para a altura de copa dessecada.

B. A redução do combustível depende essencialmente da respectiva carga e teor de humidade. O consumo de combustível influencia o comportamento do fogo, e não o contrário.

B3. COMBUSTÍVEL

I. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO COMBUSTÍVEL

A. O combustível é a biomassa que vai arder no fogo. Designa-se por combustível disponível aquele que efectivamente vai ser eliminado pela combustão, em oposição ao combustível total. A quantidade de combustível disponível depende do seu arranjo estrutural, distribuição de humidade no complexo-combustível e intensidade do fogo criada pelas condições meteorológicas.

B. O comportamento do fogo resulta das características do agregado de elementos que formam o complexo-combustível. A contribuição dos vários tipos de partículas existentes não é proporcional às respectivas quantidades. Os combustíveis finos dominam a propagação do fogo e as características da chama. Os materiais mais grosseiros, mesmo quando envolvidos na combustão, pouco contribuem para a frente de chamas.

C. A forma como as partículas de combustível se organizam no espaço influencia grandemente o comportamento do fogo. Um determinado estrato de combustível apresenta uma dimensão média de partículas e um grau de compactação distinto. O arejamento aumenta geralmente no sentido das camadas mais profundas para as camadas superficiais.

D. Os complexos-combustíveis podem ser classificados em modelos de combustível de acordo com descrições exaustivas das suas propriedades, algumas delas dificilmente apreciáveis no campo. Do ponto de vista do fogo controlado são mais úteis classificações por tipo de combustível que recorrem às características gerais estruturais (altura, coberto, carga) e à composição do sub-bosque.

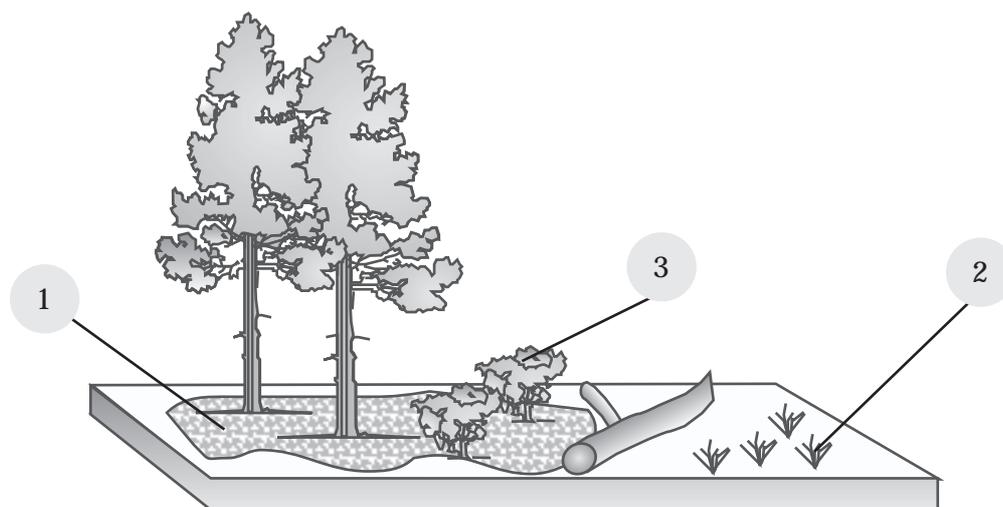
E. Os combustíveis finos (ervas, folhas, agulhas de pinheiro, ramos finos) inflamam-se facilmente e ardem rapidamente quando secos. São, por convenção, os materiais mortos de diâmetro inferior a 6 mm, que ardem na zona de combustão com chama contínua na frente de propagação e determinam a velocidade do fogo e as propriedades da chama. Os combustíveis finos são estratificáveis em:

1. Folhada, um horizonte orientado horizontalmente e comparativamente

compacto, compostos por elementos mortos provenientes das árvores e vegetação do sub-bosque.

2. Combustível aéreo superficial, localizado imediatamente acima da folhada, e constituído por ervas, vegetação sub-lenhosa e arbustos, e por elementos suspensos provenientes do estratos superiores. Trata-se de uma combinação de material morto e vivo com orientação vertical predominante, disponível para arder mesmo em fogos bastante suaves. Seca bastante mais rapidamente que a folhada e originam chamas e velocidades de propagação consideravelmente mais altas que a folhada.

3. Combustível aéreo elevado, vegetação do sub-bosque e elementos mortos nela suspensos, acima de 0,5 m do solo. A combustibilidade deste estrato é grandemente afectada pelo seu teor em material morto, humidade da porção viva (e constituição em substâncias voláteis), dimensão das partículas e continuidade vertical em relação aos estratos subjacentes.



F. O combustível acumula-se após uma intervenção de acordo com um padrão específico, ditado pelas velocidades de decomposição e produção de biomassa, que são grandemente influenciadas pelas condições ambientais e densidade do povoamento. A dinâmica temporal do combustível tem que ver não só com a evolução da carga de combustível, como também com o contributo de cada categoria de combustível.

II. HUMIDADE DO COMBUSTÍVEL

A. Humidade do combustível é a quantidade de água contida no combustível em relação ao seu peso seco. A humidade do combustível é provavelmente a variável mais importante no que respeita ao controlo do comportamento e efeitos do fogo. A maioria das relações conhecidas e explícitas entre as condições pré-queima e os resultados da queima estão ligadas ao teor de humidade do combustível morto.

B. O teor de humidade do combustível depende da sua condição (morto ou vivo), dimensão, compactação e localização. Na época do fogo controlado, em povoamentos relativamente densos, e se tiver ocorrido precipitação no espaço de uma a duas semanas, existe um gradiente vertical decrescente na humidade do combustível morto fino. Também a humidade da manta morta aumenta geralmente com a profundidade.

C. A humidade do combustível afecta a facilidade de ignição, a velocidade de avanço do fogo e a sua intensidade, as características do fumo, o consumo de combustível e os efeitos na copa das árvores

D. A humidade do combustível determina a velocidade de combustão e a porção do complexo-combustível que está disponível para arder.

1. Quanto maior a hidratação do combustível maior é a quantidade de calor necessária para o elevar à temperatura de ignição.

2. A humidade do combustível reduz a velocidade e eficiência da combustão, aumentando a produção de fumo.

3. A presença de vapor de água reduz a radiação das chamas, podendo empobrecer a mistura de voláteis ao ponto de impedir a combustão sustentada. O teor de humidade acima do qual o fogo não se propaga designa-se por humidade de extinção.

E. Humidade do combustível morto e fino

1. A humidade do combustível morto e fino reage passivamente em resposta às condições meteorológicas passadas e presentes. Dependendo da posição no complexo-combustível, responde às variações diurnas, sazonais e interanuais do tempo atmosférico.

2. O combustível morto absorve água da precipitação, orvalho, solo e ar, até um máximo de 35% do seu peso seco, o ponto de saturação das fibras. Valores mais elevados de humidade dever-se-ão a água localizada exteriormente. A evaporação da água dá-se a uma taxa que depende das condições atmosféricas e da estrutura das partículas. Sob condições ambientais constantes o teor de humidade alcança um valor constante, a humidade de equilíbrio, que depende essencialmente da humidade relativa do ar mas também da sua temperatura.

3. Designa-se como tempo de retardação o tempo necessário para que o combustível alcance $2/3$ da diferença entre o seu teor de humidade inicial e a humidade de equilíbrio. Este valor depende da dimensão e características dos elementos do combustível, e é usado para classificar os combustíveis de acordo com a sua rapidez de resposta.

4. A avaliação da humidade do combustível deve levar em consideração a variabilidade espacial e temporal. Por exemplo, combustíveis expostos ao vento e ao sol estarão mais secos do que aqueles abrigados e à sombra. A variação diária é influenciada pelo ângulo de inclinação dos raios solares relativamente à superfície do terreno.

F. Determinação da humidade por categoria de combustível

1. Do ponto de vista do fogo controlado é crucial a avaliação do conteúdo em humidade do combustível morto e fino, que constitui o vector de propagação do fogo, e da humidade dos horizontes orgânicos inferiores, que condiciona o impacto do fogo no solo e vegetação.

2. De menor relevância é o teor de humidade do combustível lenhoso morto e incluído ou sobreposto à manta morta (pouco representativo nos nossos ecossistemas e cuja humidade está relacionada com a humidade da manta morta inferior), e do combustível vivo (que varia pouco durante a época de fogo controlado).

G. Métodos de avaliação da humidade do combustível

1. Avaliação directa por colheita e secagem de amostras, não é implementável operacionalmente.

2. Estimação indirecta através de modelos materializados em tabelas para uso no campo ou programas informáticos. As variáveis independentes podem incluir a temperatura do ar, humidade do ar, precipitação, velocidade do vento, declive, exposição, nebulosidade, época do ano, dia do ano e ensombramento pelo estrato arbóreo.

3. Peças de madeira de peso seco conhecido colocadas no campo. A sua pesagem permite conhecer imediatamente o respectivo teor de humidade

4. Aparelhos portáteis que relacionam a resistência eléctrica das amostras de combustível com a sua humidade. Requer calibração por tipo de combustível.

B4. METEOROLOGIA

I. ENQUADRAMENTO

A. Qual a importância da meteorologia para a prática do fogo controlado?

1. O tempo atmosférico é um dos três componentes do "ambiente de fogo" — meteorologia, combustível e topografia.

2. A meteorologia está directamente relacionada com a segurança, comportamento do fogo, gestão de fumos e outros aspectos do fogo controlado.

3. Uma compreensão geral dos efeitos separados e combinados dos vários parâmetros meteorológicos é necessária para a correcta implementação operacional do fogo controlado.

B. Considerações gerais

1. O vento, a humidade relativa, a temperatura, a queda de precipitação e a instabilidade atmosférica são os elementos mais importantes a considerar.

2. Os praticantes devem-se familiarizar com os padrões meteorológicos dominantes na sua zona, e com as situações mais propícias ao fogo controlado, bem como com aquelas que requerem precauções especiais.

3. É importante dispor de uma previsão meteorológica para o dia e noite da queima.

4. Fontes de informação meteorológica:

- Instituto de Meteorologia;
- Estações meteorológicas da entidade responsável pelas queimas;
- Observações locais.

5. Devem ser registados dados meteorológicos no local de tratamento imediatamente antes, durante e imediatamente a seguir à operação, a intervalos de 1-2 horas. Estas observações são importantes para verificar a aplicabilidade da previsão, e para garantir que a prescrição é respeitada. Os registos devem ser efectuados dentro do povoamento (evitar áreas abertas como orlas do povoamento e caminhos florestais) mas longe da influência do fogo.

II. VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS INFLUENTES

A. Humidade relativa

1. A humidade relativa exprime a quantidade de humidade no ar em relação à quantidade máxima que o ar pode conter nas mesmas condições de temperatura e pressão. Quando a temperatura do ar aumenta em 10 oC, a humidade relativa diminui aproximadamente para metade, e vice-versa.

2. A importância da humidade relativa do ar prende-se com o seu efeito na humidade do combustível. Combustíveis mortos e finos equilibram rapidamente a sua humidade em função das alterações na humidade do ar, sendo a rapidez da mudança ditada pela dimensão dos elementos do combustível e pela localização do combustível - materiais suspensos e mais expostos secarão mais rapidamente do que a folhada.

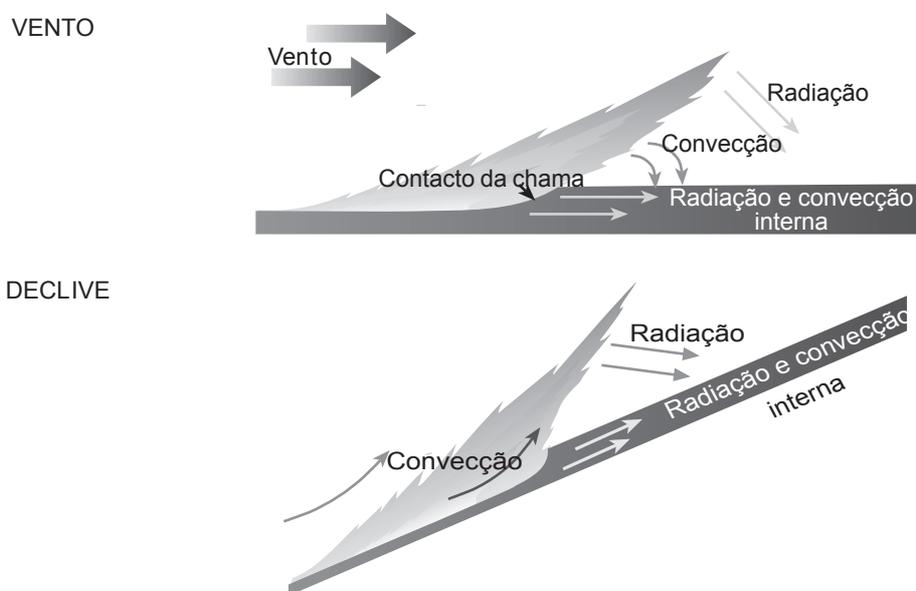
B. Temperatura

1. A temperatura influencia fortemente a humidade do combustível. Temperaturas mais elevadas aumentam a rapidez de secagem do combustível, especialmente se induzidas por exposição directa à radiação solar. Temperaturas mais baixas influenciam negativamente a facilidade de ignição.

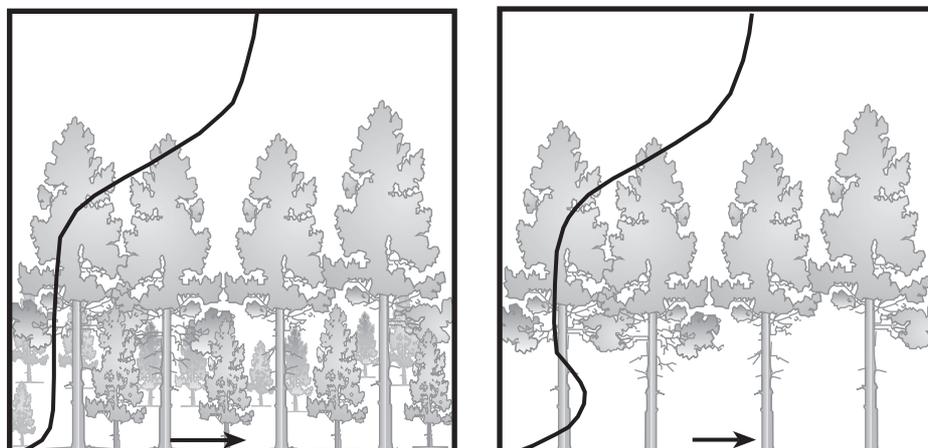
C. Vento

1. O comportamento do fogo é bastante mais predizível se a velocidade e direcção do vento forem estáveis. Como regra geral, ventos mais fortes são mais constantes em direcção

2. A propagação do fogo é significativamente acelerada pela inclinação do terreno, e as dimensões das chamas serão também maiores. Tal acontece porque as chamas se aproximam do combustível adjacente ao fogo, provocando um pré-aquecimento mais rápido e efectivo.



3. O vento local é influenciado pela densidade do povoamento e altura das árvores.



4. As áreas mais críticas em termos de combustível e topografia devem ser tratadas com ventos de direcção constante e persistente. Quanto menor for a dificuldade de execução da queima mais admissível é queimar em condições marginais de vento.

5. A velocidade do vento com importância é aquela que age directamente sobre a frente de propagação. O valor de entrada para os modelos de predição da velocidade do fogo é então o da velocidade superficial do vento, medida dentro do povoamento à altura de 1,5 a 2 m (por vezes referida como "velocidade a meia altura da chama"). As previsões meteorológicas indicam a velocidade do vento a 10 m do solo e em terreno aberto, pelo que têm que ser ajustadas. Os factores de correcção utilizados dependem da densidade do povoamento.

6. A medição da velocidade do vento no local da queima efectua-se com um anemómetro, de preferência com a capacidade de fornecer valores médios ao longo de um período de tempo (10 minutos é um valor aceitável); se o aparelho não fornecer valores médios, a média pode ser estimada como a média entre os valores mínimos e máximos medidos no espaço de um minuto, mas este procedimento recomenda repetições da medição. A escala qualitativa de Beaufort permite classificar a velocidade do vento a partir da observação dos seus efeitos na vegetação; a cada classe corresponde um valor médio (central) de velocidade do vento.

7. Problemas com o vento estão na origem do escape de muitos fogos controlados, e o vento constitui a variável cuja previsão exacta é mais difícil. É útil dispor de estações meteorológicas instaladas na região e efectuar medições ao longo do dia para apreender os padrões diários de variação.

D. Precipitação

1. A importância da precipitação é óbvia, dado o seu efeito sobre a humidade do combustível superficial, manta morta inferior e solo. São importantes não só a quantidade como também a duração, sendo este factor importante em solos de textura menos grosseira.

2. O efeito da precipitação diminui com a densidade do povoamento, devido

à intercepção pelo copado. No entanto, a secagem é consideravelmente mais rápida em zonas mais abertas, expostas à radiação solar e vento.

E. Estabilidade atmosférica

1. Estabilidade atmosférica é a resistência da atmosfera ao movimento vertical do ar.

2. O ar estável tende a restringir o desenvolvimento da convecção e produz condições de queima mais uniformes, mas não favorece a dispersão do fumo e reduz a visibilidade.

3. Uma atmosfera instável promove a dispersão rápida do fumo e a convecção, mas se o grau de instabilidade for excessivo, dificultará as operações de fogo controlado.

4. Uma atmosfera neutra é favorável à execução de fogo controlado e à dispersão do fumo, logo que a velocidade do vento seja suficiente.

5. Indicadores de uma atmosfera estável:

- vento constante;
- nuvens em camadas;
- visibilidade reduzida por neblinas.

6. Indicadores de uma atmosfera instável:

- ventos fortes, frequentemente de direcção variável;
- nuvens com desenvolvimento vertical;
- boa visibilidade.

7. Uma queima em condições atmosféricas instáveis aumenta a actividade convectiva, e, conseqüentemente, o afluxo de oxigénio que alimenta a combustão, o que aumenta a intensidade do fogo.

8. A instabilidade atmosférica durante o Outono e Inverno tende a facilitar a execução do fogo controlado, especialmente quando o teor de humidade do combustível é elevado. Problemas motivados por este factor são raros, ainda que possam ocorrer quando existem numerosos pontos ou linhas de ignição em simultâneo.

III. PADRÕES METEOROLÓGICOS CÍCLICOS

A. Ciclos de longo prazo, determinados pela flutuação climática inter-anual (por exemplo El Niño, secas).

B. Ciclos sazonais, resultantes do movimento de órbita da Terra em torno do Sol.

Tipos de tempo em Portugal Continental

I	Anticiclone dos Açores a oeste do País, depressão térmica sobre a Península Ibérica
II	Crista anticiclónica a norte da Península Ibérica
III	Gradiente fraco sobre a Península Ibérica
IV	Depressões circulando ao norte da Península Ibérica
V	Depressão situada à latitude da Península Ibérica ou ao sul dela
VI	Anticiclone térmico sobre a Península Ibérica

Tipos de tempo possíveis durante a época de fogo controlado

OUTUBRO

O mês de Outubro pode ter características muito diferentes, embora dominem os tipos de tempo I, IV e V.

O tipo I pode estar ligado a pressões altas de posição mais setentrional, soprando então ventos do norte ou NE, às vezes muito frios, e cuja velocidade aumenta se uma depressão existir ao mesmo tempo no Mediterrâneo ocidental. As geadas são já frequentes em altitude.

Se um anticiclone térmico se formar sobre o centro da Península (tipo VI) e se juntar ao anticiclone dos Açores o tempo será claro e sem nuvens, com noites frescas, mas dias ainda quentes.

Nebulosidade e precipitação estão ligados aos tipos de tempo IV e V. Na passagem das depressões sucede-se o sector frio (ventos de NW) ao sector quente (ventos de SW). O tipo V (de aparição dificilmente previsível) pode

.....

também começar com trovoadas, quando uma depressão atravessa o sul da Península; neste caso o vento sopra de SSE a NE e traz chuva forte ao sul do País.

NOVEMBRO E DEZEMBRO

Estes dois meses, usualmente similares, são já bastante mais frios, e favoráveis à condensação de grandes quantidades de humidade atmosférica.

A situação IV é muito frequente e origina precipitação de grande intensidade (incluindo neve), principalmente nas serras do Norte e Centro do País, sobretudo quando depressões anexas se destacam do turbilhão principal (que circula mais a norte). Os nevoeiros são frequentes em todo o País.

A situação V provoca também chuva, mas só raramente neve. É responsável por precipitação intensa no litoral do Algarve, usualmente a salvo do tipo de tempo IV. No Norte de Portugal, a situação V traz por vezes um estado de calor húmido que perdura alguns dias.

As situações correspondentes aos períodos secos são menos comuns. A situação VI pode surgir com a formação de um anticiclone sobre o interior arrefecido da Península Ibérica, com resultados variáveis:

- se o anticiclone se circunscrever aos planaltos centrais, sopram ventos mornos de S ou SE, espalhando uma ligeira cobertura de nuvens e dando alguma chuva nas encostas serranas, sobretudo se uma depressão se individualiza ao mesmo tempo sobre o golfo de Cadiz;
- quando o anticiclone ibérico se junta ao dos Açores, surge um tipo de tempo calmo, de forte irradiação, com o meio dia quente e as noites frias, no caso de Portugal se encontrar no núcleo central.

No entanto, se a realização anticiclónica se fizer a NW, o que é vulgar, ou se um anticiclone isolado se encontra sobre a Europa ocidental, instalam-se ventos frios de NE a E, que podem originar temperaturas negativas acima dos 1000 metros (tipo de tempo II). Pode também manifestar-se a situação I, que provoca um vento do norte, frio e seco, que faz voltar dias de aparência estival mas com noites muito frescas; é comum na primeira década de Novembro (o Verão de S. Martinho).

A frequência dos tipos IV e V faz com que a humidade atmosférica média seja máxima nestes meses. A humidade do ar, grau de nebulosidade, e número de dias com céu encoberto, nevoeiro ou precipitação é máximo nestes meses em quase todo o País.

Os nevoeiros desta época, por oposição aos nevoeiros litorais de Verão, são nevoeiros continentais (mas que podem chegar ao litoral), que se formam nos vales, bacias e planícies ao fim das noites sem vento, e em consequência do arrefecimento da superfície terrestre.

JANEIRO E FEVEREIRO

A situação VI de alta pressão, bem como as restantes situações de *secura* invernal, são agora mais estáveis do que nos dois meses anteriores, impedindo mais eficazmente a penetração das depressões atlânticas. O vento e as nuvens primam pela quase ausência e a amplitude térmica diária é grande. Não faltam, contudo, tipos de tempo com ventos frios do interior da Península em que as depressões do tipo IV provocam fortes nevões e temperaturas negativas nas serras acima dos 1000 metros.

As chuvas ligadas ao tempo V são muito fortes, sendo bastante características de Fevereiro em certos anos. Tais depressões fazem com que o vento vire no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio. As depressões IV e V causam fortes ventanias ou até temporais destruidores.

MARÇO

Este mês tem características distintas. As depressões aparecem com mais frequência do que nos dois meses anteriores, pelo que é mais chuvoso e menos soalheiro do que aqueles. São comuns os ventos chuvosos de NE por acção das depressões instaladas no Mediterrâneo ocidental.

Março é o mês do ano com mais ventos fortes (grau 8 da escala de Beaufort, e acima), principalmente em altitude, e também aquele com nevadas mais frequentes. É importante referir que este mês pode apresentar características completamente diferentes consoante os anos; há Marços que são tão secos como Fevereiro.

ABRIL

Também Abril é um mês variável, ainda que usualmente bastante instável. As situações anticiclónicas I e II originam um gradiente de pressão muito fraco, e tempo primaveril sem nuvens, seco e radiante, com noites frias mas dias já bastante quentes ao meio dia, sendo a visibilidade à distância muito boa. A interrupção destes tipos de tempo pelo IV traz ventos húmidos e frios, nebulosidade e chuva torrencial que alterna com períodos de abertas, podendo surgir ventos fortes acompanhados de granizo.

MAIO

O tempo aquece substancialmente neste mês. Em geral não há qualquer acção exterior que determine o tempo no País e o gradiente de pressão é fraco e bastante regular. Formam-se no entanto pequenas depressões locais que conduzem a trovoadas frequentes. A precipitação e nebulosidade podem ainda ser bastante elevados no Norte e Centro.

Quando o anticiclone dos Açores estende a sua influência sobre Portugal o tempo é pouco nebuloso e sem chuva, com forte insolação e progressiva subida de temperatura. A circulação de depressões no Golfo da Biscaia (tipo IV) ou no Golfo de Cadiz (tipo V) trarão precipitação.

C. Ciclos diurnos

1. O ciclo diário de aumento e diminuição dos valores dos parâmetros meteorológicos depende da exposição da superfície terrestre à radiação solar. O ciclo diário varia em natureza e magnitude de acordo com a latitude e época do ano. Os ciclos diários exercem um efeito profundo no comportamento do fogo e devem ser compreendidos para a correcta aplicação do fogo prescrito.

2. Temperatura e humidade do ar.

a. A amplitude de variação da temperatura do ar depende da distância ao litoral. Junto à costa a variação é moderada por trocas de energia

entre a terra e o mar, mas no interior a amplitude pode alcançar cerca de 20 °C. A variação será menor em condições de ar calmo ou nebulosidade.

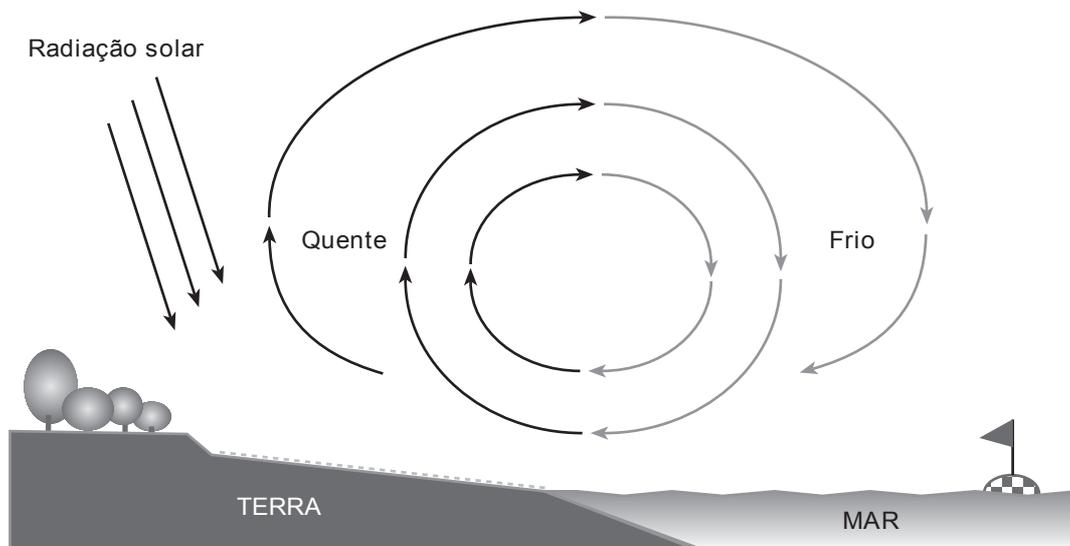
- b. As temperaturas máximas ocorrem usualmente às 15:00 h (hora solar). Este máximo não coincide com o pico da radiação solar (12:00 h), porque a massa de ar em contacto com a superfície terrestre não aquece imediatamente em resposta à radiação recebida. A humidade relativa do ar varia inversamente com a temperatura ambiente.
- c. A relação entre humidade e temperatura do ar altera-se com a chegada de uma nova massa de ar. Uma boa indicação da mudança da massa de ar é dada pela temperatura do ponto de orvalho, que diminui à chegada de uma massa de ar mais seca. A temperatura do ponto de orvalho exprime a humidade absoluta do ar, isto é, a quantidade de água por unidade de volume do ar. O ponto de orvalho é também útil como indicador da formação de orvalho no combustível durante a noite.

3. Direcção e velocidade do vento

- a. Os ventos locais de convecção, resultantes do aquecimento diferenciado durante o dia e arrefecimento à noite, obedecem a um ciclo diário que pode reforçar ou pelo contrário negar o efeito do vento geral. Este ventos desenvolvem-se em áreas montanhosas e na ausência de nebulosidade:
 - à medida que a manhã progride desenvolve-se um vento local ascendente, dito anabático, cuja velocidade máxima ocorre geralmente após o meio-dia, diminuindo progressivamente até alcançar um mínimo após o pôr do Sol;
 - durante a noite desenvolve-se um vento de sentido contrário (descendente), dito catabático, que culmina após a meia-noite e pode perdurar até de madrugada.
- b. Os ventos locais são frequentemente anulados pelo vento geral. Os ventos de convecção são mais notórios quando o tempo atmosférico

é mais estável (por exemplo, sob a influência de um sistema de altas pressões, quando o vento geral é ligeiro). Se o vento geral for forte durante o início da manhã não são de esperar alterações ao longo do dia, a não ser que a situação meteorológica geral (sinóptica) se modifique.

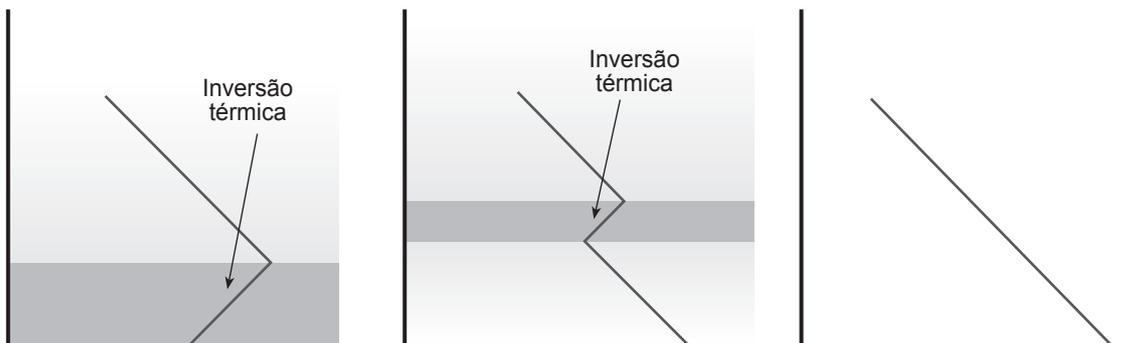
- c. Junto ao mar, e causadas pelo aquecimento diferenciado da terra e do mar, formam-se brisas que obedecem a um ciclo diário. Ao fim da manhã surgem as brisas marítimas, cuja expressão máxima é atingida a meio da tarde e se desvanecem ao anoitecer, tendendo a ser mais húmidas e frias que o vento prevalecente. As brisas terrestres ocorrem durante a noite e são mais quentes e secas que as anteriores, soprando no sentido inverso (isto é, da terra para o mar); o seu máximo é atingido de madrugada, desaparecendo com o nascer do Sol.



4. Estabilidade atmosférica

São frequentes durante a época de fogo inversões térmicas (camada de ar muito estável que restringe o movimento vertical) de superfície, que se formam em noites calmas e sem nuvens, quando o ar em contacto com a superfície da Terra arrefece mais rapidamente que a atmosfera subjacente, originando nevoeiro se o ar estiver relativamente húmido e

geada se estiver relativamente seco. Durante a manhã, e à medida que a radiação atinge o solo a inversão vai-se dissipando. Em dias de Sol com vento fraco a atmosfera apresenta-se instável tipicamente durante o início da tarde.



IV. EFEITOS METEOROLÓGICOS LOCAIS E DE CURTO PRAZO

A. A aproximação de uma frente fria origina grandes aumentos na velocidade do vento acompanhados de súbitas mudanças na sua direcção. A execução de uma queima controlada nestas condições obriga a cautelas adicionais.

B. Variabilidade na velocidade e direcção do vento

1. A fricção do vento com o terreno e a superfície origina períodos de calma e rajadas mais intensas. O movimento ascendente do ar interage com o seu movimento horizontal, o que intensifica a variação em velocidade e direcção. Condições atmosféricas instáveis acentuarão estes efeitos, assim como dias de céu limpo e temperatura mais alta.

2. Durante os períodos em que ocorrem as rajadas a intensidade do comportamento do fogo aumenta grandemente, especialmente se esses períodos excederem um minuto em duração.

3. A velocidade do vento numa área florestal contígua a uma zona aberta é consideravelmente mais elevada do que no interior da floresta, numa extensão aproximadamente igual a 20 vezes a altura das árvores.

B5. TOPOGRAFIA

I. INTRODUÇÃO

A. O comportamento do fogo pode ser modificado dramaticamente por variações na topografia. As condições meteorológicas locais e de combustível alteram-se ao longo do tempo sob influência da topografia. A irregularidade topográfica influencia sobremaneira a direcção e velocidade do vento.

II. EXPOSIÇÃO

A. A exposição afecta a quantidade de vento e radiação recebidas por uma encosta, por sua vez influenciando a humidade do combustível. As encostas expostas a N recebem menos luz directa, pelo que são mais húmidas e frias, e frequentemente têm maiores quantidades de combustível devido a condições mais favoráveis ao crescimento. Consequentemente, as exposições S arderão mais facilmente durante o Inverno, oferecendo mais oportunidades de queima que as exposições N.

B. A exposição do terreno deve ser aproveitada para planear as operações no tempo. Assim, exposições N deverão ser tratadas durante os períodos mais secos da época de queima, enquanto que as exposições S podem ser reservadas para os períodos marginalmente mais húmidos. Tal aumentará a probabilidade de um fogo se propagar sustentadamente e alcançar os objectivos propostos.

III. DECLIVE

A. O efeito do declive sobre o comportamento do fogo é directo, e análogo ao efeito do vento.

B. O declive tende a aproximar a coluna de convecção do solo, contribuindo para reduzir a altura de copa dessecada.

C. O declive auxilia a condução da queima. Declives superiores a 20% tornam mais fácil a condução do fogo quando a velocidade do vento é demasiado baixa.

IV. INFLUÊNCIA NA HUMIDADE DA MANTA MORTA INFERIOR E SOLO

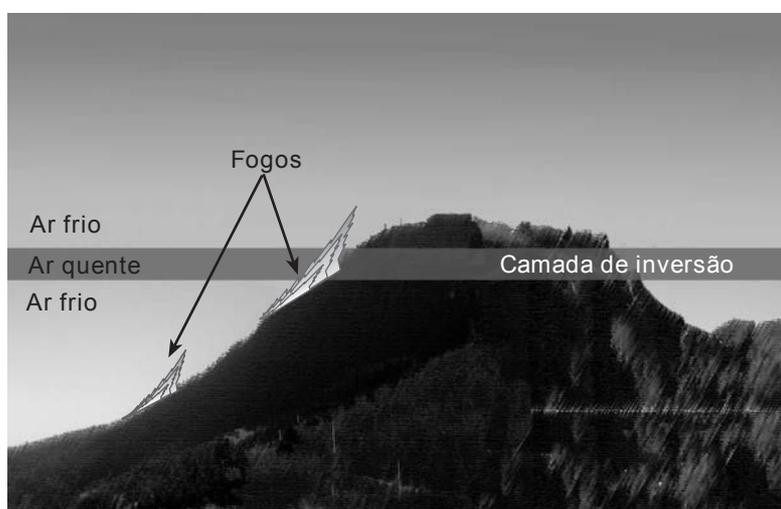
A. As diferenças de precipitação em altitude, as diferenças de infiltração da água causadas pelo declive, e as diferenças nas taxas de interceptação da chuva devidas a diferenças na vegetação de origem topográfica influenciam a secagem (ou hidratação) da manta morta. Adicionalmente, as encostas viradas a S secam mais rapidamente e possuem taxas de evapotranspiração maiores do que aquelas expostas a N.

B. Como resultado destas influências, e daquelas já referidas anteriormente e que afectam a humidade do combustível morto à superfície, a disponibilidade total de combustível depende dos efeitos topográficos, que assim afectam a eficiência e impacte do fogo controlado.

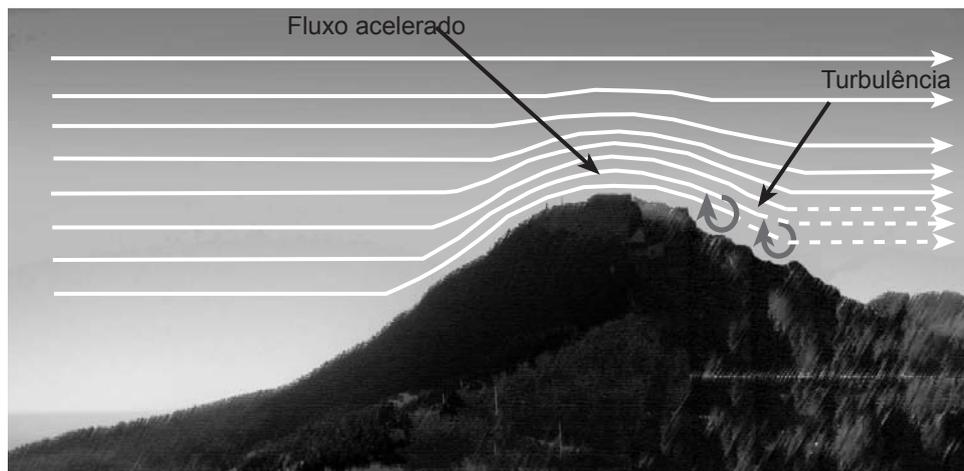
V. ALTITUDE

A. O efeito da altitude sobre o comportamento do fogo decorre da influência orográfica sobre as condições meteorológicas, ou da exposição do combustível a partes da atmosfera que normalmente se situam acima da superfície terrestre.

B. Partes de uma encosta ou cadeia montanhosa podem-se situar acima de um horizonte de inversão, enquanto que outras partes se podem localizar abaixo desse horizonte. Um fogo que encontre um horizonte de inversão (cintura térmica) aumentará a sua intensidade, ao transitar de uma situação de estabilidade para uma situação de instabilidade.



C. A velocidade do vento é usualmente mais elevada em altitude, um efeito de aceleração causado pelo relevo, mas também porque os ventos de altitude são usualmente mais fortes do que os ventos de superfície.



D. O ar na atmosfera superior é frequentemente mais seco do que aquele junto à superfície. Um relevo acentuado pode bloquear a passagem do ar húmido, enquanto que o ar mais seco em altitude descenderá sobre a encosta oposta, causando dessecação do combustível.

E. A altitude pode gerar descontinuidades no combustível, devido a afloramentos rochosos.

F. À semelhança da exposição, a altitude pode ser utilizada para planejar temporalmente as operações de queima.

Unidade C - IMPACTE DO FOGO



Objectivos

1. Compreender os conceitos de efeito directo e indirecto do fogo, e a sua relação com factores ambientais. Distinguir severidade e intensidade da queima. Relacionar os objectivos do tratamento com os efeitos do fogo
2. Identificar os impactes do fogo no solo e os factores que os determinam
3. Compreender os mecanismos básicos envolvidos no dano dos tecidos vegetais e na resposta das plantas ao fogo
4. Saber como avaliar, minimizar e gerir os impactes do fogo no solo, vegetação e qualidade do ar, com vista ao planeamento do fogo

C1. CONCEITOS GERAIS

I. INTRODUÇÃO

A. Os efeitos no solo e vegetação resultantes de fogos com comportamento similar (porque ocorrem sob condições semelhantes de temperatura, humidade relativa e velocidade do vento) podem, na verdade, ser bastante diferentes.

B. Alguns efeitos do fogo, nomeadamente nas árvores, podem ser relacionados de forma sólida com o comportamento do fogo. No entanto, muitos outros efeitos importantes são originados por características do fogo que não é possível prever.

C. É diversificada a forma como uma determinada comunidade vegetal ou complexo-combustível arde, e por conseguinte, os impactes resultantes são bastante variáveis.

D. A compreensão dos princípios básicos e processos que determinam como o solo e as plantas são afectados pelo fogo, e dos factores que controlam as respectivas respostas após o fogo, ajudam a explicar a variabilidade possível.

E. Documentar as condições ambientais associadas ao fogo e a resposta pós-fogo da vegetação é meio caminho andado para aprender a prever os impactes do fogo.

II. EFEITOS DE PRIMEIRA E SEGUNDA ORDEM

A. Os efeitos do fogo de primeira ordem são aqueles que resultam directa e imediatamente do fogo, e que são relacionáveis com os objectivos do tratamento, por exemplo:

1. não causar mortalidade a árvores de DAP > 5 cm;
2. remover 80% do combustível da folhada e sub-bosque;
3. limitar o consumo da folhada inferior a <30%.

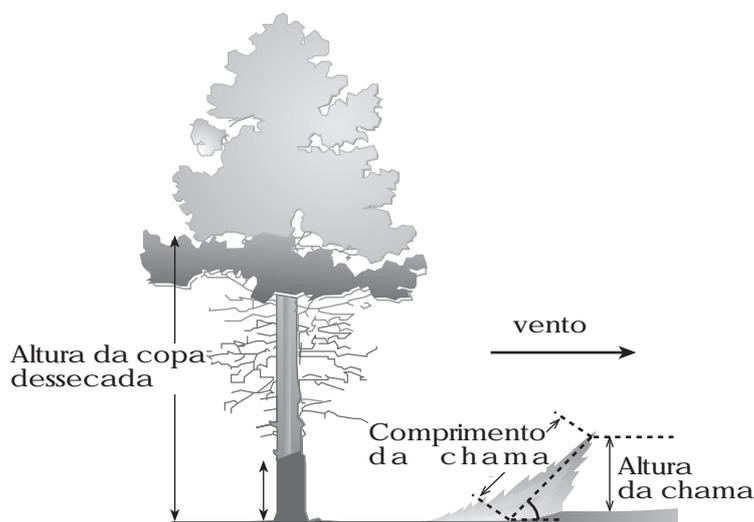
B. Os efeitos do fogo de segunda ordem são as modificações de longo prazo resultantes do tratamento e das condições ambientais no período subsequente ao fogo, por exemplo:

1. eliminação do coberto arbustivo;
2. aumento da quantidade de azoto disponível no solo;
3. melhorar a qualidade da forragem.

III. ALGUNS EFEITOS DO FOGO DE 1ª ORDEM PODEM SER RELACIONADOS COM O COMPORTAMENTO DO FOGO E COM O REGIME TÉRMICO DO FOGO

A. Mortalidade das plantas

1. A altura de copa dessecada é directamente relacionável com a intensidade da frente do fogo, velocidade do vento e temperatura do ar;



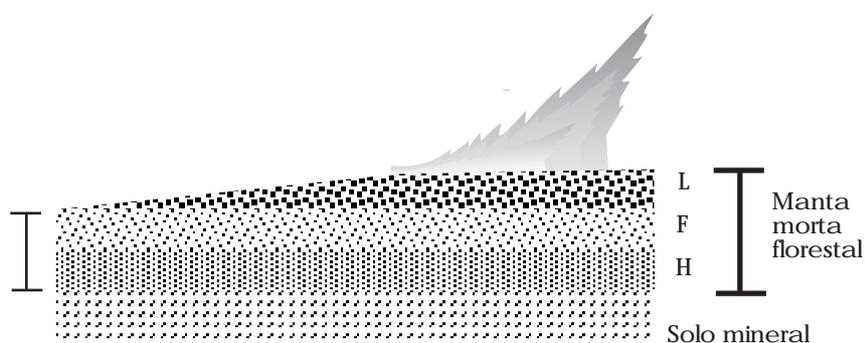
2. A mortalidade da copa arbustiva é relacionável com a intensidade da frente.

B. O consumo de combustível lenhoso fino está associado à intensidade frontal, mas o material de maiores dimensões (que arde após a passagem da frente de chamas) resulta do seu arranjo espacial e humidade.

C. A disponibilidade da folhada para arder é função da quantidade (espessura) existente e da sua humidade. Folhada arejada, como a de pinheiro bravo, arderá quase toda se suficientemente seca. No entanto, em condições de fogo controlado existe um gradiente vertical de humidade que impede o consumo do horizonte inferior.

D. O consumo da folhada inferior mais compacta e do húmus está essencialmente associado à duração da combustão.

1. Constitui uma medida do fluxo de calor dirigido para o solo.
2. Resulta principalmente de combustão sem chama.
3. Depende do teor de humidade; manta morta húmida não arde nem transmite calor.
 - a. Se a humidade for inferior a 30% arde logo que inflamada pelo combustível superficial.
 - b. Se a humidade superar 120% dificilmente há consumo.
 - c. Para humidades de 30-120% o consumo é determinado pelo teor de humidade e energia recebida da superfície.
4. Manta morta ou solo húmidos e frescos barram a transferência para o solo



de vapor de água quente, e retardam o aquecimento até que os horizontes orgânicos sequem.

E. Padrão de queima — o mosaico de manchas ardidas, parcialmente ardidas ou não ardidas num local, causadas por variação na intensidade frontal e severidade do fogo.

1. Causas da variação

- a. Variação na humidade e estrutura do combustível, e flutuações nas condições meteorológicas, especialmente o vento.
- b. De acordo com o tipo, quantidade e distribuição do combustível, o padrão de queima é controlável através da selecção da humidade do combustível, velocidade e direcção do vento.
- c. O ajustamento do método e padrão de ignição às condições locais ajuda também a controlar o padrão de queima.

2. Os efeitos do fogo nas plantas e solo resultam da quantidade e duração do calor recebido, que varia com o padrão de queima.

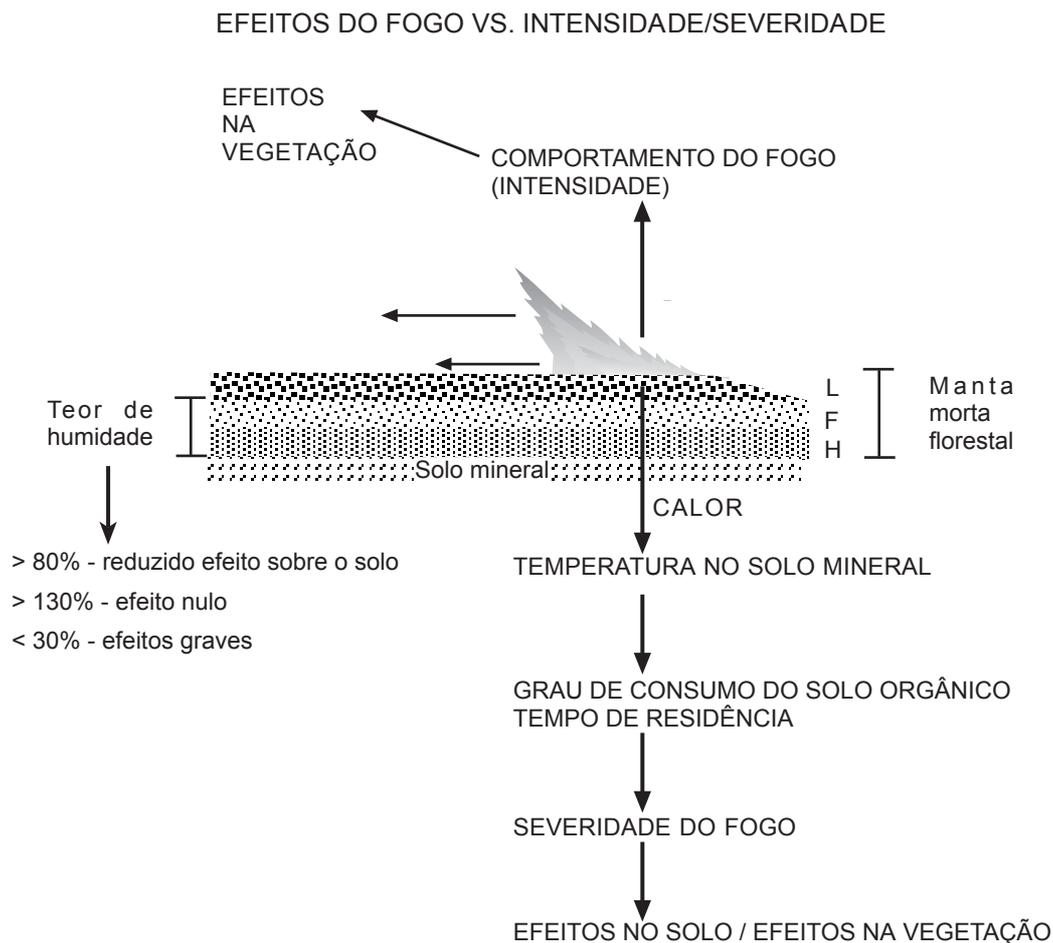
F. A severidade do fogo é um termo que exprime o regime térmico sub-superficial que o fogo origina, e influencia grandemente os efeitos do fogo no solo e plantas. A severidade está directamente relacionada com o grau de aquecimento e/ou consumo da manta morta, e com o consumo de material lenhoso, especialmente aquele de maiores dimensões. A severidade é descritível de acordo com as seguintes classes:

1. Não ardido.
2. Severidade muito reduzida — folhagem amarelecida, chamuscamento ou queima ligeira da folhada e vegetação superficial.
3. Severidade reduzida — combustível lenhoso mais fino é consumido parcialmente. A folhada superficial arde toda ou parcialmente, e o topo da folhada inferior pode ficar enegrecido. As partículas do combustível superficial, por exemplo as agulhas, podem ser reconhecíveis na sua forma original. Não há aquecimento do solo.

4. Severidade moderada — a folhada superficial e a folhagem e rebentos finos do sub-bosque são totalmente consumidos. A manta morta inferior, lenha em decomposição e material lenhoso de maiores dimensões arde parcialmente. Um leito de cinzas e raízes e rizomas queimados são visíveis. Pode ocorrer algum aquecimento do solo mineral se a camada orgânica for pouco espessa.

5. Severidade elevada — está presente uma camada espessa de cinzas, toda ou quase toda a matéria orgânica é removida, incluindo a vegetação do sub-bosque. O aquecimento do solo é importante onde haja consumo de material lenhoso de grande calibre ou de mantas mortas espessas.

G. A intensidade e a severidade do fogo são conceitos distintos. Um determinado local pode apresentar diversas combinações de intensidade frontal e severidade do fogo, dependendo do complexo-combustível e das condições de humidade durante a queima.



1. O combustível superficial e inferior estão ambos secos, potenciando um fogo de intensidade e severidade elevadas.
2. O combustível superficial está seco mas a manta morta inferior está húmida. O resultado é um fogo de alta intensidade mas severidade muito reduzida.
3. O combustível superficial está húmido mas o estrato inferior está seco. O fogo será pouco intenso mas severo (pode ocorrer se após o Verão não tiver chovido o suficiente para carregar de humidade os horizontes orgânicos inferiores).
4. Ambos os estratos estão húmidos, e o fogo será pouco intenso e pouco severo.

H. O grau de aquecimento do solo depende directamente da severidade do fogo. O aumento de temperatura no solo varia com a temperatura superficial durante a queima, a duração do fogo, a humidade da manta morta e do solo, e a textura do solo.

1. A temperatura à superfície é função da intensidade da frente e da combustão total do material orgânico.
2. Não é clara a relação entre a temperatura alcançada à superfície durante o fogo e aquela registada no solo.
3. A penetração de calor no solo não pode ser estimada dos parâmetros de comportamento do fogo. A energia libertada por unidade de área tem alguma relação, mas exprime somente a fase de combustão com chama. A combustão sem chama visível constitui uma fonte de calor sub-superficial bastante mais substancial.
 - a. Quanto maior a duração do fogo, maior o aquecimento sub-superficial.
 - b. O aquecimento mais pronunciado ocorre onde haja combustão prolongada de material lenhoso de grande dimensão.
 - c. O consumo da folhada e húmus também pode contribuir para o aquecimento do solo.
 - d. É pouco relevante o aquecimento do solo causado por material que com ele não contacte directamente.

- e. A maior parte do calor gerado pelo consumo de combustível aéreo é dissipado e não contribui para aquecer o solo.
- f. A humidade da manta morta inferior e do solo influencia a magnitude do aquecimento.
 - O aquecimento do solo é maior se a manta morta e o solo estiverem secos.
 - A manta morta húmida conduz o calor melhor que a manta morta seca, mas a transferência de calor por manta morta que não esteja a arder é bastante limitada.
 - Se a manta morta e o solo estiverem húmidos, o aquecimento do solo causado pelo fogo superficial é muito limitado, mesmo se a carga de combustível for muito elevada.
- g. A textura do solo afecta a transmissão de calor. Solos de textura grosseira propiciam mais facilmente a transferência de calor do fogo.
 - Solos grosseiros contêm menos água que solos de textura fina.
 - Solos grosseiros são mais porosos, facilitando a transmissão de vapor quente que condensará em níveis inferiores do solo transferindo o seu calor.

C2. IMPACTES NO SOLO

I. AS MODIFICAÇÕES IMEDIATAS NO SOLO CAUSADAS PELO FOGO DEPENDEM DAS CARACTERÍSTICAS INICIAIS DO SOLO, DA DURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR, E DAS TEMPERATURAS ALCANÇADAS

A. Alterações nos nutrientes.

1. Alterações nos nutrientes.
2. Adição de nutrientes ao solo por decomposição rápida (pelo fogo) da biomassa vegetal.

.....

B. Aumento do pH por adição das cinzas

C. Modificações químicas

1. Alteração da estrutura de agregação da argila a temperaturas elevadas
2. Quando sujeitos a temperaturas $>500\text{ }^{\circ}\text{C}$, alguns solos adquirem um tom avermelhado, devido à oxidação do ferro.

D. Hidrofobicidade — repelência da água no solo

1. Compostos orgânicos que repelem a água podem ser volatilizados durante o fogo.
2. Estes compostos migram e condensam no solo mineral, originando um horizonte não-hidratável, que pode impedir a infiltração, causando lixiviação superficial e erosão.
3. A ocorrência de horizontes hidrofóbicos depende de:
 - a. Textura do solo, solos grosseiros (arenosos) são mais propensos que solos argilosos;
 - b. Humidade do solo, solo mais seco favorece a formação de camadas repelentes;
 - c. Temperatura, a exposição do solo a temperaturas $>175\text{ }^{\circ}\text{C}$ favorece o fenómeno;
4. Pode ocorrer em queimas em áreas não arborizadas.

E. Quantidade de MO que permanece no solo mineral diminuirá se o solo for submetido a uma temperatura suficiente para que haja volatilização.

F. Aumentos pós-fogo da temperatura do solo são causados por:

1. Remoção da manta morta;
2. Remoção do coberto arbustivo ou arbóreo;
3. Material enegrecido pelo fogo absorve mais calor.

II. O REGIME DE NUTRIENTES NO SOLO APÓS O FOGO DEPENDE DE

- A. Níveis e disponibilidade de nutrientes antes do fogo;
- B. Perda de nutrientes por volatilização;
- C. Adição de nutrientes nas cinzas.
- D. Aumento do pH
 - 1. Aumenta a disponibilidade de muitos nutrientes em solos ácidos.
 - 2. Aumenta a fixação biológica de azoto em solos ácidos.
- E. Aumento da temperatura do solo
 - 1. Acelera a reciclagem de nutrientes por aumento da taxa de decomposição e absorção.
 - 2. Pode alterar a actividade dos organismos envolvidos no ciclo do azoto, que aumenta ou diminui em função da espécie, respectiva temperatura óptima de actividade, e grau de modificação da temperatura.
 - 3. É um factor crítico em áreas de solos frios.
- F. Velocidade de recuperação pós-fogo
 - 1. Absorção de nutrientes libertados na cinza antes de serem lixiviados.
 - 2. Regresso gradual desses nutrientes ao sistema através da decomposição da folhada.
 - 3. Cobre fisicamente o solo, limitando a magnitude do arrastamento da cinza e respectivos nutrientes.
- G. Precipitação pós-fogo
 - 1. Pode originar perda de nutrientes por remoção ou lixiviação das cinzas.
 - 2. O maior impacte ocorre imediatamente após o fogo antes do regresso da vegetação.
 - 3. O efeito da chuva está relacionado com a sua intensidade.

III. AZOTO

A. Pode haver redução na quantidade total de azoto após o fogo:

1. Por perdas por volatilização aquando do consumo de combustível lenhoso e folhada inferior;
2. A perda é proporcional à quantidade de combustível consumido;
3. Por perdas das formas solúveis em água, causadas por erosão ou lixiviação das cinzas;
4. As perdas podem ser críticas em locais pobres em azoto.

B. A quantidade de azoto disponível (em formas rapidamente assimiláveis pelas plantas) aumenta frequentemente após o fogo.

1. Por acção directa do aquecimento, que decompõe o azoto existente em formas complexas.
2. O aumento da temperatura e pH do solo favorece a actividade microbiana.
 - a. Aumenta a actividade dos organismos que fixam azoto.
 - b. Aumenta a actividade dos organismos que intervêm na decomposição, que convertem azoto em formas complexas para formas mais simples.
3. Aumenta a actividade das plantas fixadoras de azoto.
 - a. Estabelecem-se novas plantas por semente.
 - b. Aumenta o vigor das plantas que fixam azoto.

IV. MICORRIZAS

A. Um fogo que remova uma parte substancial da manta morta tenderá a limitar seriamente a micorrização.

V. EROSÃO PÓS-FOGO

A. A quantidade de erosão pós-fogo depende de numerosos factores.

1. Grau de perturbação pré-existente (caminhos, estradas florestais, erosão prévia devida a práticas de gestão).
2. Características do solo:
 - a. Textura;
 - b. Drenagem;
 - c. Taxa "natural" de erosão.
3. Formação de uma capa hidrofóbica.
4. Quantidade de solo mineral exposto.
 - a. Solo exposto absorve menos água.
 - b. As partículas pequenas no escorimento podem tapar os poros do solo e reduzir a capacidade de infiltração.
5. Quantidade de coberto superficial orgânico.
 - a. Protege a superfície do solo do impacte da precipitação.
 - b. Materiais residuais (manta morta, material lenhosos, vegetação residual) e a vegetação que surge após a queima previnem o movimento das partículas do solo, ou param ou abrandam o movimento de materiais oriundos de áreas adjacentes.
6. Momento e intensidade das ocorrências de precipitação posteriores ao fogo.
7. Declive — o potencial de erosão num determinado tipo de solo é maior em declives mais acentuados.

VI. CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À GESTÃO DO IMPACTE DO FOGO NO SOLO

- A. Conhecer a textura do solo — solos mais grosseiros são mais susceptíveis a processos erosivos, formação de capas hidrofóbicas, e são mais secos (o que facilita efeitos indesejáveis de aquecimento).
- B. Conhecer a acidez (pH) e fertilidade do solo, e o potencial de modificação.

1. pH e disponibilidade de nutrientes — solos ácidos podem ser grandemente favorecidos pelo fogo, devido a maior disponibilidade de nutrientes e aumento da actividade biológica; em solos mais alcalinos o impacte é usualmente negligenciável.

2. Quantidade de nutrientes

a. O solo é pobre ou rico em nutrientes? (especialmente aqueles mais directamente ligados ao crescimento vegetal, como o azoto e o fósforo).

b. O fogo pode estimular o crescimento de plantas fixadoras de azoto?

C. Controlar a quantidade de calor que penetra no solo, através da prescrição da humidade da manta morta inferior, solo e combustível lenhoso de maior calibre

D. Regular a quantidade de combustível e manta morta inferior consumida.

1. Afecta a perda de nutrientes por volatilização.

2. Afecta a quantidade de nutrientes libertados na forma de cinzas.

3. Afecta a capacidade de troca catiónica.

E. Deixar uma quantidade específica de manta morta residual:

1. Mantém a actividade microbiana e de micorrização;

2. É especialmente importante em áreas sujeitas a gestão mais intensiva e locais secos,

F. Escolha da época de queima, influencia a duração do período de tempo durante o qual o solo fica exposto antes que a re-vegetação se inicie

G. O efeito do fogo no solo está associado ao efeito do fogo na vegetação, pelo que é largamente controlado pela gestão da vegetação através do fogo

C3. DANO E MORTALIDADE NA VEGETAÇÃO

I. A MORTALIDADE DAS PLANTAS PELO FOGO DEPENDE DA MORTE DOS TECIDOS POR EXPOSIÇÃO AO CALOR; A TEMPERATURA ATINGIDA E A DURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DETERMINAM A MORTE (OU NÃO) DOS TECIDOS

A. A morte por aquecimento depende da temperatura e tempo de exposição.

1. A temperatura mais baixa para a qual pode haver mortalidade é de 50 °C.
2. A temperatura letal está relacionada com o tempo de exposição a uma temperatura específica.

B. Diferentes tecidos vegetais apresentam diferentes capacidades para resistir ao calor.

1. As plantas podem resistir razoavelmente ao calor quando estão em repouso vegetativo e a sua humidade é baixa.
2. Algumas partes da planta, especialmente aquelas responsáveis pelo crescimento (meristemas), tendem a ser mais sensíveis ao calor quando a planta está em crescimento activo e a sua humidade é elevada.

II. CARACTERÍSTICAS DO COMBUSTÍVEL E DO POVOAMENTO QUE AUMENTAM O POTENCIAL DE DANO

A. Povoamentos mais densos.

B. Proporção de biomassa morta na vegetação (dependente da espécie e idade).

C. Presença de combustíveis que estabeleçam continuidade entre a folhada e o estrato arbóreo.

D. Combustível superficial morto, cuja combustibilidade aumenta com a espessura e diminui com a compactação.

E. Manta morta inferior, cuja combustão origina libertação de calor prolongada.

F. A disponibilidade para arder dos vários componentes é determinada pelos respectivos teores de humidade.

III. MORTALIDADE DA COPA DE PLANTAS LENHOSAS

A. Factores estruturais e físicos que afectam a mortalidade:

1. Características da copa: densidade de ramos, distância à superfície, dimensão;
2. Características dos gomos.
 - a. Gomos maiores podem absorver mais calor até atingirem a temperatura letal.
 - b. Coníferas de folha mais comprida asseguram maior protecção aos gomos.
 - c. Gomos com actividade fisiológica são muito sensíveis ao calor, enquanto aqueles em dormência podem resistir a temperaturas bastante elevadas.
3. O papel da humidade foliar (vegetação viva).
 - a. Folhas e raminhos mais hidratados requerem mais calor para alcançarem a temperatura letal.
 - b. Teor elevado de humidade na folhagem pode limitar o dano.
 - c. Teor elevado de humidade pode limitar a expansão do fogo.
 - d. A humidade foliar varia marcadamente entre espécies e ao longo do ano.
4. Presença de compostos inflamáveis.
 - a. Aumenta a combustibilidade e susceptibilidade à morte foliar.
 - b. Aumenta o teor de humidade que permite combustão.

B. A extensão de morte imediata da copa está directamente relacionada com o dano causado pelo fogo.

1. Copa dessecada (morte da folhagem).

- a. É causada pela exposição a temperaturas letais.
 - b. Está essencialmente associada ao pico de temperatura que se verifica à passagem da frente de chamas.
 - c. É influenciada pelo vento e temperatura ambiente.
 - O vento pode dispersar o calor
 - A temperatura do ar controla a quantidade adicional de calor necessária para matar a folhagem
 - d. A altura de copa dessecada, a distância vertical máxima afectada por temperaturas letais, pode ser estimada a partir da intensidade do fogo, temperatura do ar e velocidade do vento
 - e. A percentagem de volume de copa dessecada é melhor indicador do dano que a altura de copa dessecada, porque considera a proporção de folhagem viva que permanece após a queima.
 - f. Em espécies com gomos resistentes, copa dessecada não é sinónimo de copa morta.
2. Combustão da copa, requer 3 vezes mais energia que a dessecação da copa.
- C. A magnitude do dano na copa pode ser controlada através de:
- 1. Regulação do comprimento da chama;
 - 2. Potencial de ignição e combustão prolongada do combustível lenhoso pesado e manta morta inferior;
 - 3. Remoção da concentração de combustível na base das árvores;
 - 4. Variação no número de linhas de ignição e da distância entre elas;
 - 5. Considerar a sensibilidade dos gomos ao calor (dimensão, existência de escamas protectoras, grau de actividade fisiológica).

IV. AS PLANTAS LENHOSAS PODEM SER MORTAS POR DANO TÉRMICO NO CAULE E TRONCO, QUE RESULTA NA MORTE DO CÂMBIO

A. Características estruturais das plantas que afectam a mortalidade directa por aquecimento

1. Características da casca

a. Espessura

- Varia de acordo com a espécie.
- Para uma determinada espécie, aumenta com a idade.
- Mais grossa em árvores vigorosas, mais fina em árvores dominadas.
- Diminui de espessura da base para o topo do tronco.

b. Textura superficial

- Solta, laminar ou filamentosa — mais inflamável.
- Suave — mais difícil de inflamar.

c. Estrutura da casca, em placas ou cortiça.

2. Presença de feridas ou de resina.

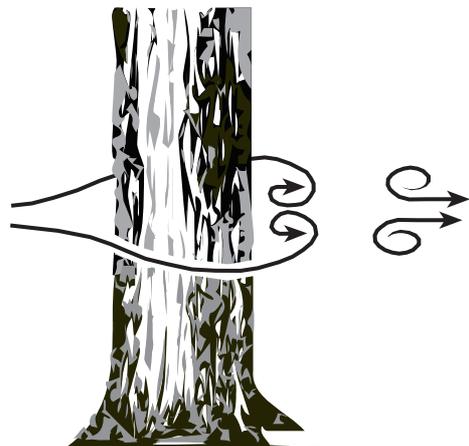
B. Relação entre a mortalidade e o dano causado pelo fogo

1. O dano no câmbio resulta directamente do calor recebido nas várias fases da combustão

- a. O calor proveniente da frente de chamas pode matar o câmbio de árvores de casca fina

- b. O calor proveniente da combustão da manta morta e troncos pode matar o câmbio, mesmo em árvores de casca grossa

2. A mortalidade está relacionada com a percentagem do perímetro do câmbio que é afectada



- a. Na ausência de dano na copa e raízes, % de câmbio morto <25% não são suficientes para matar as árvores.
 - b. Se a copa for afectada em 30-60% do seu volume, a mortalidade é proporcional ao perímetro do câmbio morto (>25%).
 - c. Mesmo na ausência de copa morta, é provável que uma árvore morra se o câmbio for afectado em >75% do seu perímetro.
3. A espessura da casca de uma árvore está relacionada com a sua capacidade de resistência ao calor libertado pelo fogo.
- a. O potencial de dano é inversamente proporcional ao quadrado da espessura da casca.
 - b. Árvores de casca fina são muito susceptíveis a morte cambial.
 - c. Em árvores de casca espessa o câmbio está bem isolado do calor, e o chamuscamento externo da casca não está relacionado com o dano no câmbio.

C. O dano infligido pelo fogo ao tronco das árvores pode ser controlado através de:

1. Comprimento da chama ou intensidade do fogo;
2. Teor de humidade do combustível lenhoso e manta morta inferior;
3. Remoção ou compactação do combustível acumulado na base das árvores;

D. Em arbustos é muito difícil distinguir o impacto do dano da copa do dano no tronco. Em geral, logo que haja consumo ou dessecação a planta morre.

V. DANO NO SISTEMA RADICULAR

A. Factores físicos e estruturais com influência no dano nas raízes.

1. Localização das raízes com função estrutural de suporte (maior profundidade de enraizamento aumenta a estabilidade das árvores).
2. Localização das raízes com funções de nutrição (se mais superficiais aumenta a possibilidade de morte ou eliminação pelo fogo).

B. Outros factores que afectam a mortalidade das raízes

1. A quantidade de calor recebido pelas raízes depende da quantidade de combustível, sua humidade e duração do período de aquecimento.
2. Pode haver morte de raízes sem que o tronco seja afectado.
3. Relação entre o dano radicular e o comportamento e características do fogo.
 - a. Quase sempre independente da frente de chamas.
 - b. Pode estar relacionado com o calor libertado por unidade de área durante a fase de combustão com chama.
 - c. Fortemente relacionado com a duração total da combustão.
 - d. O grau de consumo dos horizontes orgânicos é útil como um indicador do dano radicular.

C. Como controlar o grau de dano nas raízes

1. Conhecer a profundidade de enraizamento das árvores.
2. Saber se parte das raízes está localizada na manta morta.
3. Regular o consumo da manta morta e combustível lenhoso através do seu teor de humidade.

VI. A MORTE DAS ÁRVORES PODE SER DIFERIDA NO TEMPO

- A. Resultando da interacção entre o dano sofrido pelas várias partes da árvore.
- B. Frequentemente resulta da infecção secundária por doenças, fungos ou insectos.

C4. REBENTAÇÃO PÓS-FOGO

I. A REBENTAÇÃO CONSTITUI O MEIO DE RECUPERAÇÃO DE MUITAS PLANTAS APÓS O FOGO

A. Os mesmos factores que controlam a mortalidade das raízes afectam a mortalidade das partes das plantas (arbustos e herbáceas) relacionadas com a reprodução .

1. Os órgãos de reprodução estão localizados a vários níveis acima ou abaixo da folhada, manta morta inferior e solo.
2. O tempo de exposição ao calor e a profundidade de penetração do calor determinam a sobrevivência ou morte das partes reprodutivas localizadas ao nível superficial ou sub-superficial.

B. Os gomos dormentes que podem emitir rebentos encontram-se em diferentes partes das plantas de acordo com a espécie.

1. Gomos em caules de crescimento lateral imediatamente acima da manta morta ou enterrados na manta morta ou solo mineral.
2. Gomos em caules verticais, acima ou abaixo da superfície.
3. Gomos em tecidos lenhosos diversos, incluindo raízes.

II. A REBENTAÇÃO PÓS-FOGO É UM PROCESSO ALTAMENTE REGULADO

A. A rebentação pós-fogo pode ocorrer imediatamente ou não, dependendo do estado fisiológico das plantas na altura do fogo.

B. Os aumentos de exposição solar e de temperatura no solo após o fogo podem favorecer a magnitude da resposta vegetativa.

C. A idade da planta influencia a sua capacidade de rebentação. Plantas demasiado jovens ou envelhecidas podem não rebentar.

D. Nem todas as espécies têm capacidade vegetativa.

.....

E. Novos rizomas de plantas sobreviventes podem colonizar áreas adjacentes das quais as plantas foram eliminadas.

III. RELAÇÃO ENTRE A REBENTAÇÃO PÓS-FOGO E A SEVERIDADE DO FOGO

A. Em áreas florestais é forte a relação entre a severidade da queima e a rebentação pós-fogo.

1. Um fogo de severidade reduzida pode eliminar espécies cujos componentes reprodutivos se localizem mais superficialmente, mas pouco afectará os órgãos enterrados mais profundamente.

2. Um fogo de severidade moderada consome ou mata as estruturas vegetais na folhada e topo da manta morta inferior. As plantas com gomos na manta morta inferior ou solo mineral produzirão rebentos.

3. Um fogo de severidade elevada elimina as plantas cujas estruturas reprodutivas se localizem na manta morta e pode aquecer letalmente algumas partes incluídas nos níveis superiores do solo. A rebentação pode ocorrer apenas a partir de partes profundamente enterradas, mas, dependendo da espécie, pode ainda assim ser vigorosa.

IV. COMO CONTROLAR O IMPACTE DO FOGO NOS ARBUSTOS COM CAPACIDADE VEGETATIVA

A. Conhecer a localização dos gomos dormentes que podem originar novos rebentos, e portanto a sua sensibilidade relativa ao calor gerado pelo fogo.

B. Conhecer a distribuição e quantidade de combustível com potencial para danificar as estruturas reprodutivas.

C. Prescrever um fogo que causará o grau desejado de mortalidade, de acordo com a profundidade de queima, ou seja, regular a severidade da queima.

C5. ESTABELECIMENTO DE PLANTAS NOVAS APÓS O FOGO

I. A GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE DIFERENTES ESPÉCIES DE PLANTAS É FAVORECIDO POR DIFERENTES CONDIÇÕES DO LEITO DE GERMINAÇÃO

A. A folhada e manta morta não favorecem o estabelecimento de novas plantas na maioria dos climas, devido a limitações de humidade durante as épocas mais secas.

B. Para muitas espécies, um bom leito de germinação e desenvolvimento é criado por fogos severos que removem grande parte da manta morta.

1. O regime de humidade no solo mineral exposto é mais favorável.
2. A disponibilidade de nutrientes é elevada nas cinzas.
3. A competição com plantas com capacidade vegetativa é reduzida.
4. Maior quantidade de luz.
5. Há eliminação de compostos orgânicos da manta morta que inibem a germinação.

C. Em locais quentes, secos, expostos, a germinação e estabelecimento de plântulas pode ser mais rápida se algum material orgânico permanece.

D. O estabelecimento de algumas espécies não é imediato, requerendo que outras espécies se instalem primeiro e forneçam sombra para as etapas iniciais de desenvolvimento.

E. O fogo não favorece o estabelecimento de certas espécies, como sejam as que exigem sombra, um substrato orgânico, ou com requisitos elevados de água.

II. GERMINAÇÃO DE SEMENTES INDUZIDA PELO FOGO

A. O calor do fogo derrete ou rompe o revestimento de certas sementes e induz a respectiva germinação.

B. As sementes de certas espécies que requeiram calor seco para a germinação,

.....

são mortas por temperaturas mais baixas se o seu teor de humidade for elevado, ao invés de receberem um estímulo para germinarem.

C. A lixiviação de compostos químicos de materiais chamuscados pode estimular a germinação.

D. A remoção de vegetação e conseqüente aumento da exposição à luz solar pode favorecer a germinação.

III. GESTÃO DA REPRODUÇÃO POR SEMENTES PÓS-FOGO

A. Conhecer a ecologia de germinação das espécies em questão.

B. É importante a dimensão da área de queima em relação à distância que as sementes oriundas de áreas adjacentes podem percorrer.

C. Através do momento da queima em relação à presença ou libertação de sementes de espécies desejadas ou indesejadas.

D. Queimar um local antes que as espécies alvo atinjam a idade de produção de sementes.

E. Queimas de manutenção para impedir a reinvasão.

F. Controlar o aquecimento do solo e o estímulo ou morte das sementes enterradas.

G. Originar uma quantidade específica de solo mineral exposto.

H. Controlar a altura de copa dessecada e o consumo de copas, influenciando a quantidade de sementes libertadas pelas pinhas ou o número de sementes mortas na copa.

I. Impedir o pastoreio até que as sementes se reestabeleçam.

C6. RECUPERAÇÃO PÓS-FOGO E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

I. RESERVAS DE HIDRATOS DE CARBONO E CRESCIMENTO VEGETAL

A. A remoção da parte aérea das plantas faz com que as reservas de hidratos de carbono sejam usadas para o início do novo crescimento, diminuindo a energia armazenada.

B. O maior impacte da queima ocorre para a maioria das espécies durante a época (Primavera) em que o armazenamento de hidratos de carbono é mínimo.

C. Em outras espécies o impacte é maior se o fogo ocorrer no final da estação de crescimento.

D. Se o momento de ocorrência do fogo for desfavorável, o crescimento pós-fogo, a resistência às condições de Inverno e a produtividade subsequente serão afectados negativamente.

E. As considerações anteriores não são aplicáveis a espécies arbustivas cujo armazenamento subterrâneo de hidratos de carbono seja elevado.

F. Considerações importantes do ponto de vista da gestão.

1. Conhecer a relação entre a etapa de crescimento e o ciclo de hidratos de carbono.

2. Avaliar cuidadosamente a gestão pré e pós-fogo, que é crítica se houver pastoreio intensivo na unidade de gestão.

3. Considerar cuidadosamente a dimensão da área de queima se não se puder controlar a utilização por herbívoros. Áreas demasiadamente pequenas podem concentrar a pressão de pastoreio em detrimento da recuperação vegetal pós-fogo.

II. COMPETIÇÃO PÓS-FOGO

A. O fogo afecta a competição entre plantas porque modifica o número de plantas, as condições do local e por vezes induz uma situação em que um

elevado número de plantas se tenta estabelecer por germinação de sementes.

B. Como influenciar o potencial de competição após uma queima.

1. Controlar a sobrevivência das plantas através da prescrição para a intensidade e severidade do fogo.
2. Controlar a rebentação pós-fogo através do controlo do dano nas estruturas reprodutivas.
3. Induzir ou inibir a germinação de sementes na manta morta e solo, regulando a exposição ao calor.
4. Controlar a exposição do solo mineral.
5. Semear plantas após a queima.

III. EFEITOS DO FOGO NA PRODUTIVIDADE VEGETAL

A. O fogo pode ter um impacte significativo na produtividade posterior.

1. Diminuições causadas por mortalidade, diminuição da área basal do sub-bosque, alterações da composição florística e redução da fertilidade do solo.
2. Aumentos causados por maior número de plantas, reprodução vegetativa, estabelecimento de sementes, melhoria na disponibilidade de nutrientes, aumento da temperatura do solo, remoção de plantas (favorecendo os regimes de humidade e nutrientes).
3. As alterações na produtividade podem ser significativamente alteradas pela condições meteorológicas subsequentes ao fogo.
4. A duração das modificações na produtividade dependem do ecossistema e grau de mudança induzido pelo fogo.
 - a. Os aumentos imediatos da produtividade são mais prováveis se a regeneração vegetativa for importante.
 - b. A produtividade inicial das plantas originadas por semente são usualmente menores.
5. A produtividade local pode não mudar, antes transitar entre as classes de plantas existentes.

B. A produção de frutos e sementes pode ser significativamente beneficiada pelo fogo.

C. Aumentos na qualidade nutritiva das plantas e na disponibilidade de flores e frutos explica a atracção da fauna por áreas recentemente ardidadas.

D. Como afectar a produtividade pós-fogo.

1. Para remover a reprodução que compete com as árvores, queimar com um comprimento de chama suficientemente grande para matar o sub-bosque mas suficientemente curta para minimizar o dano no estrato arbóreo.

2. Para aumentar a produtividade da forragem de uma comunidade capaz de se regenerar vegetativamente, queimar com uma severidade reduzida a moderada que promova a rebentação e minimize a mortalidade.

3. Notar que a produção de sementes e frutos aumentará mais depressa em espécies com capacidade vegetativa do que naquelas que se estabelecem por via seminal.

4. Se é provável a estimulação da germinação de sementes armazenadas na manta morta e solo aprender em que épocas do ano e com que severidades do fogo se alcançam os estímulos mínimo e máximo.

5. Impedir o pastoreio durante algum tempo após a queima.

6. Queimar áreas suficientemente grandes para que as plantas não sejam "massacradas" pelo pressão dos herbívoros.

C7. COMO GERIR OS IMPACTES DO FOGO NA VEGETAÇÃO E SOLO COM BASE EM PRINCÍPIOS ECOLÓGICOS

I. CONHECER AS CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES DE PLANTAS COM INTERESSE

A. Os tecidos vegetais variam na sua sensibilidade ao calor do fogo, dependendo da sua localização em relação à zona de combustão, propriedades de isolamento e taxa de crescimento.

B. Capacidade das plantas para recuperarem depois do fogo

1. A recuperação pode-se processar a partir de gomos dormentes ou novos.
2. As plantas podem-se auto-substituir vegetativamente, ou produzir novas plantas por rebentação de rizomas ou raízes localizadas a alguma distância da planta parental.
3. A recuperação vegetativa é afectada por factores fisiológicos internos que podem variar sazonalmente.
4. A idade da planta pode influenciar a capacidade de rebentação e/ou produção de semente.

C. As espécies que são frequentemente mortas pelo fogo usualmente dispõem de sementes para re-colonização rápida de uma área queimada.

1. Armazenadas no local e de germinação estimulada pelo fogo.
2. Transportadas para o local pelo vento ou animais, sendo o seu estabelecimento favorecido pela existência de solo mineral exposto.

D. O estabelecimento e produtividade das plantas que surgem inicialmente após o fogo é significativamente afectado por factores externos à planta.

1. Condições meteorológicas subsequentes ao fogo, especialmente temperatura e precipitação.
2. Uso animal após o fogo.
3. Competição entre plantas.

III. AVALIAR O COMBUSTÍVEL EXISTENTE E O SEU POTENCIAL DE LIBERTAÇÃO DE CALOR ACIMA E ABAIXO DA SUPERFÍCIE

A. Características do combustível

1. Nas plantas individuais: proporção de material morto, presença de compostos inflamáveis.
 2. Globalmente: quantidade por classe de tamanho e tipo de combustível (folhada, manta morta inferior, material lenhoso, vegetação arbustiva e herbácea).
-

B. Perspectivar a variação possível de intensidade e severidade do fogo possíveis num local para uma situação particular de combustível.

IV. CONSIDERAR A INTERACÇÃO ENTRE DIFERENTES INTENSIDADES E SEVERIDADES DE QUEIMA COM A SOBREVIVÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO DAS PLANTAS NO LOCAL

A. Que tipo de componentes reprodutivos têm as plantas, a que profundidade se encontram, e de que profundidade se originam os rebentos?

B. As novas plantas são rebentos ou plântulas originadas de semente?

C. Em que tipo de leito surgem as plântulas?

D. Há grandes diferenças entre a composição de espécies pós-fogo em locais queimados em épocas diferentes, ou com severidades notavelmente diferentes?

E. Como é que as respostas das espécies de interesse se relacionam com o dano causado a plantas individuais pelo fogo?

V. AO PLANEAR UM FOGO CONTROLADO

A. Considerar que tipo de fogo é necessário para alcançar os objectivos do tratamento, por exemplo:

1. Qual a dimensão da chama necessária para matar espécies indesejáveis do sub-bosque mas que preserve as árvores?

2. É necessário um fogo de baixa severidade para maximizar a rebentação pós-fogo?

3. É necessário um fogo de severidade moderada para consumir parte do horizonte orgânico?

B. Pensar no efeito que as condições pós-fogo e o uso por animais podem exercer sobre a resposta da vegetação.

C. Consultar a informação específica existente sobre efeitos e ecologia do fogo.

.....

D. Não esquecer que o efeito do fogo na vegetação se relaciona estreitamente com o efeito do fogo no solo.

VI. GERIR OS IMPACTES DO FOGO NO SOLO

A. Conhecer a textura do solo na área de queima.

B. Conhecer o grau de fertilidade do solo.

1. Modificações na acidez terão um efeito significativo na disponibilidade de nutrientes?

2. Os nutrientes-chave são limitados pelas características do solo ou pelas práticas de gestão anteriores?

3. É provável o estabelecimento de plantas fixadoras de azoto?

C. Prescrever humidades do combustível e manta morta inferior que regulem a quantidade de calor que penetra no solo.

D. Regular o consumo de manta morta e combustível, e portanto a libertação de nutrientes.

E. Deixar manta morta e combustível lenhoso residuais, de forma a manter as micorrizas e os organismos fixadores de azoto.

F. Escolher a época de queima com base na recuperação vegetativa e ocorrência de precipitação de forma a reduzir o potencial de erosão.

VII. OS EFEITOS DO FOGO NÃO SÃO UM MISTÉRIO NEM OCORREM DE FORMA ALEATÓRIA

A. Compreendendo os princípios básicos que determinam como as plantas são afectadas pelo fogo, e os factores que controlam a resposta ao fogo, é possível explicar a variação possível nos efeitos do fogo.

B. Se as razões para a variação da resposta da vegetação forem compreendidas, então é possível predizer que efeitos ocorrerão após a queima de uma

comunidade florística específica sob condições ambientais específicas numa determinada época do ano.

C. É muito importante documentar as condições de queima e efectuar observações, nem que sejam qualitativas, acerca das condições pós-fogo e das situações que podem influenciar a vegetação.

1. Ajudarão a interpretar a variação observada.
2. Ajudarão a melhorar a capacidade de gestão de uma operação de queima.

D. A gestão dos efeitos do fogo é um esforço interdisciplinar, requerendo conhecimento e capacidade em áreas diversas.

C8. IMPACTES NO AR

I. OBJECTIVOS BÁSICOS DA GESTÃO DO FUMO

- A. Identificar e evitar áreas sensíveis ao fumo.
- B. Reduzir as emissões.
- C. Dispersar e diluir o fumo antes que alcance áreas sensíveis.

II. MINIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E IMPACTE DO FUMO

- A. Queimar quando as condições atmosféricas são favoráveis à dispersão rápida do fumo. A atmosfera deverá estar neutra ou suficientemente instável para que o fumo ascenda e se dissipe. A direcção do vento deverá propiciar o transporte do fumo para longe de áreas habitadas e estradas.
- B. É mais provável encontrar condições atmosféricas favoráveis à dispersão do fumo durante o meio do dia. Ser cauteloso ao queimar de noite, quando a combustão sem chama aumenta de importância, a predição da direcção do fumo é mais difícil, e a possibilidade do fumo permanecer à superfície é maior.

.....

C. Evitar queimar na presença de inversões térmicas. O fumo tenderá a permanecer junto à superfície e dispersar-se-á com muita dificuldade.

D. Queimar com nuvens altas, que podem "capturar" até 50% das partículas existentes no fumo. Apenas aplicável a queimas que originem uma coluna de convecção bem desenvolvida.

E. Conduzir o fogo (e executá-lo em condições de humidade do combustível) que minimizem o consumo de combustível durante a fase de combustão sem chama.

F. Queimas marginais, quando a humidade do combustível morto superficial for demasiado elevada ou a humidade da manta morta inferior for demasiado baixa, originarão maiores volumes de fumo.

G. Evitar queimar com humidades relativas do ar muito elevadas, que propiciam a diminuição da visibilidade quando as partículas de fumo se combinam com o vapor de água. Havendo compatibilidade com o comportamento do fogo pretendido, queimar de preferência quando a humidade relativa do ar for inferior a 70%.

H. Conduzir o fogo contra o vento sempre que possível. A eficiência da combustão e a fracção de combustível consumida com chama serão comparativamente maiores, e a produção de fumo por unidade de volume diminuirá. A concentração de partículas é mínima em fogos contra o vento de intensidade superior a 200 kW/m (corresponde aproximadamente a chamas com 1,2 metros de comprimento).

I. Ao construir as linhas de contenção evitar misturar solo ou húmus com o combustível no interior da unidade de queima.

J. Se as condições de queima exigirem rescaldo, efectué-lo o mais rapidamente possível.

K. Queimar blocos pequenos ou calendarizar a queima de blocos maiores para quando as condições de dispersão forem óptimas. Quanto maior o comprimento da frente de propagação do fogo maior será a concentração de fumo. Em

geral, a visibilidade não é afectada significativamente por queimas com frentes com 500 metros ou menos.

L. Expandir a época de queima, de forma a distribuir o impacte do fumo no tempo.

M. Ciclos de queima curtos diminuem a produção de fumo, porque a quantidade de manta morta inferior é menor (e, conseqüentemente, o período de combustão sem chama é inferior), e porque há uma maior diferenciação entre o combustível e o solo.

Unidade D - IMPLEMENTAÇÃO OPERACIONAL DO FOGO CONTROLADO

Objectivos

1. Compreender o processo de planeamento estratégico e operacional do fogo controlado
2. Conhecer o conteúdo e saber elaborar um plano de queima
3. Conhecer o conteúdo e saber desenvolver uma prescrição
4. Familiarização com as questões operacionais da preparação e execução de uma queima. Conhecer e saber aplicar as técnicas de ignição e condução do fogo
5. Entender o processo de avaliação e monitorização da queima

D1. PLANEAMENTO

I. OBJECTIVOS DO PLANEAMENTO

A. O planeamento do fogo controlado é fundamental:

1. para que a execução da queima decorra com segurança;
2. os parâmetros da prescrição sejam respeitados;
3. para minimizar eventuais problemas;
4. para que se alcancem os objectivos de gestão dos recursos e os objectivos específicos do tratamento;
5. para que a queima obedeça aos princípios operacionais estabelecidos;
6. para que a queima verifique os requisitos legais de planeamento.

B. Para que o fogo controlado tenha êxito, o seu planeamento deve ser baseado em:

1. objectivos de gestão dos recursos e do território, e objectivos específicos de tratamento para a unidade de gestão;
2. características físicas e biológicas do local;

2. relações existentes entre os factores ambientais, o comportamento do fogo e os impactes do fogo;
3. o estado da arte no uso do fogo;
4. experiência prévia relativa a tratamentos similares em locais similares;
5. comunicação com as entidades (privadas ou governamentais) interessadas / afectadas.

II. PLANEAMENTO ESTRATÉGICO

A. Identificar as áreas prioritárias para tratamento, e seleccionar aquelas que serão tratadas, bastante antes da época da queima. Adicionar 25% à área a tratar, a fim de poder efectuar substituições ou para aproveitar a ocorrência de condições meteorológicas favoráveis. Não esquecer que a variação interanual do número de dias em que é possível queimar é bastante grande.

B. Dar prioridade às queimas que exijam condições meteorológicas mais exactas.

C. Cartografar as áreas a tratar num mapa e registar no mapa a data em que cada parcela foi tratada.

D. Idealmente, o tipo e quantidade de combustível e as condições topográficas devem ser similares dentro de um bloco individual de queima.

E. As dimensões do bloco (unidade, parcela) de queima estabelecem-se de acordo com:

1. objectivo de gestão;
2. topografia;
3. obedecer à necessidade de completar o tratamento num dia útil;
4. metas planeadas (anuais) de área a tratar;
5. localização de linhas de contenção pré-existentes;
6. método de ignição;
7. custos: são inversamente proporcionais à área da queima e são proibitivos em parcelas muito pequenas (< 0,5 ha).

III. PLANEAMENTO DAS OPERAÇÕES DE QUEIMA INDIVIDUAIS

A. O PLANO DE FOGO CONTROLADO

Cada bloco individual de tratamento requer a preparação de um plano de queima, recorrendo a uma ficha padrão pré-existente.

B. ELEMENTOS CRÍTICOS DE UM PLANO DE FOGO CONTROLADO

Os seguintes elementos chave devem ser considerados num plano de queima:

1. definir objectivos mensuráveis;
2. quantificar o intervalo aceitável de condições de queima (prescrição);
3. obedecer à legislação e restrições existentes;
4. plano operacional;
5. processo de monitorização e documentação.

C. CONTEÚDO DE UM PLANO DE FOGO CONTROLADO

1. Descrição da unidade de queima. Características físicas e biológicas da unidade de queima, incluindo a localização, dimensão, declive, exposição e tipo de vegetação.
2. Características do combustível. Altura e coberto da vegetação do sub-bosque, espessura da folhada.
3. Mapa da unidade de queima. Limites da área de tratamento, barreiras existentes, linhas de defesa construídas, padrão de ignição, áreas de preocupação especial, estradas internas e externas (indicar caminhos sem saída e aqueles de trânsito difícil).
4. Objectivos do tratamento. Definidos claramente, de preferência mensuráveis. Por exemplo, remover 70% da quantidade de combustível superficial.
5. Organização. Tipo e número de pessoal a utilizar.
6. Custos. Em pessoal e equipamento.
7. Prescrição da queima. Descrição dos intervalos aceitáveis de comportamento do fogo e das variáveis meteorológicas e de humidade do combustível. Utilizar

.....

a literatura disponível, trabalho prévio, informação colhida junto de especialistas e experiência própria. A versão informática do guia de queima permite o cálculo automático da prescrição.

8. Técnica e padrão de ignição e meios de contenção disponíveis. Identificar, se existentes, pontos sensíveis que requeiram protecção mais intensiva.

9. Notificação. Listar indivíduos e entidades a informar acerca da execução da queima.

10. Procedimentos de monitorização e avaliação a adoptar e documentação da queima. Identificar as variáveis a monitorizar durante e depois da queima. Elementos meteorológicos, do comportamento do fogo, a descrição operacional, a avaliação genérica da satisfação dos objectivos e os custos devem ser documentados.

D. A PRESCRIÇÃO

1. A prescrição é o conjunto de intervalos de condições ambientais (vento, temperatura, humidade do combustível ...) que darão origem a um fogo cujas características e comportamento satisfarão os objectivos do tratamento.

2. Etapas de desenvolvimento de uma prescrição

a. Recolher informação acerca da área de tratamento.

b. Identificar os objectivos específicos da queima.

c. Definição clara das restrições à operação de queima.

d. Utilizar relações qualitativas para identificação do conjunto de condições que satisfaçam b) e c) em simultâneo.

3. Os conflitos entre objectivos distintos ou entre os objectivos e as restrições devem ser resolvidos antes de definir a prescrição.

4. A prescrição deverá ser o mais simples possível e suficientemente generalista para que surjam várias oportunidades de a aplicar durante a época de queima, mas suficientemente específica para que se obtenham os resultados propostos.

5. Se alguns dos parâmetros da prescrição se situam num dos extremos do

intervalo, então outros parâmetros dever-se-ão situar no extremo oposto para contrabalançar.

6. Parâmetros de prescrição a considerar:

- a. temperatura do ar;
- b. humidade relativa do ar;
- c. direcção e velocidade do vento;
- d. humidade do combustível morto e fino superficial;
- e. humidade da manta morta inferior;
- f. direcção de propagação do fogo (contra o vento, a favor do vento, de flanco);
- g. comprimento da chama ou intensidade frontal.

D2. PREPARAÇÃO DA OPERAÇÃO

I. UMA BOA PREPARAÇÃO É ESSENCIAL PARA O SUCESSO DA OPERAÇÃO

A. A preparação consiste nas etapas necessárias à ignição da parcela de tratamento e a ter prontas e operacionais as ferramentas e equipamentos. Uma preparação atempada permite a execução das queimas logo que as condições ambientais verifiquem a prescrição.

B. Decidir quanto à localização e natureza das linhas de controlo é uma das mais importantes decisões a tomar no que respeita à contenção do fogo. Esta decisão deve ser guiada pela compreensão dos factores que determinam o comportamento do fogo e pela experiência de campo prévia.

C. Localização e estabelecimento de linhas de controlo e segurança

1. Podem ser efectuadas com antecedência ou no próprio dia da queima.
2. Sempre que possível recorrer a barreiras pré-existentes, naturais (zonas húmidas e ribeirinhas, afloramentos rochosos, zonas agrícolas) ou artificiais (estradas, caminhos).

3. As linhas de contenção devem seguir as curvas de nível e ser o mais rectilíneas possível, sendo de evitar mudanças bruscas de direcção.
 4. A largura das linhas deverá tomar em consideração a prescrição, e as restrições existentes, nomeadamente ambientais, o perigo (combustível, topografia), grau de dificuldade da queima e os valores em causa. Idealmente, uma faixa de segurança deve ser efectiva na ausência do pessoal operacional. A linha deverá ser suficientemente larga para impedir a transmissão da chama para o exterior da parcela de queima e para prevenir a passagem de faúlhas ou materiais a arder (inclusivamente por rolamento).
 5. A colocação das linhas de contenção deve obedecer à dimensão da área a tratar durante um dia. Cartografar as faixas de defesa no mapa da unidade de tratamento.
 6. Não deixar sobre as linhas material combustível que possa propagar o fogo para fora da área de tratamento.
 7. Uma linha construída pode consistir numa faixa limpa até ao solo mineral, na eliminação da vegetação do sub-bosque, ou numa faixa húmida (usando água, espuma ou retardante).
 8. O maior cuidado e esforço de preparação de linhas surge aquando da primeira queima numa determinada área, em que a carga de combustível é elevada. As queimas posteriores serão progressivamente mais fáceis de aplicar.
- C. Quando o fogo é utilizado em situações com elevada acumulação de combustível, nomeadamente em povoamentos jovens antes do primeiro desbaste, é recomendável proceder a uma desrama e/ou desmatação mecânica (sem remoção do material) antes da queima para quebrar a continuidade vertical e compactar o complexo-combustível. Tal operação deve ser efectuada no próprio dia da queima ou nos dias que a antecedem, caso contrário será contraproducente.
- D. A preparação pode também incluir a protecção de árvores individuais mais sensíveis ou de especial valor (por exemplo, regeneração de folhosas)

E. O supervisor da operação deve inspeccionar a área a tratar antes de dar a ordem de ignição, e instruir o pessoal envolvido quanto às respectivas tarefas, assegurando que as regras de segurança serão observadas durante a operação. O supervisor deve também certificar-se de que os meios humanos e materiais disponíveis correspondem às necessidades operacionais.

D3. EXECUÇÃO DA OPERAÇÃO

I. EQUIPAMENTO E EQUIPA DE QUEIMA

A. Usualmente constituída por um supervisor e uma equipa de 3 a 6 homens equipados com ferramentas de ignição e controlo do fogo. Em queimas mais extensas em áreas de mato é desejável dispor de mais pessoas. Idealmente, e dependendo das características e dimensão da área a tratar, deverá haver disponibilidade de um carro com água e/ou um bulldozer, com os respectivos operadores. O supervisor deve ser experiente e ter conhecimento relativamente ao comportamento do fogo. Os membros deverão estar equipados com rádios, especialmente em queimas maiores. Dispor de duas viaturas para transporte da equipa.

B. O supervisor deverá ter a equipa pronta a actuar o mais cedo possível no dia. Não descurar o tempo necessário à vigilância das linhas de contenção e rescaldo. Planear as operações de forma a concluir o trabalho num dia útil. O supervisor deve certificar-se de que a equipa enverga as roupas e equipamento adequados. São essenciais roupas (Nomax) e botas (couro) resistentes ao fogo.

C. O supervisor deve-se abster de participar na ignição, especialmente quando existem elementos na equipa de queima com pouca experiência. Em queimas operacionalmente mais simples poderá participar na ignição, logo que não descure o seu papel de orientação geral das operações.

II. ANTES DE INICIAR A QUEIMA, NÃO ESQUECER

1. do plano de queima e mapa da unidade;
2. verificar se o equipamento está operacional;
3. verificar as condições meteorológicas (e estar alerta para eventuais mudanças durante a operação);
4. verificar as linhas de contenção;
5. notificar os proprietários de áreas adjacentes e as organizações locais de combate a incêndios;
6. verificar se há humidade suficiente na manta morta inferior;
7. efectuar um teste de queima, destinado a observar o comportamento do fogo e do fumo; é este o momento em que a queima deve ser cancelada se o supervisor não se sentir à vontade;
8. informar a equipa do ponto de início da queima e da sequência de ignição;
9. garantir que todos os membros da equipa são contactáveis durante a operação;
10. estar preparado para interromper a operação ou alterar o padrão de ignição se as condições ambientais o exigirem;
11. vigiar constantemente o perímetro da queima.

III. IGNIÇÃO E CONDUÇÃO DO FOGO

A. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Um determinado objectivo de queima pode ser conseguido através de diversas técnicas de ignição. A(s) técnica(s) escolhidas devem ser adequadas aos objectivos, e factores do combustível, topografia e meteorologia, de forma a prevenir a ocorrência de danos. A técnica mais indicada pode mudar consoante aqueles factores se alteram.
2. A condução do fogo condiciona a sua propagação em relação ao vento, respectivamente com o vento ("a favor"), contra o vento ("contra"), ou

perpendicularmente ao vento ("de flanco").

3. O resultado desejado é frequentemente atingido através da combinação de duas técnicas, especialmente quando a variabilidade ambiental é maior. É fundamental dominar as seguintes noções:

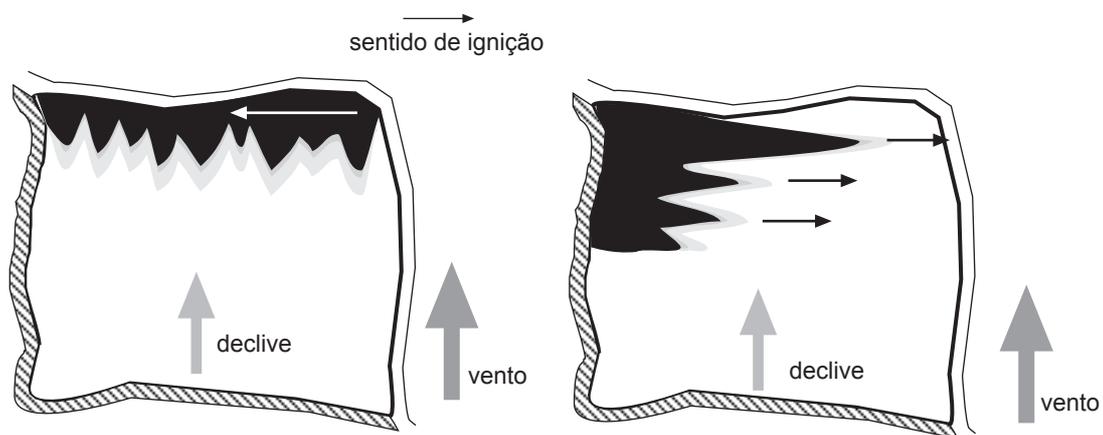
- a. A intensidade de uma linha de fogo maior é sempre superior à de uma linha de fogo mais estreita, e a intensidade dum ponto de ignição é sempre menor do que a de uma linha de ignição;
 - b. Quando duas linhas de fogo convergem a intensidade aumenta dramaticamente, pelo que o padrão de ignição deve procurar minimizar a interacção entre as diferentes linhas de fogo;
 - c. O fogo "a favor" é consideravelmente mais intenso que o fogo "contra": o primeiro tem chama mais comprida, uma zona de combustão mais larga e desloca-se com maior rapidez. O consumo de combustível da manta morta tende a ser superior na porção "contra" do fogo.
4. Factores de decisão quanto à selecção da técnica de condução do fogo
- a. Velocidade e direcção do vento;
 - b. Declive;
 - c. Dimensão da área de tratamento;
 - d. Acessibilidade do interior do bloco ao pessoal;
 - e. Carga de combustível.

B. TÉCNICAS DE IGNIÇÃO E CONDUÇÃO DO FOGO

1. Fogo descendente contra o vento. Os objectivos desta técnica são a minimização da intensidade do fogo, aumentar a facilidade de contenção, minimizar o dano na copa das árvores e maximizar a proporção de combustível consumido. Reduzida velocidade de tratamento e uso limitado pela existência de combustíveis horizontalmente contínuos são as principais desvantagens desta técnica

2. Fogo por linhas sucessivas. Trata-se de um método útil em condições de

propagação mais marginais, incluindo a não sustentabilidade de um fogo "contra". A intensidade do fogo é controlável pelo espaçamento entre as linhas de ignição. A ignição por linhas simultâneas é adequada ao tratamento de áreas desarborizadas, uma vez que gera uma libertação de energia consideravelmente maior.

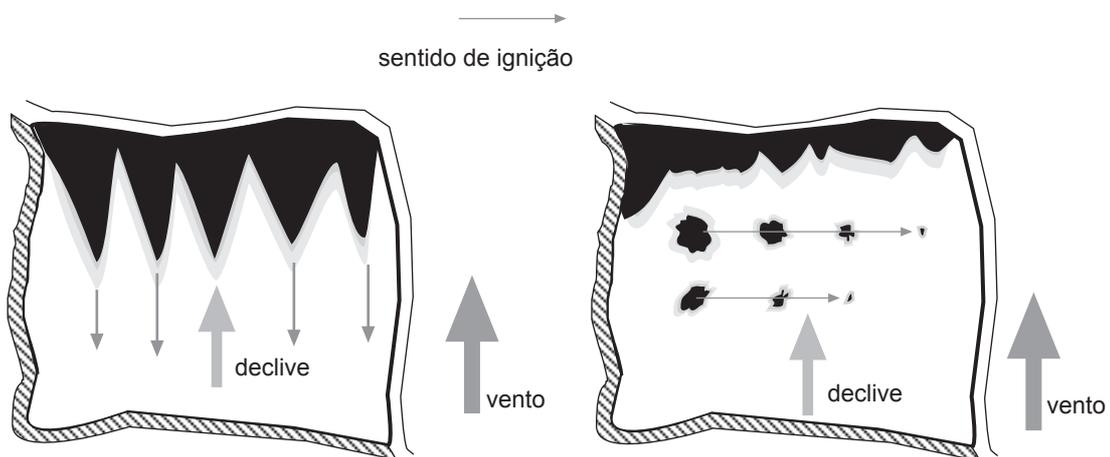


1. Fogo descendente contra o vento

2. Fogo por linhas sucessivas

3. Fogo de flanco ou "Chevron". Ignição em linhas paralelas, na direcção do vento ou declive. Origina queimas de intensidade intermédia entre 1. e 2., mas requer um grau de perícia superior

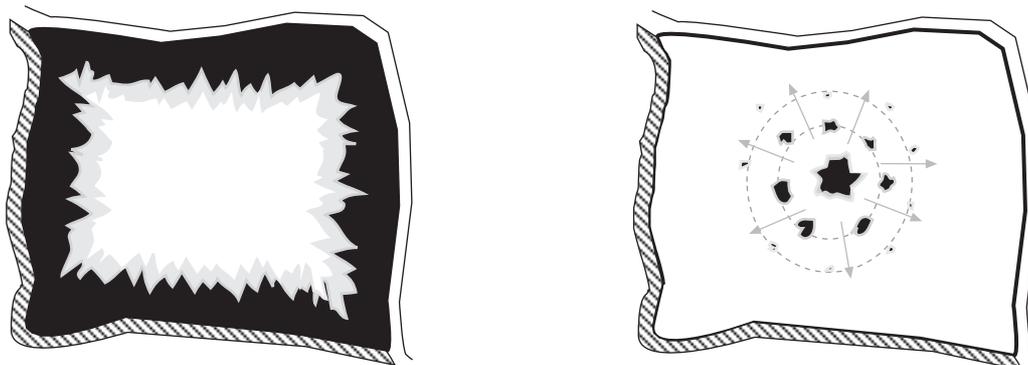
4. Fogo por pontos ("grelha") de ignição, espaçados de acordo com as condições ambientais prevaletentes de forma a limitar a intensidade do fogo. Este método não é adequado a terreno declivoso



3. Fogo de flanco ou "Chevron"

4. Fogo por pontos ("grelha") de ignição

5. Fogo de convecção, estabelecido ao longo de um perímetro ou a partir de um anel ou ponto de ignição. Adequado ao tratamento de áreas desarborizadas, para ignição rápida e boa dispersão do fumo, sendo de evitar os declives pronunciados e os ventos fortes.



5. Fogo de convecção

C. O FACTOR PACIÊNCIA E A ESTRATÉGIA DE IGNIÇÃO

1. Nunca iniciar uma queima fora da janela de prescrição.
2. Ao usar linhas sucessivas de ignição nunca iniciar uma linha sem que a anterior esteja extinta.
3. Evitar distâncias demasiado grandes entre linhas de ignição.
4. O manuseamento do pinga-lume deve ser exacto: evitar excessos de entusiasmo, levar em conta o comportamento do fogo observado aquando da ignição da linha anterior a fim de melhorar e ajustar o procedimento.
5. Observar continuamente a dimensão das chamas, constitui o melhor indicador do espaçamento entre linhas adequado e da velocidade de ignição.
6. Evitar a tentação de aumentar a velocidade de tratamento sobre-dimensionando a equipa de queima.

D. O MOMENTO DA IGNIÇÃO

1. A hora do dia a que se inicia um fogo controlado tem um impacte importante no seu comportamento. Uma ignição durante as primeiras horas do dia, quando os combustíveis estão a secar, implica que o fogo se intensificará à medida que a humidade do combustível diminui e a velocidade do vento

.....

aumenta de acordo com os seus ciclos diários. O não reconhecimento destes padrões pode dar origem a problemas de segurança.

2. Iniciar um fogo por volta do meio dia significa que o padrão de comportamento do fogo tenderá a decrescer ao longo do dia, o que permite efectuar a queima com mais segurança.

3. Iniciar um fogo ao fim da tarde ou início da noite é apropriado quando em condições de maior secura do combustível.

4. É normal que a humidade relativa do ar durante a época de fogo prescrito se aproxime ou atinja 100% durante a noite. Estas situações usualmente inibem a propagação do fogo durante as primeiras horas do dia, a não ser em topografias e povoamentos mais expostos à radiação solar.

IV. PARA MELHORAR A OPERACIONALIDADE DE UMA QUEIMA, ANALISAR

- ▽ a técnica de ignição
- ▽ o uso do equipamento
- ▽ a organização da queima
- ▽ a segurança
- ▽ a coordenação e as comunicações
- ▽ a prescrição
- ▽ a monitorização e a documentação

V. MODIFICAR OU SUSPENDER A QUEIMA DE ACORDO COM

- ▲ mudança do tempo atmosférico
- ▲ nível de comportamento do fogo ameaça a segurança da equipa
- ▲ os resultados pretendidos não estão a ser obtidos
- ▲ risco de obtenção de impactes inaceitáveis
- ▲ pessoal insuficiente
- ▲ avaria ou perda de material
- ▲ escape do fogo

D4. AVALIAÇÃO E MONITORIZAÇÃO

I. O OBJECTIVO DA AVALIAÇÃO CONSISTE EM DETERMINAR ATÉ QUE PONTO FORAM ALCANÇADOS OS OBJECTIVOS DO TRATAMENTO, E NA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA USO FUTURO

A. Durante e depois da queima as seguintes questões devem ser colocadas

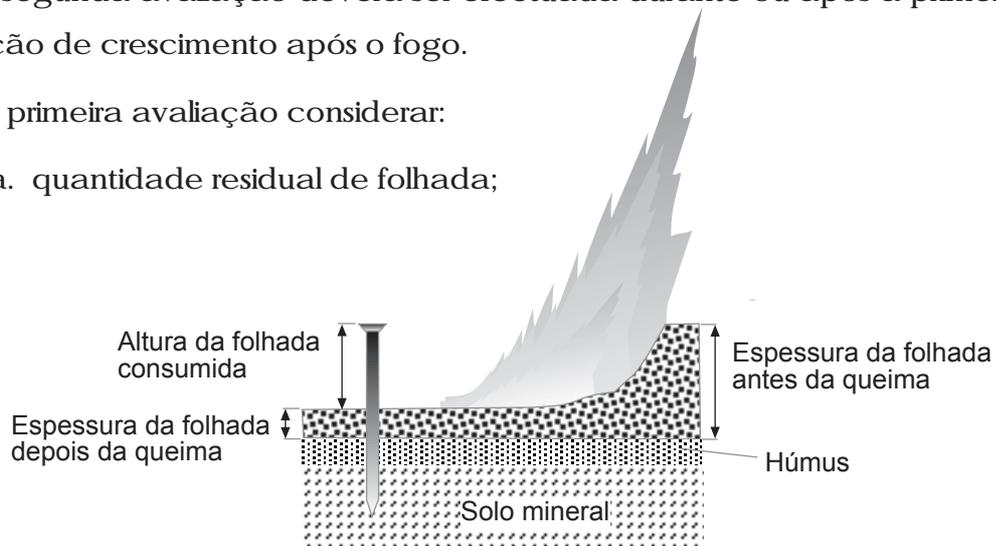
1. a preparação foi satisfatória?
2. os objectivos foram alcançados?
3. o plano de queima foi respeitado?
4. as alterações ao plano de queima foram registadas?
5. a prescrição foi respeitada?
6. quais os efeitos nos componentes do ecossistema?
7. o fogo manteve-se confinado à área pré-designada?
8. utilizou-se a técnica de queima mais correcta?
9. os benefícios obtidos justificaram os custos?
10. como melhorar queimas similares?

B. Calendarização e tópicos a avaliar

1. Uma avaliação inicial deve ser conduzida imediatamente após a queima. Uma segunda avaliação deverá ser efectuada durante ou após a primeira estação de crescimento após o fogo.

2. Na primeira avaliação considerar:

- a. quantidade residual de folhada;



b. grau de consumo do sub-bosque;

95%	Apenas resta os esqueletos dos arbustos	
90%	Permanecem os caules, sem folhas nos raminhos	
80%	Nos raminhos finos permanecem algumas folhas carbonizadas	
70%	Ficam bastantes folhas enegrecidas	
60%	Permanecem batantes folhas, com uma tonalidade castanha	
45%	Ficam folhas com tonalidade castanha e amarelada	

c. volume de copa afectada (descolorida);

d. dispersão do fumo;

e. problemas de segurança e contenção observados;

f. reacções ou comentários negativos antes, durante ou imediatamente após o fogo.

3. Na segunda avaliação considerar:

a. exsudação de resina dos pinheiros, que indicia dano no câmbio ou ataque por insectos;

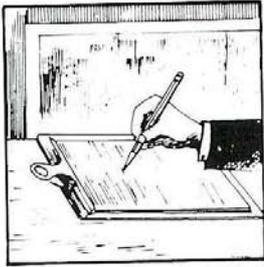
b. outros sinais de ataque por escolitídeos;

c. mortalidade arbórea;



-
- d. vigor de rebentação de vegetação não desejada;
 - e. manta morta residual, exposição de solo mineral e movimentos de solo;
 - f. expressão pública contra ou a favor do programa de queima.

CINCO PASSOS PARA UM FOGO CONTROLADO COM SUCESSO



ANÁLISE



PRESCRIÇÃO



PREPARAÇÃO



EXECUÇÃO



AVALIAÇÃO

adaptado de: "A guide for prescribed fire in Southern forests"

GUIA DE
FOGO CONTROLADO
EM MATOS

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Departamento Florestal

1. INTRODUÇÃO

O objectivo principal do conjunto de regras de aplicação e tabelas que constituem este manual é responder à questão “quando e como queimar áreas de matos de forma a manter o fogo controlável e minimizar os seus efeitos indesejáveis?”. O manual não pretende substituir a experiência, mas espera-se que a sua utilização resulte num melhor planeamento das queimas a aumente a probabilidade de alcançar os objectivos. Conduzir com êxito um fogo prescrito é tanto arte como ciência, pelo que forçosamente resultará sempre de uma combinação entre a prática e o conhecimento técnico e teórico.

2. A PRESCRIÇÃO

A prescrição define as condições às quais a execução de uma queima deve obedecer para que os seus objectivos sejam alcançados. Uma prescrição deve ser definida em função do comportamento do fogo. Consequentemente, as condições ambientais devem ser tais que originem um fogo aceitável em termos de controlo e de efeitos. Uma prescrição deve ser:

- flexível, para que possa haver modificações em caso de alteração das condições meteorológicas;
- razoavelmente ampla, permitindo várias oportunidades de execução durante uma época de queima, mas suficientemente específica para que se cumpram os objectivos propostos.

O uso do fogo em matos não deve, em geral, superar os valores máximos de velocidade de propagação e comprimento de chama que 2.1. indica. Os intervalos de condições meteorológicas que constam do mesmo quadro são geralmente adequados para cumprir o objectivo de redução da carga de combustível, mas há que ter em conta o seguinte:

- Não há em 2.1. correspondência directa entre os intervalos de comportamento do fogo e os intervalos de condições ambientais, uma vez que o comportamento do fogo depende de uma interacção

complexa entre diversos factores.

- Os parâmetros de comportamento do fogo são para terreno plano (declive inferior a 5%) ou suavemente ondulado, vegetação com 1 metro de altura e condução do fogo a favor do vento. Tal significa que as condições meteorológicas de execução que constam de 2.1. são apenas indicativas e podem ser compensadas por factores topográficos, do combustível e da técnica de condução do fogo que mantenham o comportamento do fogo dentro da prescrição.
- Se alguns dos parâmetros estiverem próximos do limite superior do intervalo recomendado, então outros deverão estar no limite inferior. Por exemplo, ventos mais fortes não deverão ser combinados com humidades do combustível mais baixas.

A periodicidade, época e dimensão das queimas são também elementos de um regime de aplicação do fogo.

Quadro 2.1. Prescrição genérica para o uso do fogo em matos

Elementos da prescrição	Ótimo	Mínimo	Máximo
Condições meteorológicas			
Nº de dias sem chuva	3 - 7	1	-
Temperatura, °C	8 - 20	5	25
Humidade relativa, %	30 - 70	20	85
Humidade do combustível	12 - 20	10	30
Velocidade do vento, km/h	5 - 15	1	20
Comportamento do fogo ¹			
Veloc. propagação, m/min	1,5 - 4,5	< 1,5 *	7,5
Comprimento da chama, m	1 - 4	< 1 *	5,5

¹ A favor do vento. Fogos conduzidos contra o vento terão intensidades bastante mais baixas (aproximadamente reduzidas em 9/10 para a velocidade de propagação e em 1/2 para o comprimento da chama) pelo que se poderão superar (ver 4.4) os limites máximos das condições de execução.

* A possibilidade de extinção do fogo é elevada.

No que respeita à periodicidade, e estritamente do ponto de vista da prevenção de incêndios, intervalos de 4 a 6 anos entre cada aplicação do fogo são os mais indicados. Em zonas mais importantes pela sua função (aceiros e zonas limítrofes) ou localização estratégica, a frequência poderá aumentar para 3 anos, enquanto que em áreas menos produtivas de solos mais esqueléticos poderá ser alargada até 8 anos.

Os meses de Novembro a meados de Março constituem a época mais apropriada para a prática do fogo controlado, podendo no entanto ser iniciada em Outubro (logo que tenha ocorrido uma quantidade razoável de precipitação) e terminada em Maio. De um modo geral, e dependendo do objectivo de gestão, o fogo pode ser usado sempre que se verifiquem condições incluídas dentro do intervalo previamente definido por uma prescrição.

As queimas não deverão ocupar áreas contínuas muito extensas e a sua dimensão deve ser tal que permita completar a operação num só dia. O importante é conferir heterogeneidade à paisagem, através do estabelecimento progressivo de um mosaico de manchas de vegetação com idades diversificadas. Blocos individuais de 10 a 50 hectares são os mais indicados. Em zonas à priori mais compartimentadas, utilizadas por gado doméstico, ou ecologicamente importantes, a área por queima deverá ser reduzida a 1-10 hectares.

O declive constitui um factor que limita a aplicação do fogo. Terrenos cuja inclinação ultrapasse 40 por cento são sensíveis à erosão, devendo o uso do fogo ser bastante condicionado quando o declive ultrapassar 60 por cento.

3. PREDIÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FOGO

Esta secção é constituída por uma sequência de tabelas cujo objectivo consiste em avaliar o comportamento do fogo previamente à queima, para desenvolvimento de uma prescrição específica ou para verificação da prescrição do Quadro 2.1.

3.1. CARGA DE COMBUSTÍVEL

A quantidade ou carga de combustível (t/ha) constitui o primeiro elemento que é importante avaliar para estimar o potencial comportamento do fogo, uma vez que é proporcional à libertação de energia e intensidade do fogo. A cartografia da combustibilidade é também necessária aquando da elaboração de um plano de queimas para uma determinada área, pois permite identificar as áreas críticas sob as quais devem incidir as medidas de prevenção mais urgentes.

Mais do que a carga de combustível total, é importante conhecer a carga de combustível fino (com menos de 6 mm de diâmetro), pelo seu papel determinante na propagação da frente de um incêndio. A relevância das acções de gestão do combustível classifica-se de acordo com a carga de combustível fino:

<9 t/ha	Carga reduzida, não se justifica uma intervenção
9 - 12 t/ha	Carga moderada, é recomendável intervir
13 - 17 t/ha	Carga elevada, situações prioritárias
> 17 t/ha	Carga muito elevada, situações críticas

A estimativa da quantidade de combustível fino segue os seguintes passos:

- 1) Determinar a carga de combustível total com base na altura média da vegetação e sua percentagem de cobertura do solo (3.1.1.).
- 2) Determinar a carga básica de combustível fino em função da carga de combustível total (3.1.2.).
- 3) Determinar a carga de combustível fino para o tipo de vegetação em causa, multiplicando o valor obtido em 2) pelo factor de correcção apropriado (3.1.3.).

Quadro 3.1.1 Carga de combustível total (t/ha)

Altura, m	Cobertura do solo, %										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0,2	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6
0,3	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9
0,4	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
0,5	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15
0,6	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	17
0,7	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20
0,8	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23
0,9	13	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25
1,0	15	16	17	19	20	21	23	24	25	27	28
1,2	17	19	21	22	24	25	27	28	30	31	33
1,4	20	22	24	25	27	29	31	33	34	36	38
1,6	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43
1,8	25	28	30	32	34	37	39	41	43	45	48
2,0	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	52
2,5	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64
3,0	40	44	48	51	55	58	62	65	69	72	76

A linha a tracejado identifica as situações em que é recomendável proceder a acções de gestão do combustível.

A linha dupla identifica as situações que devem ser consideradas prioritárias para gestão de combustíveis. As situações críticas surgem com fundo cinzento escuro.

Quadro 3.1.2. Carga básica de combustível fino (t/ha)

	total	fino								
			11	9	20	14	29	20	38	25
			12	9	21	15	30	20	39	26
4	4		13	10	22	16	31	21	40	26
5	4		14	11	23	16	32	22	41	27
6	5		15	11	24	17	33	22	42	27
7	6		16	12	25	17	34	23	43	28
8	7		17	13	26	18	35	23	44	28
9	7		18	13	27	19	36	24	45	29
10	8		19	14	28	19	37	24	46	29
									75	45

Quadro 3.1.3. Factores de correcção da carga básica de combustível fino

Tipo de vegetação	Espécies dominantes	Correcção
Mato baixo (< 1 m)	Carqueja e urze ¹	1,2
	Tojo ²	1,1
Mato alto (1 - 3 m)	Urze ³ com carqueja e/ou esteva	0,9
	Esteva com urze ³ e/ou carqueja	0,7
	Tojo ⁴	0,6

¹ Erica umbellata; ² Ulex europaeus, U. minor; ³ Erica australis; ⁴Ulex europaeus

Após o fogo controlado o combustível volta a acumular-se até atingir os níveis iniciais. O conhecimento dessa dinâmica, que é específica de cada tipo de vegetação, permite também avaliar a carga de combustível sabendo o tempo decorrido desde a última intervenção (3.1.4.).

Quadro 3.1.4. Acumulação de combustível fino desde o último fogo (ton/ha)

Tempo, anos	Redução da carga de combustível, %					
	50	60	70	80	90	100
1	7	6	5	4	3	2
2	8	7	7	6	5	4
3	9	8	8	7	6	6
4	10	9	8	8	7	7
5	10	10	9	9	8	8
6	11	10	10	9	9	9

Só é aplicável a matos baixos de carqueja e urze (Erica umbellata). A linha dupla delimita as situações que justificam operações de gestão de combustíveis.

3.2. HUMIDADE DO COMBUSTÍVEL MORTO

A ausência de conhecimento sobre a humidade do combustível morto pode resultar no insucesso de uma queima, dada a importância que este factor tem na ignição e comportamento do fogo.

A calendarização do fogo controlado deve ter bem presentes as restrições impostas pela humidade do combustível. Sendo frequente que as condições

mais favoráveis apenas ocorram durante períodos curtos do dia (por exemplo das 14 às 17 horas), é desejável que se seleccionem blocos de queima a diferentes altitudes e exposições. Se numa área a humidade do combustível não se ajusta à prescrição num determinado momento, pode acontecer que noutra tal aconteça. As primeiras horas do dia e os dias mais húmidos e frios deverão ser reservados para queimar as exposições Sul e Oeste, enquanto que as melhores oportunidades de queima devem ser utilizadas com as encostas viradas a Norte e Este.

Em matos interessa-nos conhecer o teor em água do combustível fino que se encontra morto e pertence à copa dos arbustos (sendo normalmente designado como aéreo ou elevado).

A humidade do combustível morto é fundamentalmente controlada pelas condições meteorológicas, podendo ser estimada a partir da humidade relativa do ar e do número de dias decorrido desde a última precipitação (3.2.1.).

Quadro 3.2.1. Humidade (%) do combustível morto fino

Humidade relativa, %	Nº de dias s/ chuva						
	1	2	3	4	5	6	≥ 7
20	17	15	14	12	11	10	9
25	19	17	16	14	13	12	11
30	22	20	18	16	15	13	12
35	24	21	19	18	16	15	13
40	26	23	21	19	17	16	14
45	28	25	23	21	19	17	15
50	30	27	24	22	20	18	16
55	31	28	26	23	21	19	17
60	33	30	27	25	22	20	18
65	35	31	29	26	23	21	19
70	36	33	30	27	25	22	20
75	38	34	31	28	26	23	21
80	39	36	32	29	27	24	22
85	41	37	34	31	28	25	23
90	42	38	35	32	29	26	24
95	44	40	36	33	30	27	24

A zona a cinzento delimita o intervalo óptimo para a prática do fogo controlado. A tabela não é válida para uso quando a temperatura do ar é superior a 25 °C.

3.3. VELOCIDADE DO VENTO

O vento é o factor mais difícil de prever com exactidão e o elemento local que pode causar mais problemas. Flutuações na direcção do vento podem fazer com que o fogo se comporte de forma errática, enquanto que velocidades do vento acima de certos limites podem originar situações em que as barreiras de segurança são ultrapassadas. Por outro lado, e devido à estrutura do combustível arbustivo, o fogo dificilmente se propaga em terreno plano na ausência de vento.

A velocidade do vento é facilmente mensurável por intermédio de um anemómetro portátil, devendo ser avaliada a cerca de dois metros do solo. É importante não só a velocidade média como também a velocidade máxima correspondente a rajadas de vento que possam criar problemas de contenção e emissão de faúlhas.

Na ausência de equipamento de medição pode ser utilizada a escala de Beaufort, cujas classes equivalem a intervalos de velocidades do vento a 10 metros de altura. O vento a 10 metros (correspondente às previsões do Instituto de Meteorologia) é por sua vez convertível em vento superficial (a 2m) (3.3.1.).

Quadro 3.3.1. Conversão da velocidade do vento a 10 m (U_{10}) em velocidade do vento à superfície (U_s)

Escala de Beaufort	U_{10} km/hr	Efeitos observados	U_s km/hr
0	<1	O fumo sobe na vertical; as folhas das árvores estão imóveis.	<1
1	1 - 5	A direcção do vento é revelada pela inclinação do fumo mas não pelos cataventos.	1 - 4
2	6 - 11	Sente-se o vento na face; as folhas agitam-se; os cataventos oscilam.	5 - 8
3	12 - 19	Folhas em movimento permanente; as bandeiras desfraldam-se.	9 - 14
4	20 - 28	O vento levanta a poeira e move os ramos pequenos.	15 - 20
5	29 - 38	As árvores pequenas agitam-se.	21 - 27
6	39 - 49	Agitação dos ramos grandes; os fios eléctricos assobiam.	28 - 35

A velocidade do vento à superfície é aproximadamente igual a 2/3 da velocidade a 10 metros.

3.4. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

A velocidade de propagação de um fogo constitui a mais básica das variáveis descritivas do seu comportamento. Combinada com a carga de combustível consumido pelo fogo determina o comprimento da chama, que por sua vez expressa a libertação de energia e intensidade de um fogo.

A avaliação da velocidade de propagação segue a seguinte sequência:

- 1) Determinar a velocidade básica de propagação do fogo a partir da velocidade do vento medida a 2 metros de altura e da humidade do combustível morto fino (3.4.1.).

Quadro 3.4.1. Velocidade básica de propagação do fogo (m/min)

Veloc. vento a 2 m, km/hr	Humidade do combustível morto, %											
	8	10	12	14	16	18	20	22	25	30	35	40
0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
2	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3
3	3,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,4
4	4,0	4,0	3,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	0,8	0,6
5	5,5	5,0	4,0	4,0	3,0	3,0	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	0,8
6	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	1,0	0,9
7	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	1,5	1,0
8	9,0	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	4,0	3,0	2,0	2,0	1,0
9	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,5	3,0	2,0	1,5
10	11,5	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5
12	14,0	12,5	11,0	10,0	8,5	7,5	7,0	6,0	5,0	3,5	3,0	2,0
14	16,5	14,5	13,0	11,5	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0
16	19,0	17,0	15,0	13,0	12,0	10,5	9,0	8,0	7,0	5,0	4,0	2,5
18	22,0	19,0	17,0	15,0	13,0	12,0	10,5	9,0	8,0	6,0	4,0	3,0
20	24,5	21,5	19,0	17,0	15,0	13,0	12,0	10,5	8,5	6,5	5,0	3,5
22	27,0	24,0	21,0	19,0	16,5	15,0	13,0	11,5	9,5	7,0	5,0	4,0
24	30,0	26,0	23,0	20,5	18,0	16,0	14,0	13,0	10,5	8,0	6,0	4,0
26	32,5	29,0	25,5	22,5	20,0	17,5	15,5	14,0	11,5	8,5	6,0	4,5
28	35,0	31,0	28,0	24,5	21,5	19,0	17,0	15,0	12,5	9,0	7,0	5,0
30	38,0	33,5	30,0	26,0	23,0	20,5	18,0	16,0	13,5	10,0	7,0	5,5

Velocidades de propagação de fogos a favor do vento em terreno plano (declive < 5%) para matos com 1 m de altura.

- 2) Corrigir o valor anterior para o efeito do combustível (altura) através de multiplicação pelo factor de correcção apropriado (3.4.2.).
- 3) Efectuar a correcção para o efeito do declive, multiplicando o resultado

Quadro 3.4.2. Correcção da velocidade de propagação para o efeito do combustível

Altura média da vegetação, m	Factor de correcção
0,2	0,3
0,4	0,5
0,6	0,6
0,8	0,9
1,0	1,0
1,2	1,2
1,4	1,3
1,6	1,5
1,8	1,6
2,0	1,8
2,5	2,1
3,0	2,5

Quadro 3.4.3. Correcção da velocidade de propagação para o efeito do declive

Declive, %	Factor de correcção
-40	0,3
-20	0,5
-5 a 5	1,0
10	1,2
15	1,3
20	1,5
25	1,6
30	1,8
35	2,0
40	2,1
45	2,4
50	2,6

3.5. REDUÇÃO DO COMBUSTÍVEL

A quantidade de combustível que arde depende da carga preexistente e do seu teor de humidade. O conhecimento da quantidade de combustível consumido pelo fogo é bastante importante, uma vez que permite avaliar o grau de eficácia

da operação de queima na redução do potencial de incêndio. Como tal, a prescrição deve especificar uma determinada redução em percentagem da carga pré-fogo como um objectivo a atingir. A predição desta variável é ainda necessária para a estimativa do comprimento da chama.

A percentagem da carga de combustível fino que é consumido é normalmente elevada (acima de 70%) em fogos que se propaguem sustentadamente, e que sejam executados no Outono-Inverno quando a vegetação não apresenta crescimento activo.

Para obter uma estimativa da redução de combustível fino utilizar a tabela 3.5.1.

Quadro 3.5.1. Redução (em % da carga inicial) de combustível fino

Tipo de vegetação	Humidade combustível morto fino, %										
	<10	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
Carqueja e urze		100				90				85	
(chuva recente)				90				70			
(Out. - Inv.)		95			90			80			
Tojo (início Primav.)		85			80				75		
(fim Primav.)	75	70	65	60	50						

3.6. COMPRIMENTO DA CHAMA

O comprimento da chama exprime a intensidade do fogo e é frequentemente usado para classificar os incêndios de acordo com os meios requeridos para o seu controlo.

O comprimento da chama é predizível através da tabela 3.6.1., que usa a velocidade de propagação e o combustível consumido como variáveis de entrada.

Na tabela 3.6.2. relacionam-se os vários níveis de intensidade possíveis em fogo controlado (ver 2.1.) com as suas características.

Para uma determinada altura de vegetação, comprimentos de chama ou velocidades de propagação fora dos limites indicados podem originar fogos

cujas características se mantêm dentro da mesma classe, desde que uma das variáveis compense a outra.

Quadro 3.6.1. Comprimento da chama, m

Velocidade de propagação, /min	Combustível fino consumido, t/ha							
	5	10	15	20	25	30	35	40
0,2	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,5	1	1	1
0,4	<0,5	0,5	1	1	1	1	1	1
0,6	<0,5	1	1	1	1	1	1	1
0,8	0,5	1	1	1	1	1	1	1,5
1	0,5	1	1	1	1	1,5	2	2
1,2	1	1	1	1	1,5	2	2	2
1,4	1	1	1	1	2	2	2	2
1,6	1	1	1	1,5	2	2	2	2
1,8	1	1	1	2	2	2	2	2
2	1	1	1,5	2	2	2	2	3
2,5	1	1	2	2	2	2,5	3	3
3	1	1,5	2	2	2,5	3	3	3
3,5	1	2	2	2	3	3	3	3,5
4	1	2	2	3	3	3	3,5	4
4,5	1	2	2	3	3	3,5	4	4
5	1	2	2,5	3	3	4	4	4
6	1,5	2	3	3	4	4	4	5
7	2	2	3	3,5	4	4	5	5
8	2	3	3	4	4	5	5	6

Quadro 3.6.2. Relação entre a velocidade de propagação, o comprimento da chama e as características do fogo (em fogos a favor do vento)

Velocidade de propagação, m/min	Altura da vegetação, m			Características do fogo
	< 1	1-2	2-3	
0 - 1,5	0 a 1,5	0 a 2	0 a 2	O comportamento do fogo pode ser insuficiente para que um fogo controlado seja efectivo. Dificuldades de progressão em combustíveis descontínuos e contra o vento. O fogo é fácil de controlar com equipamento de combate leve e manual.
1,5 - 4,5	1 a 3	1,5 a 3,5	1,5 a 4	Adequadas para a prática de fogo controlado. É requerida a preparação de faixas de contenção estreitas (5 m). Equipamentos manuais são efectivos.
4,5 - 7,5	2 a 4	2 a 4,5	2,5 a 5,5	O comportamento do fogo ainda é aceitável, mas a sua intensidade apenas permite o uso de equipamento manual nos flancos e retaguarda. Faixas de 5 m não chegam para controlar o fogo, a não ser que se utilize água conjuntamente. São recomendáveis faixas de 10 m

3.7. FOGO CONTRA O VENTO

O comportamento do fogo varia ao longo do seu perímetro, podendo distinguir-se a "cabeça", flancos e rectaguarda. A correspondência entre a velocidade de propagação e comprimento de chama de fogos a favor do vento - representativos das características exibidas pela "cabeça" do fogo - e de fogos contra o vento, cujo comportamento equivale áquele verificado na rectaguarda, está tabulada em 3.7.1.

Na situação intermédia - fogo de flanco, o qual corresponde a direcções de propagação aproximadamente perpendiculares à máxima direcção de propagação - a velocidade de progressão é aproximadamente igual a 40% da velocidade verificada na frente do fogo a favor do vento, enquanto que o comprimento da chama é aproximadamente igual a 60%.

Quadro3.7.1. Correspondência entre comportamento do fogo a favor e contra o vento: velocidades de propagação (V_f , V_c) e comprimentos de chama (Ch_f , Ch_c)

V_f	V_c	V_f	V_c	V_f	V_c	V_f	V_c
0,5	0,1	3,5	0,4	7,0	0,9	16	2
1,0	0,1	4,0	0,5	7,5	0,9	18	2
1,5	0,2	4,5	0,5	8	1	20	2,5
2,0	0,2	5,0	0,6	10	1	25	3
2,5	0,3	5,5	0,7	12	1,5	30	4
3,0	0,4	6,5	0,8	14	2	40	5
$Ch_c = Ch_f / 2$							

Os valores em negrito correspondem a elevadas probabilidades de extinção do fogo.

4. DESENVOLVIMENTO DE UMA PRESCRIÇÃO

Como exemplo de desenvolvimento de uma prescrição considere-se a situação hipotética que se segue.

Encosta cujo declive médio é cerca de 30%, ocupada por mato baixo de carqueja e urze, com uma altura média de 0,6 m e cobrindo cerca de 90% da área.

As tabelas consultadas para elaborar a prescrição surgem entre parênteses.

As etapas a seguir são as seguintes:

4.1. AVALIAÇÃO DA COMBUSTIBILIDADE

4.1.1. CARGA TOTAL = 16 t/ha (3.1.1.)

4.1.2. CARGA BÁSICA DE COMBUSTÍVEL FINO = 12 t/ha (3.1.2.)

4.1.3. CORRECÇÃO para o tipo de vegetação = 1,2 (3.1.3.)

4.1.4. CARGA DE COMBUSTÍVEL FINO = 1,2 x 12 = 14,4 t/ha

A situação é considerada prioritária para uma intervenção de redução de combustíveis.

4.2. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se uma redução da carga de combustível fino em pelo menos cerca de 90% da carga inicial (1ª restrição).

Para assegurar uma efectividade total da operação pretende-se que a queima decorra em condições tais que permitam uma sustentação contínua, o que implica que a velocidade de propagação de um fogo a favor do vento e/ou

do declive seja maior ou igual que 1,5 m/min (2ª restrição) (2.1. e 3.6.2.).

Supondo que os únicos meios disponíveis para conter o fogo são manuais, e que não estamos dispostos a investir numa preparação perimetral intensiva (isto é, a criação de faixas de controlo de largura superior a 5 m), o comportamento do fogo dever-se-á restringir a uma velocidade de propagação não superior a 4,5 m/min e a um comprimento de chama não superior a 4 m (3ª restrição) (2.1. e 3.6.2.).

4.3. PRESCRIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE COMBUSTÍVEL

Humidade do combustível morto = 18% (3.5.1.)

(satisfaz a 1ª restrição)

4.4. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

4.4.1. A linha a negrito delimita a janela de prescrição que verifica simultaneamente a 1ª (humidade do combustível morto = 18%), a 2ª (velocidade de propagação = 1,5 m/min) e a 3ª (velocidade de propagação = 4,5 m/min) restrições (velocidade básica de propagação do fogo, 3.4.1.).

Observação: Com uma humidade do combustível morto de 8% as restrições são igualmente satisfeitas. No entanto, teores de humidade abaixo de 10% são próprios de situações de incêndio e estão associados a elevadas probabilidades de ocorrência de focos secundários, causadas pela emissão de faúlhas que ultrapassam as barreiras existentes (saltos de fogo).

Veloc. vento a 2 m, km/h	Humidade combustível morto, %					
	8	10	12	14	16	18
0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
2	2	2	1,5	1,5	1	1
3	3	3	2,5	2	2	2
4	4	4	3	3	2,5	2
5	5,5	5	4	4	3	3
6	6,5	6	5	4,5	4	3,5
7	8	7	6	5,5	5	4
8	9	8	7	6	5,5	5

4.4.2. CORRECÇÕES à velocidade básica de propagação do fogo

Altura da vegetação = 0,6 (3.4.2.)

Declive do terreno = 1,8 (3.4.3.)

Velocidade corrigida = velocidades básicas x 0,6 x 1,8 =
= velocidades básicas x 1,1

O resultado quase não altera a janela de prescrição inicial:

Veloc. vento a 2 m, km/h	Humidade combustível morto, %					
	8	10	12	14	16	18
0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
2	2	2	2	2	1	1
3	3	3	3	2	2	2
4	4	4	3	3	3	2
5	6	5,5	4	4	3	3
6	7	7	5,5	5	4	4
7	9	8	7	6	5,5	4
8	10	9	8	7	6	5,5

4.5. ALINHAMENTO DA PRESCRIÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DA CHAMA E A VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO

4.5.1. Para a carga de combustível fino consumido (90 a 100% de 14,4 t/ha) e intervalo de variação da velocidade de propagação (1,5 - 4,5 m/min), o comprimento da chama pode variar de 1 a 2 m (3.6.1.).

4.5.2. A tabela 3.6.2. indica que em matos baixos o comprimento de chama correspondente a uma velocidade de propagação de 4,5 m/min pode ir até 3 m, mantendo-se as características do fogo dentro da mesma classe. Desta forma (e uma vez que no passo anterior o comprimento de chama máximo estimado apenas alcançou 2 m) podemos expandir a janela de prescrição até possibilitar uma velocidade de 8 m/min (3.6.1.), pelo que, efectuando a

correção para os efeitos da altura da vegetação e declive, obtemos a janela da prescrição final:

Veloc. vento a 2 m, km/h	Humidade combustível morto, %					
	8	10	12	14	16	18
0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
1	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
2	2	2	2	2	1	1
3	3	3	3	2	2	2
4	4	4	3	3	3	2
5	6	5,5	4	4	3	3
6	7	7	5,5	5	4	4
7	9	8	7	6	5,5	4
8	10	9	8	7	6	5,5
9	11	10	9	8	7	6
10	13	11	10	9	8	7
12	15	14	12	11	9	8

A janela de prescrição indica as combinações de humidade do combustível e velocidade do vento superficial que possibilitam o cumprimento dos objectivos antes definidos. Para maior facilidade de planeamento, o intervalo de humidade do combustível morto que consta da prescrição é alcançável nas seguintes condições (3.2.1.):

Humidade relativa, %	Nº de dias s/ chuva						
	1	2	3	4	5	6	>7
20	17	15	14	12	11	10	9
25	19	17	16	14	13	12	11
30	22	20	18	16	15	13	12
35	24	21	19	18	16	15	13
40	26	23	21	19	17	16	14
45	28	25	23	21	19	17	15
50	30	27	24	22	20	18	16
55	31	28	26	23	21	19	17
60	33	30	27	25	22	20	18
65	35	31	29	26	23	21	19

4.6. SELECÇÃO DA TÉCNICA DE IGNIÇÃO E CONDUÇÃO DO FOGO

As estimativas da velocidade de propagação do fogo e as características da área sobre a qual se vai intervir servem de auxiliar à selecção da melhor forma de condução do fogo. Neste exemplo, vamos supor que o bloco de queima tem 6 hectares, uma largura de 150 m e um comprimento de 400 m.

Assumindo que a ignição se efectua ao longo da maior dimensão, e descontando o tempo consumido na preparação de faixas de contenção, o tempo (horas:minutos) necessário aproximado para queimar toda a área será o seguinte:

Condução do fogo	Veloc. de propagação, m/min*		
	2 / 0,2	4 / 0,5	8 / 1
Ascendente a favor do vento	1:40	0:50	0:25
Descendente contra o vento	12:30	6:15	3:05

* ascendente / descendente, derivado de 3.7.1.

As diferenças são bastante claras. Optando pelo fogo ascendente e a favor do vento por curvas de nível sucessivas conseguir-se-ia um rendimento intermédio, em todo o caso mais próximo do fogo ascendente a favor do vento.

Este exemplo é extremamente simples e destina-se apenas a ilustrar a utilidade das estimativas. O utilizador deverá optar pela técnica mais indicada em cada caso, após ponderar os prós e contras de cada opção, levando ainda em conta os objectivos da queima, a experiência da equipa e as questões económicas e logísticas.

GUIA DE
FOGO CONTROLADO
EM POVOAMENTOS DE
PINHEIRO BRAVO

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Departamento Florestal

1. INTRODUÇÃO

Este guia de fogo controlado destina-se a uso operacional em queimas para redução de combustível em povoamentos de pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) no Norte e Centro de Portugal, onde prevaleçam influências climáticas atlânticas, sub-atlânticas e mediterrâneo-atlânticas. O guia não pretende constituir uma introdução à prática do fogo controlado, mas antes uma ferramenta que possibilita atingir objectivos de gestão específicos através do melhoramento das prescrições e do processo de avaliação, e que deve ser usada por equipas de queima experientes e que tenham recebido treino adequado.

O guia pode ser testado em outras regiões onde exista pinheiro bravo, e até em povoamentos de outros pinheiros (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinea*, *P. halepensis*). No entanto, considerando a sua natureza empírica, extrapolações para outros tipos de combustível e padrões meteorológicos devem ser efectuadas cautelosamente. Os utilizadores potenciais são convidados a verificar o desempenho de componentes do guia, ou o guia inteiro, nas suas situações operacionais, para desenvolvimento posterior de factores de ajustamento que expandam a sua aplicabilidade.

O conteúdo do guia resulta de observações efectuadas durante queimas experimentais e operacionais e posterior análise estatística dos dados recolhidos, bem como do conhecimento prévio acumulado ao longo de duas décadas de

uso e experimentação do fogo controlado em Portugal. O guia auxilia na estimação da carga e humidade do combustível, e contém prescrições para a meteorologia, humidade do combustível, ignição e comportamento do fogo, que visam a optimização da redução do combustível mantendo a qualidade da estação e minimizando o dano no estrato arbóreo. O guia é maioritariamente composto por quadros que fornecem estimativas rápidas a partir de variáveis de fácil obtenção.

O guia integra dados qualitativos na forma de indicações práticas e regras de utilização (que surgem ao longo do guia dentro de caixas e em itálico). Índices do Sistema Canadano de Indexação de Perigo de Incêndio - dada a progressiva aceitação do sistema na Europa - foram relacionados com a humidade do combustível e o seu consumo. Informação útil adicional proveio de origens variadas.

1. Variáveis, definições e avaliação

Variável	Definição	Avaliação
Combustível		
Coberto (%)	Ocupação projectada no solo	Transecto linear, estimativa visual
Espessura (cm)	Espessura média da folhada (folhada superficial, folhada inferior, ou total)	Régua, 4.1
Combustível lenhoso morto	Material lenhoso de origem arbórea depositado sobre a folhada ou nela incluído	
Combustível fino	Combustível de diâmetro inferior a 6 mm	
Tipo de combustível	Categorização do complexo-combustível em 3 classes: 1 - folhada ou dominância por folhada (vegetação do sub-bosque com coberto <30%), 2 - arbustos/folhada, e 3 - erva/folhada ou fetos/folhada	
Altura (m)	Altura média da vegetação do sub-bosque, ignorando plantas ou ramos ocasionalmente mais altos	Vara de medição, fita métrica
Folhada	Manta morta florestal (camadas L+F), excluindo o húmus	
Carga (t.ha ⁻¹)	Peso seco do combustível	4.1. a 4.6
Combustível residual	Combustível superficial não consumido pelo fogo	4.1 e 4.3 combinados com 8.1, 8.3 ou 8.4
Folhada superficial	Componente não decomposta da folhada (horizonte L)	
Combustível superficial/elevado	Folhada superficial, combustível morto nos arbustos, ervas e fetos, incluindo agulhas suspensas, e combustível vivo e fino do sub-bosque	
Folhada inferior	Folhada em decomposição (horizonte F) abaixo da folhada superficial	

Variável	Definição	Avaliação
Povoamento		
Exposição		
DAP - diâmetro à altura do peito (cm)	Diâmetro médio das árvores	Fita de diâmetros, suta
Altura da base da copa (m)	Distância média entre o solo e a base da copa das árvores	Vara de medição, relascópio
Altura (m)	Altura total média das árvores	Relascópio
Densidade de árvores (m ² .ha ⁻¹)	Nº de árvores por unidade de área	Contagem
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	$\frac{\pi \cdot (\text{DAP}^2)}{2} * \text{densidade}$	Cálculo
Declive (%)		Clinómetro
Tempo desde o último fogo controlado (anos)		Registo

Variável	Definição	Avaliação
Meteorologia e humidade do combustível		
DMC (<i>duff moisture code</i>)	Índice do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio que descreve o teor de humidade da manta morta florestal em decomposição	Software, organismos responsáveis pela indexação do perigo de incêndio
FFMC (<i>fine fuel moisture code</i>)	Índice do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio que descreve o teor de humidade do combustível morto superficial	Software, organismos responsáveis pela indexação do perigo de incêndio
Humidade do combustível (%)	Conteúdo do combustível em água em relação ao seu peso seco	5.1 a 5.4
ISI (<i>initial spread index</i>)	Índice do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio que representa o efeito combinado do FFMC e da velocidade do vento na velocidade de propagação do fogo	Software, organismos responsáveis pela indexação do perigo de incêndio
Nº de dias desde a última precipitação	Nº de dias desde a última precipitação significativa (>1,5 mm)	Registo
Humidade relativa	Razão entre a pressão de vapor da atmosfera e a sua atmosfera de saturação	Psicómetro
Velocidade superficial do vento (km.h ⁻¹)	Velocidade do vento dentro do povoamento à altura de 1,7 m (média de 5 minutos)	Anemómetro 5.6.1 e 5.6.2
Temperatura, °C	Temperatura do ar ambiente	Psicómetro, termómetro
Velocidade do vento na escala de Beaufort	Velocidade do vento em terreno aberto a 10 m de altura, categorizada em classes qualitativas	Estimativa visual

Variável	Definição	Avaliação
Comportamento e efeitos do fogo		
Queda de agulhas da copa (t.ha ⁻¹)	A quantidade de agulhas que cai em consequência da dessecação da copa pelo fogo	4.6
Altura de dessecação da copa (m)	A altura média acima do nível do solo até à qual se verifica morte das agulhas da copa	10.1 a 10.2
Razão de dessecação da copa	Razão entre o comprimento de copa dessecada e o comprimento total da copa	10.3 como indicação geral, medição pós-fogo
Intensidade da frente do fogo (kW.m ⁻¹)	Taxa de libertação de energia pelo fogo, dada pelo produto entre a velocidade de propagação, o consumo de combustível e o calor de combustão	9.2 e 9.3
Altura da chama (m)	Distância vertical entre a extremidade principal da chama e o solo	Exame pós-fogo do tronco
Comprimento da chama (m)	Distância entre a extremidade principal da chama e o solo, medida ao longo do eixo da chama	9.1, 9.3, 9.4
Redução de combustível (t.ha ⁻¹ , %)	Quantidade de combustível consumido pelo fogo (em valor absoluto ou relativo)	8.1 a 8.5
Altura de tronco carbonizado (m)	Distância vertical do solo à extremidade da zona de casca enegrecida	Vara de medição
Diâmetro dos caules dos arbustos (mm)	Diâmetro terminal médio dos ramos e caules residuais após o fogo	Transecto linear
Velocidade de propagação (m.h ⁻¹)	Distância progredida pela frente do fogo por unidade de tempo	7.1 a 7.3
Propagação sustentada	Quando o fogo não se extingue	6.1 e 6.2
Mortalidade das árvores		10.4

2. Utilização do guia de fogo controlado

Os passos que a seguir se identificam e descrevem pretendem facilitar o uso do guia.

Avaliações pré-fogo

1. Identificar os limites da unidade de queima e sub-dividir a área de acordo com características similares de topografia, combustível e características do povoamento.
2. Estimar a carga de combustível dos combustíveis superficiais/elevados (arbustos, ervas, fetos, folhada superficial), bem como da folhada inferior, após medição dos cobertos e espessuras/alturas.
3. Medir ou avaliar as características do local (exposição, declive) e do povoamento (classe de qualidade, altura, altura da base da copa, diâmetro à altura do peito, densidade, tempo desde o último tratamento).
4. Prescrever o máximo valor admissível de altura de copa dessecada e o intervalo de comprimento de chama / intensidade da frente que o respeita para um intervalo de temperaturas do ar.
5. Prescrever a máxima velocidade de propagação possível para cada comprimento de chama, usando a carga média de combustível superficial/elevado na área.
6. Utilizar as tabelas da velocidade de propagação (7.2 e 7.1) em sentido inverso: subtrair o factor de ajustamento para o tipo de combustível em causa à velocidade máxima permitida, usar o declive médio da área para converter para velocidade de propagação em terreno plano. Prescrever as combinações de velocidade superficial do vento e teor de humidade que correspondem aquela velocidade de propagação.

Antes da operação de queima

1. Medir a temperatura, humidade relativa e velocidade superficial do vento, e estimar os teores de humidade do combustível morto elevado/superficial e da folhada inferior.
2. Predizer a velocidade de propagação para declive zero sob as condições

prevalecentes de vento e humidade do combustível morto superficial/elevado, ajustar então para o declive e tipo de combustível.

3. Predizer a redução de combustível superficial/elevado e de folhada inferior.
4. Calcular o comprimento da chama / intensidade da frente com base na redução de combustível superficial/elevado e na velocidade de propagação.
5. Calcular a altura de copa dessecada a partir do comprimento da chama e altura da base da copa, ajustando para a temperatura e redução de folhada inferior.
6. Verificar se todas as variáveis estão dentro da prescrição, incluindo a redução de combustível.
7. Efectuar uma queima-teste, observar o seu comportamento, e decidir então se a queima se efectua e qual o padrão de ignição a utilizar.
8. Monitorizar as condições meteorológicas e o comportamento do fogo após a ignição. Garantir que se mantêm condições de segurança durante a queima.

3. Condições de queima em pinhal bravo

3.1. Janela de prescrição genérica para fogo controlado em pinhal bravo, usando a técnica de condução contra o vento e contra o declive

Variáveis	Min.		Óptimo		Máx.	
Nº dias desde a última precipitação	2		3-12		28	
Temperatura, °C	-		<13		20	
Velocidade superficial do vento, km.h ⁻¹	1		3 - 6		12	
Humidade do combustível morto superficial/elevado, %	12		15 – 21*		25 – 38*	
Intervalos associados de:	<u>A</u>	<u>SA</u>	<u>A</u>	<u>SA</u>	<u>A</u>	<u>SA</u>
Temperatura, °C	17	20	6-15	8-20	2-3	4-7
Humidade relativa, %	24	35	31-63	35-78	74-86	92-100
Humidade da folhada inferior, %	100		>150		-	

* Dependendo do tipo de combustível: o valor mais baixo corresponde à dominância de folhada (coberto do sub-bosque inferior a 30%) e o mais elevado a ervas/folhada ou fetos/folhada.

A e SA - influências climáticas atlântica e sub-atlântica, respectivamente.

3.2. Janela de prescrição genérica usando a técnica de condução a favor do vento e do declive¹. Todos os outros intervalos em 3.1. são aplicáveis

Variáveis	Min.	Ótimo	Máx.
Velocidade superficial do vento, km.h ⁻¹	0,5	1 - 3	8* 4**
Humidade do combustível morto superficial/elevado, %	12* 22**	22 - 30	44* 46**

¹ Declive do terreno = 30%, * Dominância de folhada, ** Dominância de arbustos

Não conduzir o fogo a favor do vento nos combustíveis ervas/folhada e fetos/folhada, a não ser que o terreno seja plano, a velocidade superficial do vento não exceda 2,5 km.h⁻¹ e a humidade do combustível superficial/elevado seja superior a 35%.

O espaçamento entre as linhas de ignição na condução do fogo por linhas sucessivas a favor do vento deve ser tal que o comprimento da chama se mantenha abaixo de 1,8 m, ou, preferencialmente, abaixo de 1,3 m.

4. Avaliação da carga de combustível

4.1. Avaliação da carga de folhada (t.ha⁻¹) a partir da sua espessura (cm), e avaliação das espessuras da folhada superficial e inferior a partir da espessura total da folhada.

Espessura da camada	Folhada superficial	Folhada inferior	Espessura total da folhada	Espessura folhada inferior	Espessura folhada superficial
0,5	1,1	2,5	1,0	0,2	0,8
1,0	2,2	4,8	2,0	0,6	1,4
1,5	3,1	7,0	3,0	1,1	1,9
2,0	4,1	9,1	4,0	1,6	2,4
2,5	5,1	11,2	5,0	2,2	2,8
3,0	6,0	13,2	6,0	2,8	3,2
3,5	6,9	15,2	7,0	3,5	3,5
4,0	7,8	17,2	8,0	4,2	3,8
4,5	8,7	19,2	9,0	5,0	4,0
5,0	9,6	21,1	10,0	5,8	4,2
5,5	10,5	23,1	11,0	6,6	4,4
6,0	11,4	25,0	12,0	7,4	4,6

4.2. Avaliação da carga de combustível lenhoso morto ($t \cdot ha^{-1}$) por classe de diâmetro (<6 e >6 mm) a partir do seu coberto (%)

Coberto da classe de tamanho, %	Carga lenhosa	
	<6 mm	>6 mm
1	0,3	0,9
2	0,6	1,9
3	0,8	2,8
4	1,1	3,7
5	1,4	4,7
10	2,8	9,4
15	4,2	14,1
20	5,6	18,7
25	7,0	23,4
30	8,3	28,1

4.3. Avaliação da carga de arbustos finos ($t \cdot ha^{-1}$) a partir do seu coberto (%) e altura (m)

Altura	Coberto									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,6	0,9	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1
0,2	0,9	1,6	2,1	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,1
0,3	1,3	2,1	2,8	3,5	4,2	4,8	5,3	5,9	6,4	6,9
0,4	1,6	2,6	3,5	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3	8,0	8,6
0,5	1,8	3,1	4,2	5,1	6,1	6,9	7,8	8,6	9,4	10,2
0,6	2,1	3,5	4,8	5,9	6,9	8,0	8,9	9,9	10,8	11,6
0,7	2,4	3,9	5,3	6,6	7,8	8,9	10,0	11,0	12,1	13,0
0,8	2,6	4,4	5,9	7,3	8,6	9,9	11,0	12,2	13,3	14,4
0,9	2,8	4,8	6,4	8,0	9,4	10,8	12,1	13,3	14,5	15,7
1,0	3,1	5,1	6,9	8,6	10,2	11,6	13,0	14,4	15,7	17,0
1,1	3,3	5,5	7,5	9,2	10,9	12,5	14,0	15,5	16,9	18,2
1,2	3,5	5,9	8,0	9,9	11,6	13,3	14,9	16,5	18,0	19,5

4.4. Avaliação da carga do sub-bosque não lenhoso (herbáceas e fetos) ($t \cdot ha^{-1}$) a partir do seu coberto (%) e altura (m)

Altura	Coberto									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4
0,2	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8
0,3	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2
0,4	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,0	5,6
0,5	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
0,6	0,8	1,7	2,5	3,4	4,2	5,0	5,9	6,7	7,6	8,4

4.5. Relação entre a carga de combustível superficial fino ($t \cdot ha^{-1}$) e o tempo (anos) desde o último fogo controlado

Tempo	Área basal, $m^2 \cdot ha^{-1}$												Arbustos
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
1	1,4	1,9	2,3	2,7	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	2,7
2	2	2,7	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,3	4,9
3	2,2	3,1	3,7	4,2	4,7	5,1	5,5	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	6,7
4	2,3	3,2	3,9	4,4	4,9	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,1	7,4	8,1
5	2,3	3,3	3,9	4,5	5,0	5,5	5,9	6,3	6,6	6,9	7,3	7,6	9,3
6	2,4	3,3	4,0	4,5	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,0	7,3	7,6	10,2
7	2,4	3,3	4,0	4,6	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,0	7,4	7,7	11
8													11,6
9													12,1
10													12,5
11													12,8
12													13,1
13													13,3
14													13,5
15													13,6

Carga de combustível superficial = folhada superficial (em função da área basal) + arbustos

O próximo fogo controlado deverá ser efectuado quando a carga de combustível superficial alcançar $10 t \cdot ha^{-1}$

4.6. Relação entre a carga total de folhada ($t \cdot ha^{-1}$) e o tempo (anos) desde o último fogo controlado

Tempo	Área basal, $m^2 \cdot ha^{-1}$											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	1,5	2,3	3,1	3,7	4,3	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,8
2	2,6	4,1	5,4	6,5	7,6	8,6	9,5	10,4	11,3	12,1	12,9	13,7
3	3,4	5,4	7,1	8,7	10,1	11,4	12,7	13,9	15,0	16,1	17,2	18,2
4	4,0	6,4	8,5	10,3	12,0	13,5	15,0	16,4	17,8	19,1	20,4	21,6
5	4,5	7,2	9,5	11,5	13,4	15,2	16,8	18,4	19,9	21,4	22,8	24,2
6	4,9	7,8	10,2	12,5	14,5	16,4	18,2	19,9	21,6	23,2	24,7	26,2
7	5,1	8,2	10,8	13,2	15,3	17,3	19,2	21,0	22,8	24,5	26,1	27,7
8	5,4	8,6	11,3	13,7	15,9	18,0	20,0	21,9	23,7	25,5	27,2	28,8
9	5,5	8,8	11,6	14,1	16,4	18,6	20,6	22,6	24,4	26,2	28,0	29,7
10	5,6	9,0	11,9	14,4	16,8	19,0	21,1	23,0	25,0	26,8	28,6	30,3
11	5,7	9,2	12,1	14,7	17,0	19,3	21,4	23,4	25,4	27,2	29,1	30,8
12	5,8	9,3	12,2	14,8	17,2	19,5	21,7	23,7	25,7	27,6	29,4	31,2
13	5,9	9,4	12,3	15,0	17,4	19,7	21,9	23,9	25,9	27,8	29,7	31,5
14	5,9	9,4	12,4	15,1	17,5	19,8	22,0	24,1	26,1	28,0	29,9	31,7
15	5,9	9,5	12,5	15,1	17,6	19,9	22,1	24,2	26,2	28,2	30,0	31,9
16	5,9	9,5	12,5	15,2	17,7	20,0	22,2	24,3	26,3	28,3	30,2	32,0
17	6,0	9,5	12,5	15,2	17,7	20,1	22,3	24,4	26,4	28,4	30,2	32,1
18	6,0	9,6	12,6	15,3	17,8	20,1	22,3	24,4	26,5	28,4	30,3	32,2

4.7. Queda de agulhas ($kg \cdot árvore^{-1}$) após o fogo controlado em função do diâmetro à altura do peito (DAP, cm) e da razão entre a altura de copa dessecada e a altura da árvore

DAP	Altura de copa dessecada / Altura total					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
2			0,1	0,2	0,3	0,4
4		0,1	0,3	0,4	0,7	0,9
6	0,1	0,2	0,4	0,7	1,1	1,6
8	0,1	0,3	0,6	1,1	1,6	2,2
10	0,1	0,4	0,8	1,4	2,1	2,9
12	0,1	0,5	1,0	1,7	2,6	3,7
14	0,2	0,6	1,2	2,1	3,2	4,4
16	0,2	0,7	1,4	2,5	3,8	5,2
18	0,2	0,8	1,6	2,9	4,4	6,1
20	0,3	0,9	1,9	3,3	5,0	6,9

$$t \cdot ha^{-1} = kg \cdot árvore^{-1} \times \text{densidade} / 1000$$

5. Humidade do combustível morto

5.1. Humidade básica (%) do combustível morto, fino e superficial/elevado

Humidade relativa, %	Temperatura, °C						
	0-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-24
16-18	10	9	8	7	7	6	5
19-21	12	10	9	8	7	7	6
22-24	13	11	10	9	8	7	7
25-27	14	12	11	10	9	8	7
28-30	15	13	12	11	10	9	8
31-33	17	14	12	11	10	9	8
34-36	18	15	13	12	11	10	9
37-39	19	16	14	13	12	11	9
40-42	20	16	15	14	12	11	10
43-45	21	17	16	14	13	12	10
46-48	22	18	17	15	14	12	11
49-51	23	19	17	16	14	13	11
52-54	24	20	18	16	15	14	12
55-57	25	21	19	17	16	14	12
58-60	26	21	20	18	16	15	13
61-63	27	22	20	18	17	15	13
64-66	28	23	21	19	17	16	14
67-69	29	24	22	20	18	16	14
70-72	30	25	22	20	18	17	15
73-75	31	25	23	21	19	17	15
76-78	32	26	24	22	20	18	16
79-81	32	27	24	22	20	18	16
82-84	33	28	25	23	21	19	17
85-87	34	28	26	23	21	19	17
88-90	35	29	26	24	22	20	17
91-93	36	30	27	25	22	20	18
94-96	37	30	28	25	23	21	18
97-100	38	31	28	26	23	21	19

5.2. Correções à humidade básica do combustível superficial/elevado

5.2.1. Ajustamento aditivo para Fevereiro - Abril e Outubro

Exposição	Declive %	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Exposto - sombreamento <50%							
N	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	4	3	3	3	3	4
E	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	3	1	1	2	4	5
S	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	4	2	1	1	2	4
O	0-30	4	2	1	1	2	4
	>30	5	4	2	1	1	3
Sombreado - sombreamento >50% ou céu nublado							
N	>0	5	5	4	4	5	5
E	>0	5	4	4	4	5	5
S	>0	5	4	4	4	4	5
O	>0	5	5	4	4	4	5
Terreno plano = exposição S							

5.2.2. Ajustamento aditivo para Novembro - Janeiro

Exposição	Declive %	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Exposto - sombreamento <50%							
N	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	5	5	5	5	5
E	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	4	3	2	5	5
S	0-30	5	4	3	2	4	5
	>30	5	3	1	1	3	5
O	0-30	5	4	3	3	4	5
	>30	5	5	4	2	3	5
Sombreado - sombreamento >50% ou céu nublado							
Todas as exposições, declives e horas = 5							

5.2.2. Ajustamento aditivo para Novembro - Janeiro

N.º de dias sem chuva	1	2	3	4	5
Adição % de humidade	15	6	2	1	<0,5

Agulhas de pinheiro da folhada superficial estão dentro do intervalo de humidade óptimo para a prática de fogo controlado (15-21%) se, ao serem dobradas em arco, partirem quando a distância entre as extremidades for de 0,5 a 1 cm.

5.3. Humidade da folhada inferior (%)

T, °C	Nº de dias sem chuva															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	21	28
0	240	232	225	218	211	204	198	192	186	180	174	169	163	158	126	101
1	234	227	219	213	206	199	193	187	181	175	170	165	159	154	123	99
2	228	221	214	207	201	194	188	182	177	171	166	160	155	151	120	96
3	223	216	209	202	196	190	184	178	172	167	162	156	152	147	117	94
4	217	210	204	197	191	185	179	173	168	163	158	153	148	143	114	91
5	212	205	199	192	186	180	175	169	164	159	154	149	144	140	112	89
6	206	200	194	188	182	176	170	165	160	155	150	145	141	136	109	87
7	201	195	189	183	177	172	166	161	156	151	146	142	137	133	106	85
8	196	190	184	178	173	167	162	157	152	147	143	138	134	130	104	83
9	192	185	180	174	169	163	158	153	148	144	139	135	130	126	101	81
10	187	181	175	170	164	159	154	149	145	140	136	131	127	123	98	79
11	182	176	171	166	160	155	150	146	141	137	132	128	124	120	96	77
12	178	172	167	161	156	151	147	142	138	133	129	125	121	117	94	75
13	173	168	163	157	152	148	143	139	134	130	126	122	118	114	91	73
14	169	164	159	154	149	144	139	135	131	127	123	119	115	111	89	71
15	165	160	155	150	145	140	136	132	128	124	120	116	112	109	87	69
16	161	156	151	146	141	137	133	129	124	121	117	113	110	106	85	68
17	157	152	147	142	138	134	129	125	121	118	114	110	107	103	83	66
18	153	148	143	139	135	130	126	122	118	115	111	108	104	101	81	64
19	149	144	140	136	131	127	123	119	115	112	108	105	102	98	79	63
20	145	141	136	132	128	124	120	116	113	109	106	102	99	96	77	61
21	142	137	133	129	125	121	117	113	110	106	103	100	97	94	75	60
22	138	134	130	126	122	118	114	111	107	104	100	97	94	91	73	58

Os valores a sombreado estão fora de prescrição

5.4. Equivalencia entre as humidades da folhada inferior e do combustível superficial/elevado e, respectivamente, os componentes DMC e FFMC do Sistema Canadiao de Indexação do Perigo de Incêndio

DMC	%	DMC	%	FFMC	%	FFMC	%
0	290	35	69	60	68	83	27
5	237	40	56	65	59	84	25
10	193	45	46	70	50	85	23
15	157	50	37	72	47	86	21
20	128	55	30	74	43	87	20
25	104	60	25	76	39	88	18
30	85	65	20	78	36	89	16
				80	32	90	14
				81	30	91	12
				82	29	92	10

5.5. Informação meteorológica adicional

5.5.1. Medição do vento na escala de Beaufort

Escala de Beaufort	Veloc. vento a 10 m em terreno aberto	Descrição
0	<1	Calmo; o fumo ascende verticalmente; as folhas não se movem
1	1 - 5	Direcção do vento revelada pelo fumo
2	6 - 11	Sente-se o vento na face; as folhas das árvores sussurram
3	12 - 19	Folhas e raminhos pequenos em movimento constante
4	20 - 28	Levanta pó; os ramos movem-se
5	29 - 38	Árvores pequenas começam a abanar
6	39 - 49	Ramos grandes em movimento

5.5.2. Estimativa indirecta da velocidade do vento à superfície (km.h⁻¹)

Situação topográfica	Ajustamento
Cumeada	0,60
Encosta superior	0,40
Meia encosta	0,25
Encosta inferior, declives suaves, terreno plano	0,15

As melhores probabilidades de obter ventos superficiais constantes e cuja velocidade não aumenta ocorrem após o meio dia

6. Ignição

Uma atmosfera estável está associada a ar calmo e a humidade relativa elevada. Estabilidade atmosférica e geada estão frequentemente associadas, implicando teores elevados de humidade do combustível superficial/elevado que diminuem a probabilidade de um fogo se propagar sustentadamente.

6.1. Limites de humidade do combustível superficial/elevado (%) para propagação sustentada do fogo, em função do tipo de combustível, técnica de ignição, e velocidade do vento (km.h^{-1})

Método de ignição	Velocidade do vento	Tipo de combustível*		
		1	2	3
Contra	qualquer uma	25	27	38
A favor	1	32	41	50
	2	33	42	52
	3	35	44	53
	4	37	46	55
	6	40		
	8	44		

* 1 - folhada (coberto do sub-bosque <30%)

2 - arbustos/folhada

3 - herbáceas/folhada ou fetos/folhada

A auto-extinção do fogo durante a noite dá-se quando a humidade do ar supera 90%

6.2. Limites dos componentes do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio para a propagação sustentada do fogo, em função da técnica de condução da queima

Índice	A favor	Contra
FFMC	69	82
ISI	0.7	2.1

7. Velocidade de propagação do fogo

7.1. Velocidade de propagação ($m.h^{-1}$) do fogo a favor do vento, em função da velocidade do vento à superfície ($km.h^{-1}$) e da humidade do combustível superficial/elevado

Humid. %	Velocidade do vento à superfície											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
12	54	74	89	102	114	125	135	144	153	161	169	177
14	52	70	85	98	109	119	129	138	146	154	162	169
16	49	67	81	93	104	114	123	131	140	147	154	161
18	47	64	78	89	99	109	117	126	133	141	148	154
20	45	61	74	85	95	104	112	120	127	134	141	147
22	43	59	71	81	91	99	107	115	122	128	135	141
24	41	56	68	78	87	95	102	109	116	122	128	134
26	39	53	65	74	83	91	98	104	111	117	123	128
28	37	51	62	71	79	86	93	100	106	112	117	123
30	36	49	59	68	75	83	89	95	101	107	112	117
32	34	47	56	65	72	79	85	91	97	102	107	112
34	33	44	54	62	69	75	81	87	92	97	102	107
36	31	42	51	59	66	72	78	83	88	93	98	102
38	30	41	49	56	63	69	74	79	84	89	93	97
40	28	39	47	54	60	66	71	76	80	85	89	93
45	25	34	42	48	53	58	63	67	72	76	79	83
50		31	37	43	48	52	56	60	64	67	71	74
55								54	57	60	63	66

7.2. Ajustamento da velocidade de propagação ($m.h^{-1}$) do fogo a favor do vento para o declive (multiplicativo) e tipo de combustível (aditivo)

Declive %	Ajust.	Declive %	Ajust.
-40	0,4	10	1,3
-30	0,5	15	1,4
-20	0,6	20	1,6
-15	0,7	25	1,8
-10	0,8	30	2,0
-5	0,9	35	2,2
0	1,0	40	2,5
5	1,1		

Tipo combustível	Ajust.
1	-35
2	-6
3	71

7.3. Velocidade de propagação ($m \cdot h^{-1}$) do fogo contra o vento em função da humidade do combustível superficial/elevado (%) e do coberto da vegetação do sub-bosque (%)

Coberto do sub-bosque	Humidade do combustível superficial/elevado									
	12	14	16	18	20	22	24	26	30	38
0	8	7	7	6	6	6	5	5		
5	9	8	8	7	7	6	6	6		
10	10	9	9	8	8	7	7	6		
15	11	10	10	9	9	8	8	7		
20	12	11	11	10	9	9	8	8		
25	13	12	12	11	10	10	9	9		
30	14	13	13	12	11	10	10	9	8	6
35	15	14	13	13	12	11	11	10	9	7
40	16	15	14	14	13	12	11	11	9	7
45	17	16	15	14	14	13	12	11	10	8
50	18	17	16	15	14	14	13	12	11	8
55	19	18	17	16	15	14	13	13	11	9
60	20	19	18	17	16	15	14	13	12	9
65	21	20	19	18	17	16	15	14	12	10
70	22	21	20	19	18	17	16	15	13	10
75	23	22	21	20	18	17	16	15	14	11
80	24	23	22	20	19	18	17	16	14	11
85	25	24	23	21	20	19	18	17	15	11
90	26	25	23	22	21	19	18	17	15	12
95	27	26	24	23	21	20	19	18	16	12
100	28	27	25	24	22	21	20	19	16	13

8. Redução do combustível

8.1. Redução da folhada superficial ($t \cdot ha^{-1}$) em função da sua carga pré-fogo ($t \cdot ha^{-1}$) e da humidade do combustível superficial/elevado

Humidade %	Carga de folhada superficial					
	2	4	6	8	10	12
12	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
16	2,0	4,0	5,9	7,9	9,9	11,9
20	2,0	3,9	5,9	7,9	9,8	11,8
24	1,9	3,9	5,8	7,8	9,7	11,6
28	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4
32	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1
36	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8
40	1,7	3,5	5,2	6,9	8,7	10,4

8.2. Redução da folhada inferior (%) em função da sua humidade (%)

Humidade	Red.	Humidade	Red.	Humidade	Red.
30	77	110	49	170	29
50	70	120	46	180	25
70	63	130	42	190	22
80	59	140	39	200	18
90	56	150	35	220	12
100	53	160	32	250	0

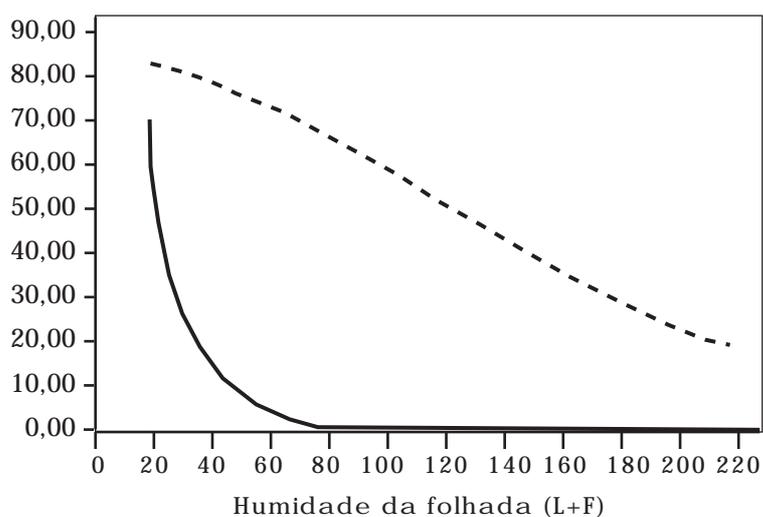
Correcções para o tipo de combustível:

1 e 2: subtrair 4%

3: somar 9%

Os valores sombreados estão fora de prescrição.

8.3. Redução (%) total de folhada (linha quebrada) e de húmus (linha contínua) em função da humidade da folhada (%)



8.4. Redução do combustível fino arbustivo ($t \cdot ha^{-1}$) a partir da sua carga pré-fogo ($t \cdot ha^{-1}$) e da humidade do combustível superficial/elevado (%)

Humid. %	Carga de combustível fino arbustivo									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
12	1,9	3,9	5,8	7,7	9,7	11,6	13,5	15,5	17,4	19,3
14	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1
16	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,2	15,1	16,9	18,8
18	1,8	3,7	5,5	7,4	9,2	11,1	12,9	14,8	16,6	18,5
20	1,8	3,6	5,4	7,2	9,1	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1
22	1,8	3,5	5,3	7,1	8,9	10,6	12,4	14,2	15,9	17,7
24	1,7	3,5	5,2	6,9	8,6	10,4	12,1	13,8	15,5	17,3
26	1,7	3,4	5,0	6,7	8,4	10,1	11,8	13,4	15,1	16,8
28	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,6	16,3
30	1,6	3,1	4,7	6,3	7,8	9,4	11,0	12,6	14,1	15,7
32	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,6	12,1	13,6	15,1
34	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,7	10,1	11,5	13,0	14,4
36	1,4	2,7	4,1	5,5	6,9	8,2	9,6	11,0	12,4	13,7
38	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0
40	1,2	2,4	3,7	4,9	6,1	7,3	8,6	9,8	11,0	12,2

Correcções:

Multiplicar por 0,8 se existir um gradiente vertical de humidade, com o combustível arbusto inferior bastante húmido

Multiplicar por 0,9 se houver dominância de tojos (*Ulex* spp.)

O consumo total de folhada (em t/ha) é aproximadamente igual a:

- 3 vezes a diminuição da manta morta em espessura (cm) (tipo de combustível 1)
- 1 vez e meia a diminuição da manta morta em espessura (cm) (tipo de combustível 2)
- a diminuição da manta morta em espessura (cm) (tipo de combustível 3)

Se a humidade do combustível superficial/elevado for inferior a 20%, assume-se redução total de herbáceas e fetos. Para humidades mais elevadas assume-se uma redução de 90%

8.5. Avaliação pós-fogo da redução de arbustos (%) em função do diâmetro terminal médio (mm) dos caules e ramos residuais

Diâmetro	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Redução	53	68	78	85	90	93	95	97	98

Aplicável a carqueja, urzes e tojos.

8.6. Relação entre o índice DMC do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio e a redução de folhada inferior em %

DMC	%	DMC	%	DMC	%
2	9	22	44	42	66
6	19	26	49	44	69
10	26	30	53	48	73
14	32	34	58	52	76
18	38	38	62	56	80
				60	84

9. Comprimento da chama e intensidade da frente do fogo

9.1. Predição do comprimento da chama (m) a partir da velocidade de propagação (m/h), redução de combustível (t/ha) e tipo de fogo

Velocidade propagação	Redução de combustível superficial/elevado						
	4	8	12	16	20	24	28
Fogo "contra"							
4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
6	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8
8	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
10	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2
12	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3
14	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5
16	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6
18	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
20	0,5	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
22	0,5	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0
24	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1
26	0,6	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
28	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4
Fogo "a favor"							
15	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
30	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5
60	0,7	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,1
90	0,9	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7
120	1,1	1,6	2,0	2,3	2,6	2,9	3,1
150	1,2	1,8	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5
180	1,3	2,0	2,4	2,9	3,2	3,6	3,9

Os valores sombreados estão fora de prescrição

9.2. Relação entre o comprimento da chama (m) e a intensidade da frente ($\text{kW}\cdot\text{m}^{-1}$) por tipo de fogo

Intensidade da frente	Fogo "contra"	Fogo "a favor"
10	0,2	0,2
20	0,3	0,3
30	0,4	0,3
50	0,6	0,4
70	0,7	0,5
100	0,9	0,6
150	1,2	0,8
200	1,4	0,9
250	1,6	1,1
300	1,9	1,2
350		1,3
400		1,4
450		1,5
500		1,5
750		1,9
1000		2,2

9.3. Relações entre as variáveis de comportamento do fogo e descrição do fogo

Intensidade da frente, kW.m ⁻¹	Comprim. da chama, m	Velocid. de propagação, m.h ⁻¹ *	Descrição e comentários
< 10	< 0,2	-	Não sustentado
10-49	0,2-0,7	4 - 16 5 - 9 4 - 11	Intervalo normal de intensidade em fogos "contra" em folhada, mas reflecte condições marginais de queima em tipos de combustível dominados pelo sub-bosque. A frente do fogo pode quebrar devido a pequenos obstáculos como rochas e combustíveis lenhosos. As necessidades de segurança e vigilância são mínimas. Intensidades de fogos a "favor" inferiores a 50 kW.m ⁻¹ são possíveis apenas no tipo de combustível ¹ .
50-149	0,5-1,1	16 - 48 9 - 27 11 - 32	Intervalo óptimo de intensidade para fogo controlado. Altura de copa dessecada entre 3 e 6 m. Reduzidas hipóteses de o fogo exceder as linhas de segurança. As intensidades a "favor" para os tipos de combustível 2 e 3 começam em 140 kW.m ⁻¹ .
150-249	0,9-1,3	48 - 80 27 - 45 32 - 53	Maxima intensidade do fogo "contra" em condições de fogo controlado. A distância de segurança da frente de um fogo "contra" pode chegar a 3 m. Agulhas mortas na base da copa arderão se a menos de 2 m do solo. Altura de copa dessecada de 5 a 7 m. Facilmente controlado por equipamento manual mas os limites da parcela deverão ser vigiados cuidadosamente, pois podem ocorrer saltos de faúlhas.
250-499	1,2-1,8	80 - 160 45 - 89 53 - 106	Reflecte condições arriscadas e potencialmente danificadoras do estrato arbóreo (altura de copa dessecada 8-10 m). Ramos mortos nas árvores podem arder se a menos de 3 m do solo. Saltos de faúlhas até 3 m. As linhas de controlo ^{**} precisam de ser assistidas (água) para que o fogo as não ultrapasse.
500-999	1,7-2,6	160 - 319 90 - 179 106 - 212	Fora de prescrição. O comportamento do fogo é moderadamente intenso, com inflamação de porções vivas da copa das árvores se a altura da base da copa for menor que 5 m. Limite superior de ataque directo com equipamento ligeiro.

*Para os tipos de combustível 1, 2 e 3, respectivamente

** Linha de controlo refere-se a uma faixa de largura 1 m que foi limpa até ao solo mineral ou queimada

A altura da chama de um fogo "contra" é aproximadamente igual a metade da máxima altura de tronco carbonizado.

A altura da chama de um fogo "a favor" é aproximadamente igual a metade da máxima altura de tronco carbonizado.

9.4.1. Avaliação pós-fogo do comprimento da chama (m) a partir da altura estimada da chama (m) e da razão entre a máxima e a mínima altura de tronco carbonizado (m) num fogo "a favor"

Altura da chama	Razão entre a máxima e a mínima altura de tronco carbonizado								
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10,0
0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8			
0,2	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9		
0,3	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	
0,4	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	
0,5	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	
0,6	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	2,3
0,7	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	2,4
0,8	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	2,5
0,9	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,6
1,0	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,7
1,1	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,8
1,2	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,9
1,3	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	3,0
1,4	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	3,1
1,5	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	3,2
1,6	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
1,7	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4
1,8	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	3,5
1,9	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	3,6
2,0	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,7
2,5	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	4,2
3,0	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,8

9.4.2. Avaliação pós-fogo do comprimento da chama (m) a partir da altura estimada da chama (m) e da razão entre a máxima e a mínima altura de tronco carbonizado (m) num fogo "contra"

Altura da chama	Razão entre a máxima e a mínima altura de tronco carbonizado								
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10,0
0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9
0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1
0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3
0,8	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4
0,9	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5
1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7
1,1	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8
1,2	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9
1,3	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,1
1,4	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2
1,5	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,3

10. Efeitos nas árvores

10.1. Predição da altura de dessecação (m) em função do comprimento da chama (m) e da temperatura do ar

Compr. da chama	Temperatura, °C										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0,2	0,8	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2
0,3	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	4,6
0,4	1,5	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9
0,5	1,9	2,2	2,6	2,9	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,3
0,6	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,0	5,3	5,7
0,7	2,6	3,0	3,3	3,7	4,0	4,3	4,7	5,0	5,4	5,7	6,1
0,8	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,4	5,8	6,1	6,4
0,9	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,1	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8
1	3,8	4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	5,8	6,2	6,5	6,8	7,2
1,2	4,5	4,9	5,2	5,6	5,9	6,2	6,6	6,9	7,3	7,6	7,9
1,4	5,3	5,6	6,0	6,3	6,6	7,0	7,3	7,7	8,0	8,4	8,7
1,6	6,0	6,4	6,7	7,1	7,4	7,7	8,1	8,4	8,8	9,1	9,5
1,8	6,8	7,1	7,5	7,8	8,2	8,5	8,8	9,2	9,5	9,9	10,2
2	7,5	7,9	8,2	8,6	8,9	9,3	9,6	9,9	10,3	10,6	11,0

Correcção: subtrair 0,24 x Velocidade do vento (km/h) ao valor obtido.

10.2. Razão de copa dessecada em função da altura da árvore (m) e da altura de copa dessecada (m). Assume uma relação constante entre a altura da árvore e a altura da base da copa, devendo ser usada apenas para avaliações preliminares

Altura de dessecação	Altura da árvore													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3,0	1,0													
4,0		1,0												
4,5			0,3											
5,0			1,0	0,1										
5,5				0,6										
6,0				1,0	0,4									
6,5					0,7	0,2								
7,0					1,0	0,5	0,2							
7,5						0,7	0,4	0,1						
8,0						1,0	0,6	0,3	0,1					
8,5							0,8	0,5	0,2					
9,0							1,0	0,6	0,4	0,2				
9,5								0,8	0,5	0,3	0,1			
10,0								1,0	0,7	0,4	0,2	0,1		
10,5									0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	
11,0									1,0	0,7	0,5	0,3	0,2	
11,5										0,9	0,6	0,4	0,3	0,1
12,0										1,0	0,7	0,5	0,4	0,2
12,5											0,9	0,7	0,5	0,3
13,0											1,0	0,8	0,6	0,4
13,5												0,9	0,7	0,5
14,0												1,0	0,8	0,6
14,5													0,9	0,7
15,0													1,0	0,8
15,5														0,9
16,0														1,0

Volumes de copa dessecada inferiores a 30% dificilmente causam reduções no crescimento. É conveniente manter o volume de copa dessecada abaixo de 50%.

10.3. Limites da razão de copa dessecada (RCS) para a obtenção de mortalidade das árvores em função do diâmetro à altura do peito (cm)

DAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RCS	0,75	0,80	0,80	0,85	0,85	0,90	0,90	0,95	0,95

ANEXO 1: Exemplo de uso do guia

Este exemplo de utilização do guia de fogo controlado segue a sequência do ponto 2. No entanto, o guia pode ser usado diferentemente, de acordo com as necessidades do utilizador. Os valores prescritos surgem a **negrito** e os comentários em *itálico*. As tabelas consultadas surgem entre parênteses.

Avaliações pré-queima

1. Identificação dos limites da unidade de queima e sub-divisão da área de acordo com características similares de declive, combustível e povoamento.

2. Estimativa da carga de combustível

Inputs:

- profundidade da folhada superficial = 2,5 cm
- coberto arbustivo = 65%
- altura dos arbustos = 0,6 m
- coberto de herbáceas e fetos = 20%
- altura das herbáceas e fetos = 0,3 m
- profundidade da folhada inferior = 2,0 cm

Outputs:

- carga de folhada superficial = 5,1 t.ha⁻¹ (4.1.)
se o coberto de folhada <100% ajustar o resultado em concordância
- carga fina de arbustos = 8,5 t.ha⁻¹ (4.3.)
este valor foi obtido por interpolação
- carga de herbáceas e fetos = 0,8 t.ha⁻¹ (4.4.)
- Carga de combustível superficial/elevado = (5,1+8,5+0,8) = 14,4 t.ha⁻¹
- Carga de folhada inferior = 9,1 t.ha⁻¹ (4.1.)

(4.5.) e (4.6.) podem ser utilizadas como alternativa. No entanto são bastante menos confiáveis, devendo ser reservadas para planear a gestão de combustíveis ao longo do tempo.

Informação complementar (necessária apenas para avaliar a combustibilidade global ou para aplicações específicas)

Inputs:

- coberto de combustível lenhoso <6 mm = 5%
- coberto de combustível lenhoso >6 mm = 1%

Outputs:

- carga de combustível lenhoso <6 mm = 1,4 t.ha⁻¹ (4.2.)
- carga de combustível lenhoso >6 mm = 0,9 t.ha⁻¹ (4.2.)

3. Características locais e do povoamento

Exposição. SE

Declive: 25%

Índice de qualidade: baixo

Altura média das árvores: 9 m

Altura da base da copa: 3,5 m

Altura da copa = 9 - 3,5 = 5,5 m

Diâmetro à altura do peito: 18 cm

Densidade: 870 árvores ha⁻¹

Tempo decorrido desde o último tratamento: 7 anos

4. Prescrição do limite de altura de copa dessecada e do intervalo de comprimento de chama/intensidade frontal que o verifica para um intervalo de temperaturas do ar

A altura máxima de copa dessecada é fixada em 4,5 m para garantir um impacto reduzido sobre as árvores: corresponde a uma razão de copa dessecada de 0,18,

$$(5,5 - 4,5) / 5,5 = 1 / 5,5 = 0,18$$

queda de agulhas após o fogo de 0,8 t.ha⁻¹ (4.7.), e ausência de mortalidade (10.4.).

Alturas de copa dessecada de 4,5 m e inferiores são alcançadas com comprimentos de chama não superiores a 1,2 m (10.1.), dependendo da temperatura do ar, ou 150 kW.m⁻¹ para o fogo “contra” e 300 kW.m⁻¹ para o fogo “a favor”(9.2.).

5. Prescrição para a máxima velocidade de propagação possível

Comprimentos de chama máximos de 1,2 m correspondem a velocidades de propagação máximas de 10 a 28 m.h⁻¹ para fogos “contra” e de 30 a 150 m.h⁻¹ para fogos “a favor”(9.1.)

6. Combinações entre velocidades superficiais do vento, ou coberto do sub-bosque e humidades do combustível superficial/elevado que satisfazem a prescrição da velocidade de propagação

- Fogo "contra". Considerando o coberto do sub-bosque de 65%, qualquer humidade do combustível verifica a prescrição da velocidade de propagação (7.3.). A velocidade do vento deverá seguir a prescrição genérica (3.1.).

- Fogo "a favor" - os valores que definem o intervalo em fundo cinza estão dentro da prescrição.

Humid. %	Velocidade do vento à superfície											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
12	54	74	89	102	114	125	135	144	153	161	169	177
14	52	70	85	98	109	119	129	138	146	154	162	169
16	49	67	81	93	104	114	123	131	140	147	154	161
18	47	64	78	89	99	109	117	126	133	141	148	154
20	45	61	74	85	95	104	112	120	127	134	141	147
22	43	59	71	81	91	99	107	115	122	128	135	141
24	41	56	68	78	87	95	102	109	116	122	128	134
26	39	53	65	74	83	91	98	104	111	117	123	128
28	37	51	62	71	79	86	93	100	106	112	117	123
30	36	49	59	68	75	83	89	95	101	107	112	117
32	34	47	56	65	72	79	85	91	97	102	107	112
34	33	44	54	62	69	75	81	87	92	97	102	107
36	31	42	51	59	66	72	78	83	88	93	98	102
38	30	41	49	56	63	69	74	79	84	89	93	97
40	28	39	47	54	60	66	71	76	80	85	89	93
45	25	34	42	48	53	58	63	67	72	76	79	83
50		31	37	43	48	52	56	60	64	67	71	74
55								54	57	60	63	66

Antes de executar a operação de queima

1. Medições e estimativas das variáveis meteorológicas e da humidade do combustível. Avaliação da sustentabilidade da propagação do fogo.

Temperatura = 13 °C

Humidade relativa = 53%

Velocidade do vento à superfície = 4 km.h⁻¹

Nº de dias sem precipitação = 6

Humidade do combustível superficial/elevado:

Humidade básica do combustível = 16% (5.1.)

Após ajustamento (queima em Fevereiro, condições ensombradas) = 20% (5.2.1.)

Correcção para a chuva não é necessária (5.2.3.)

Humidade da folhada inferior = 148% (5.3.)

A propagação do fogo é auto-sustentada (6.1.)

A sequência anterior pode e deve ser determinada para diferentes cenários meteorológicos, por exemplo para os valores mínimos e máximos ao longo do dia.

2. Predição da velocidade de propagação

O fogo "a favor" está fora de prescrição (120m/min)

A velocidade de propagação do fogo "contra" é de 20 m.h⁻¹

3. Predição da redução de combustível

Folhada superficial = 4,0 t.ha⁻¹ (8.1.)

Folhada inferior = 30% (8.2.)

Arbustos = 7,8 t.ha⁻¹ (8.4.)

Herbáceas e fetos = 0,8 t.ha⁻¹

Redução de combustível superficial/elevado = 12,6 t.ha⁻¹

4. Predição do comprimento da chama/intensidade da frente

O comprimento da chama de um fogo "contra" é igual a 1,1 m (9.1.), correspondendo a uma intensidade aproximada de 120 kW.m⁻¹ (9.2.)

5. Predição da altura de dessecação da copa

Altura de dessecação básica = 6,4 m (10.1.)

Correcção para a velocidade do vento = 6,4 - 0,2 x 4 = 5,4 m

6. Todas as variáveis estão dentro da prescrição, com excepção da altura de copa dessecada, que está 0,9 m acima do valor prescrito de 4,5 m. É possível respeitar a prescrição se a queima decorrer a uma temperatura de 8 °C ou menos, ou se, com uma temperatura de 13 °C a velocidade do vento for maior ou igual a 8 km/h.

7. Efectuar um teste de ignição, observar o seu comportamento, e então decidir à cerca da execução da queima e da técnica de condução a utilizar.

8. Monitorizar as condições meteorológicas e o comportamento do fogo após a ignição. Garantir que as condições de segurança se mantêm ao longo do período de queima.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA NO DESENVOLVIMENTO DO MANUAL DE FORMAÇÃO EM FOGO CONTROLADO

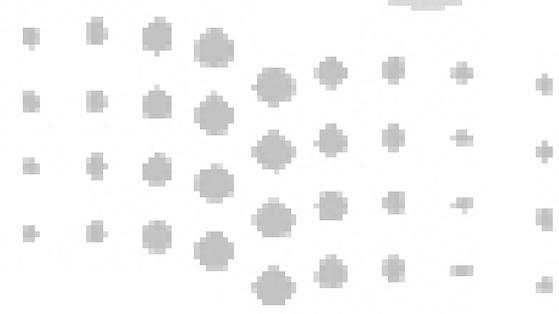
- Alexander, M.E. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Can. J. Bot.* 60: 349-357.
- Beck, J.A. 1995. Equations for the forest fire behaviour tables for Western Australia. *CALMScience* 1(3): 325-348.
- Beck, J.A., e A.C. Trevitt. 1989. Forecasting diurnal variations in meteorological parameters for predicting fire behaviour. *Can. J. For. Res.* 19: 791-797.
- Botelho, H., J.A. Vega, P. Fernandes e F. Rego. 1994. Prescribed fire behavior and fine fuel consumption in Northern Portugal and Galiza maritime pine stands. In Proc. 2nd Int. Conf. on Forest Fire Research, Viegas, D.X. (Ed.), 21-24 Nov. 1994, Universidade de Coimbra. Vol. I, pp. 343-353.
- Botelho, H.S. 1996. Efeitos do fogo controlado em árvores de povoamentos jovens de *Pinus pinaster* Ait. Dissertação de Doutoramento, UTAD, Vila Real.
- Botelho, H.S. e Fernandes, P.M. 1999. Controlled burning in the Mediterranean countries of Europe. Pp. 163-170 In *Wildfire Management* (Eds. G. Eftichidis, P. Balabanis, A. Ghazi). European Commission (Environment and Climate Programme)/ Algosystems.
- Botelho, H.S., K. Ryan, e F.C. Rego. 1998. Tree mortality models for *Pinus pinaster* of Northern Portugal. In Proc. 13th Fire and Forest Meteorology Conference, Oct. 1996, Lome, Melbourne, Australia. IAWF, pp. 235-240.
- Buckley, A.J. 1993. Fuel reducing growth forests with a wiregrass fuel type: fire behaviour guide and prescriptions. Dpt. of Conservation and Natural Resources, Fire Management Branch, Res. Rep. No. 40. Victoria.
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud e D. Williams. 1983. *Fire in Forestry*. John Wiley & Sons. New York.
- Cheney, N.P. 1981. Fire behaviour. In *Fire and the Australian biota*, Gill, A.M., Groves, R.H., e Noble, I.R. (Eds.), Australian Academy of Science, Canberra. Pp. 151-175.
- Cheney, N.P., J.S. Gould, e I. Knight. 1992. A prescribed burning guide for young regrowth forests of silvertop ash. Forestry Commission of New South Wales, Res. Div., Res. Pap. No. 16. Beecroft.
- de Ronde, C., J.G. Goldammer, D. Wade, e R.V. Soares. 1990. Prescribed fire in industrial pine plantations. In *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges*, Goldammer, J. (Ed.), Springer-Verlag, Berlin, pp. 216-272.
- EFN. 2000. Projecto-piloto "O fogo controlado na prevenção de incêndios florestais no Perímetro de Entre Vez e Coura", Relatório Final. Lisboa.
- Fernandes, P., H. Botelho, e C. Loureiro. 2000. Modelling the links between environmental conditions, fire behaviour and fire effects important for prescribed burning operational purposes. Prescribed burning as a management tool for the Mediterranean region: a management approach (contract no. ENV4-CT98-0715), Task 6 - Deliverable F1, UTAD, Vila Real.
-

-
- Fernandes, P.M. 2001. Fire spread prediction in shrub fuels in Portugal. 2001. *Forest Ecology and Management* 144(1-3): 67-74.
- Fischer, W.C. 1978. Planning and evaluating prescribed fires — a standard procedure. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-43, Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden.
- Forestry Canada Fire Danger Group. 1992. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. For. Can. Inf. Rep. ST-X-3, Ottawa.
- Hirsch, K.G. 1996. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System: user's guide. Nat. Res. Can., Can. For. Serv. Northwest Reg. North. For. Cent. Spec. Rep. 7. Edmonton, Alberta.
- Hungerford, R.D., M.G. Harrington, W.H. Frandsen, K.C. Ryan, e G.J. Niehoff. 1991. Influence of fire on factors that affect site productivity. In Proc. - Management and Productivity of Western-Montane Forest soils, Harvey, A.E., e Neuenschwander, L.F. (Comps.). USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-280, Intermt. Res. Stn. Ogden. pp. 32-50.
- Kilgore, B.M., e G.A. Curtis. 1987. Guide to understory burning in ponderosa pine-larch-fir forests in the Intermountain West. USDA For. Serv. Intermt. Range and Exp. Stn. Gen. Int. Rep. INT-233.
- McArthur, A.G. 1962. Control burning in eucalypt forest. Comm. Aust. For. Bur., Leaflet No 80. Canberra.
- NWCG (National Wildfire Coordinating Group). 1985. Prescribed fire smoke management guide. NWCG, NFES No. 1279, PMS 420-1, Boise, ID.
- NWCG. 1994. RX90 Prescribed fire for burn bosses. Student text. Boise.
- Pyne, S.J., P.L. Andrews, R.D. Laven. 1996. Introduction to wildland fire. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York.
- Rego, F.C e Fernandes, P.M. 1999. Prescribed burning use in forest fire management. Pp. 171-179 In *Wildfire Management* (Eds. G. Eftichidis, P. Balabanis, A. Ghazi). European Commission (Environment and Climate Programme)/ Algosystems.
- Rego, F.C. 1986. Effects of prescribed fire on vegetation and soil properties in *Pinus pinaster* forests of northern Portugal. PhD thesis, University of Idaho, Moscow.
- Rego, F.C., e H.S. Botelho (Eds.). 1990. *A Técnica do Fogo Controlado*, UTAD, Vila Real.
- Rego, F.C., S.C. Bunting, e J.M. da Silva. 1991. Changes in understory vegetation following prescribed fire in maritime pine forests. *For. Ecol. Manage.* 41: 21-31.
- Rego, F.C., S.C. Bunting, e M.G. Barreira. 1988. Effects of prescribed fire on *Chamaespartium tridentatum* (L.)P. Gibbs in *Pinus pinaster* (Aiton) forests. *J. Range Manage.* 41(5): 410-412.
- Ribeiro, O., H. Lautensach, e S. Daveau. 1988. *Geografia de Portugal. II. O Ritmo Climático e a Paisagem*. Ed. João Sá da Costa. Lisboa.
- Rothermel, R.C. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-143, Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden.
-

- Ryan, K.C. 1982. Evaluating potential tree mortality from prescribed burning. In Proc. Symp. Site Preparation and Fuels Management on Steep Terrain, Baumgartner, D.M.(Ed.), 15-17 Feb., Spokane, Wasington State University, Cooperative Extension, Pullman, WA, pp. 167-179.
- Schroeder, M., e C. Buck. 1970. Fire weather, a guide for application of meteorological information to forest fire control operations. USDA For. Serv. NFES 1174, PMS 425-1, Agriculture Handbook 360. Boise.
- Sneeuwjagt, R.J. e G.B. Peet. 1985. Forest fire behaviour tables for Western Australia. 3rd Edition. WA Dept. of Conservation and Land Management, Perth.
- Tolhurst, K.G., e N.P. Cheney. 1999. Synopsis of the knowledge used in prescribed burning in Victoria. Dept. of Nat. Res. and Envir. Fire Management, Melbourne.
- USDA (United States Department of Agriculture) Forest Service. 1976. Southern forestry smoke management guidebook. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. SE-10, Southeastern For. Exp. Stn. / Southern For. Fire Laboratory.
- Vega et al. 2000. Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemas prescritas. Cuadernos de la Sociedade Española de Ciencias Forestales 9: 189-198.
- Vega, J.A, J.C. Valette, F. Rego, C. Lara, D. Gillon, J. Ventura, S. Bara, V. Gomendy, H. Botelho, M. Guijarro, C. Houssard, L. Ruas, P. Cuiñas, J. Marechal, J. Mendes-Lopes, R. Díez, P. Fernandes, M. Fontúrbel, J. Santos, M. Rozados e M. Beloso. 1994. Forest fire prevention through prescribed burning: an international cooperative project carried out in the European STEP program. In Vol. I Proc. 2nd Int. Conf. on Forest Fire Research. 21-24 Nov. 1994, Coimbra, pp. 75-84
- Vega, J.A., J. Landsberg, S. Bará, T. Paysen, M.T. Fontúrbel, e M. Alonso. 2000a. Efectos del fuego prescrito bajo arbolado de P. pinaster en suelos forestales de Galicia y Andalucía. Cuadernos de la Sociedade Española de Ciencias Forestales 9: 123-136.
- Vega, J.A., P. Gorostiaga, P. Cuiñas, T. Fonturbel, e C. Fernández. 2001. Manual de queimas prescritas para matogueiras de Galicia. Xunta de Galicia, Centro de Información e Tecnoloxia Ambiental, Coleccion Técnica Medio Ambiente.
- Wade, D. e J.D. Lunsford. 1989. A guide for prescribed fire in Southern forests. USDA For. Serv. Tech. Pub. R8-TP 11, Southern Region. Atlanta, Georgia.
- Wade, D.D. 1986. Linking fire behavior to its effects on living plant tissue. In Proc. of the 1986 Society of American Foresters National Convention, Oct. 5-8, Birmingham, SAF. pp. 112-116.
- Wade, D.D., e R.W. Johansen. 1986b. Effects of fire on southern pine: observations and recommendations. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-41, Southeastern For. Exp. Stn., Asheville.

UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO ALENTEJO

utad



utad

GRUPO DE FOGOS FLORESTAIS

UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO ALENTEJO

utad



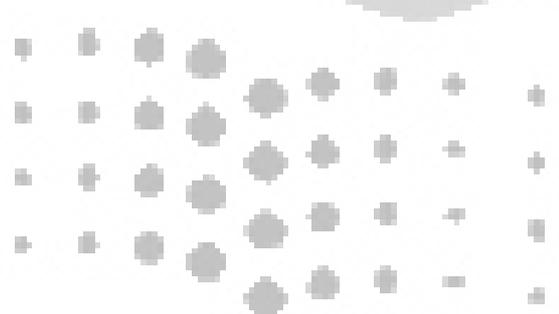
utad

GRUPO DE FOGOS FLORESTAIS



UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO ALENTO

utad



Esta publicação foi financiada pela
Comissão Nacional Especializada de Fogos Florestais (CNEFF).

