

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Curso de Mestrado em Engenharia Florestal

**"Fogo controlado no NW de Portugal: caracterização
do comportamento do fogo em matos de *Ulex
europaeus* e definição da prescrição"**

Maria Amélia Fernandes Freitas

Orientador: Paulo Alexandre Fernandes



Vila Real, 2012

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Curso de Mestrado em Engenharia Florestal

**"Fogo controlado no NW de Portugal: caracterização
do comportamento do fogo em matos de *Ulex europaeus*
e definição da prescrição"**

MARIA AMÉLIA FERNANDES FREITAS

Orientador: Paulo Alexandre Fernandes

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA FLORESTAL

Dezembro de 2012

*O fogo controlado é um
processo de aprendizagem individual e coletivo*

Paulo Mateus

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Doutor Paulo Fernandes, orientador deste estudo, pelo acompanhamento ao longo dos meses de estudo, pelo enorme apoio na estruturação do conteúdo do trabalho, definição dos métodos mais apropriados, pelo tempo dispensado e disponibilidade na correção dos textos e análise estatística, assim como no esclarecimento das dúvidas que foram surgindo ao longo do estudo.

Aos colegas dos Gabinetes Técnicos Florestais do Alto Minho que, por via do companheirismo e unidade que nos caracterizam, me apoiaram na disponibilização dos elementos para a caracterização e localização das parcelas submetidas a fogo controlado e áreas ardidadas avaliadas.

Ao Instituto de Conservação de Natureza e Florestas pela disponibilidade no fornecimento de informação relativa a queimas executadas no distrito em anos anteriores.

À Câmara Municipal de Caminha pelo apoio prestado, permitindo a frequência no mestrado em Engenharia Florestal e a participação de queimas em outros concelhos do distrito.

Ao Eng. Paulo Mateus pela sua amável disponibilidade para a revisão do conteúdo e análise experiente sobre um tema sobre o qual possui amplo conhecimento.

Ao Sr. Luís Valente pela amizade, apoio e disponibilidade para me ajudar.

À Ana Sofia que dispensou o seu tempo para me apoiar na análise matemática e estatística dos dados, colmatando as minhas falhas matemáticas.

Ao João Maria Pereira pelo incentivo e compreensão durante estes dois anos de mestrado e apoio na matemática.

À Vânia Marçal, que me acompanhou durante este dois anos de mestrado, pela sua amizade, apoio e compreensão.

RESUMO

Nas últimas décadas os incêndios florestais foram tomando conta da realidade florestal do distrito de Viana do Castelo. As consequências para o território são notórias, sendo evidente o aumento de cobertura das comunidades arbustivas em detrimento de áreas de pinhal bravo.

Condições climáticas atlânticas, caracterizadas por elevados teores de humidade relativa do ar e níveis de pluviosidade, potenciam de forma significativa o desenvolvimento vegetativo. O tojo arnal (*Ulex europaeus*) possui uma elevada capacidade de disseminação que se vê favorecida pelo clima de influência oceânica.

Apesar da elevada representatividade territorial do tojo arnal, escassos são os estudos que caracterizam a espécie no território nacional do ponto de vista do comportamento do fogo. Tal conhecimento é importante no contexto da prevenção estrutural e na supressão dos incêndios florestais.

O presente estudo baseou-se na recolha de informação que caracteriza a espécie e a sua relação com o fogo. Através de queimas controladas efetuadas no distrito de Viana do Castelo, ensaios de campo e análise de áreas afetadas por incêndios florestais, foi possível descrever a estrutura do tojo, assim como caracterizar a variação do comportamento do fogo em condições meteorológicas de risco reduzido a moderado.

Os tojais no NW português caracterizam-se por cargas relativamente elevadas de combustível total e fino, conferindo elevada perigosidade ao espaço. Esta estrutura complexa, mesmo quando conjugada com indicadores meteorológicos moderados, potencia fogos de elevada intensidade. Conjugações adversas das variáveis do ambiente do fogo propiciam então fogos intensos e rápidos, sendo por isso relevante a escolha de uma padrão de ignição ajustado, para dessa forma minimizar os impactos sobre o solo e a possibilidade de perda de controlo sobre o fogo. Face às elevadas cargas de combustível atingidas ainda em idades jovens são convenientes intervenções em tojais com menos de 6 anos.

Considerando o potencial de intensidade e de velocidade de propagação do fogo que os tojais no NW português demonstraram potenciar, foi possível no presente estudo estabelecer uma prescrição para o uso do fogo controlado que garante, por um lado a segurança da queima, e por outro a integridade do solo. Uma vez que os tojais produzem e acumulam elevadas cargas de combustível morto fino, os teores de humidade relativa do ar e aqueles contidos na vegetação detêm um importante papel na regulação da intensidade do fogo. Fogos em tojais, mesmo em condições moderadas, podem tornar-se intensos, pelo que um número de dias sem chuva superiores a 3, humidades relativas entre 55 e 75% e índices de DMC inferiores a 30 são valores que deverão garantir segurança e controlo da queima.

Ao nível dos padrões de comportamento do fogo, são desejáveis velocidades de propagação (0,5-1 m/min) e intensidades do fogo (400-1000 kW/m) baixas. Os comprimentos de chama não deverão ultrapassar os 3 m, diminuindo assim a possibilidade de projeções de materiais em combustão ou projeção da própria chama para combustíveis próximos não incluídos no objetivo da gestão.

Quando adequadamente planeado, o fogo controlado possui um impacto ambiental reduzido constituindo uma ferramenta eficaz e economicamente atraente para a gestão do combustível nos espaços florestais.

PALAVRAS-CHAVE: tojo, fogo controlado, carga de combustível, comportamento do fogo

Abstract

The last decades have seen forest fires as a prominent feature of the Viana do Castelo district. The consequences for the territory are notorious, being evident the increase of coverage of the shrub communities at the expense of areas of maritime pine.

Climate in the region is oceanic, characterized by high relative humidity and abundant rainfall, hence significantly enhancing plant growth. Gorse has a high capacity to spread which is seen as favored by the Atlantic climate.

Despite the high representativity of gorse in Portugal, studies characterizing the species as a fuel and the associated fire behaviour are scarce. Such knowledge is important in the context of structural prevention and suppression of forest fires.

Description of gorse as fuel and the characterization of the primary fire behaviour variables were based on gathering data collected in previous years prescribed fires, new prescribed fires and the analysis of areas burned by wildfire.

Gorse shrublands in NW Portugal are characterized by high amounts of fine and total fuels that imply high fire hazard leading to intense fire even under moderate weather conditions. Fast and intense fires will arise whenever the individual fire environment variables combine adversely. Therefore, ignition patterns in prescribed fire operations should be adopted to minimize the likelihood of loss of control and avoid negative effects on the soil. Because post-fire fuel build-up is fast and high fuel loads are reached early, prescribed burning should take place at intervals of (or shorter) than 6 years are appropriate interventions and younger than 6 years.

Considering the potential of intensity and propagation velocity that gorse areas in portuguese NW have demonstrated, it was possible in this study establish a prescription to the use of fire which ensures, on the one hand the security of burning and secondly the integrity of the soil . Since gorse produce and accumulate high loads of fuel dead fine, amounts of relative humidity and those contained in the vegetation has an important role in regulating of intensity. Gorse fires even in mild conditions, may become severe, so a number of days without rainfall than 3, relative humidities between 55 and 75% and DMC indices below 30 are values that should ensure safety and control burning. In terms of fire behavior patterns, are desirable lower propagation speeds (0.5-1 m / min) and intensity of the fire (400-1000 kW / m). The flame length should not exceed 3 m, thus reducing the possibility of burning materials projections or projection own flame near fuel not included in the management goal.

When properly planned, prescribed fire has low environmental impact and is the most efficient and cost-effective fuel treatment in forest areas.

KEYWORDS: gorse, prescribed burning, fuel load, fire behaviour

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	I
Resumo	I
Abstract.....	I
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Âmbito do estudo.....	2
1.2. Objetivos do estudo	4
1.3. Enquadramento da área de estudo	5
2 - O FOGO COMO ELEMENTO ECOLÓGICO	14
2.1 – O fogo controlado como ferramenta de gestão das áreas de mato	16
2.2 – Parâmetros descritivos do comportamento do fogo aplicados ao fogo controlado	19
2.2.1 – O ambiente de fogo: fator determinante para o desenvolvimento do fogo	21
2.2.2 – Os elementos primários do comportamento do fogo.....	25
3 - <i>ULEX EUROPAEUS</i> COMO COMBUSTÍVEL E SUA RELAÇÃO COM O FOGO	27
3.1 – O tojo como combustível.....	29
3.2 – A relação do tojo com o fogo	31
3.3 – Comportamento do tojo após o fogo	34
4 - METODOLOGIA	37
4.1 – Estudo de áreas submetidas a fogo controlado.....	37
4.2 - Estudo de áreas de tojo afetadas por incêndios florestais	42
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 – Condições meteorológicas das queimas	46
5.2 – Caracterização e relações entre descritores do combustível.....	49
5.3 – Caracterização do comportamento do fogo	54
5.4 – Consumo do combustível	58
5.5 – Comportamento do fogo e Ambiente Meteorológico.....	59
5.6 – Severidade do fogo	62

5.7 – Prescrição de queima em tojal 66

6 - CONCLUSÕES 67

7 - BIBLIOGRAFIA 70

ANEXOS

ANEXO I – Normais climatológicas (NC) 1971-2000 e 1981-2010 – Viana do Castelo.....79

ANEXO II – Histórico de incêndios florestais do distrito de viana do castelo entre 2001 e 2012.....80

ANEXO III – Técnicas de ignição aplicadas ao uso do fogo controlado.....81

ANEXO IV – Exemplo de ficha de campo de caracterização das parcelas submetidas a fogo controlado.....84

ANEXO V – Exemplo de ficha de campo de caracterização da queima, comportamento do fogo e impactes nas parcelas submetidas a fogo controlado.....85

ANEXO VI – Exemplo de ficha de campo utilizada para caracterização das áreas ardidas...87

ANEXO VII – Mapa de localização das áreas estudadas.....88

ANEXO VIII – Tabela dos dados obtidos nas áreas submetidas a fogo controlado.....89

ANEXO IX – Tabela dos dados obtidos no estudo das áreas ardidas.....90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura em Viana do Castelo - Normais Climatológicas 1971-2000 e 1981-2010.....	6
Figura 2 – Precipitação em Viana do Castelo - Normais Climatológicas 1971-2000 e 1981-2010.....	7
Figura 3 - Vento – Frequência para cada rumo (%).....	8
Figura 4 – Ocupação (ha) do espaço rural por tipo geral de uso do solo.....	9
Figura 5 – Incêndios florestais por distrito entre 2001 e 2012.....	10
Figura 6 – Densidade de ignições e % de área ardida na região Norte entre 2001 e 2012.....	10
Figura 7 – Incêndios florestais no distrito de Viana do Castelo entre 2001 e 2012.....	11
Figura 8 – Incêndios florestais no distrito de Viana do Castelo por concelho entre 2001 e 2012.....	11
Figura 9 – Incêndios florestais e coberto vegetal no distrito de Viana do Castelo por concelho entre 2001 e 2012.....	12
Figura 10 – Influência da presença de faixas de fogo controlado na configuração de um incêndio florestal (incêndio ocorrido no ano de 2010 em Caminha).....	18
Figura 11 – Gráfico de inflamabilidade definido por Campbell.....	22
Figura 12 – Representação da circulação dos ventos convetivos.....	23
Figura 13- Esquema da relação dos índices que levam à determinação do FWI.....	24
Figura 14- Características geométricas da chama.....	25
Figura 15- Distribuição do <i>Ulex europaeus</i> no território português.....	29
Figura 16 - Estrutura dos combustíveis dominados por <i>Ulex europaeus</i>	30
Figura 17 - Rebentação por toixa do <i>Ulex europaeus</i> após a passagem do fogo.....	35
Figura 18- Caracterização do combustível quando à sua estrutura viva e morta.....	39
Figura 19 - Estação meteorológica portátil.....	39
Figura 20 - Método de determinação da velocidade de propagação (queima realizada a 25/11/2011).....	40
Figura 21 - Método de determinação das características da chama (queima realizada a 25/11/2011).....	40
Figura 22 - Percentagens de redução de combustível para matos (Vega, 2001)	41
Figura 23 - Método de determinação da espessura de manta morta consumida.....	41
Figura 24 – Representação do método de determinação da área de um incêndio florestal (Alexander <i>et al.</i> , 1989).....	44
Figuras 25,26 e 27 – Relação estatística da idade com a carga de combustível total, proporção copa morta e altura média dos arbustos.....	52
Figuras 28 e 29 – Relação estatística entre a altura média dos matos e a carga combustível fino e proporção de copa morta.....	53
Figura 30 - Comparação da carga de combustível fino nos fogos com a carga estimada com a equação de Rosa <i>et al.</i> (2011) para Portugal, mostrando a linha $y=x$	53
Figuras 31 e 32 - Relação entre carga de combustível e comportamento do fogo.....	54

Figuras 33 - Relação entre comprimento de chama e intensidade linear de fogo.....	55
Figura 34 – Relação estatística entre velocidade de propagação e intensidade linear de fogo (ensaios de campo e incêndios florestais).....	57
Figura 35 – Relação estatística entre carga de combustível consumida e intensidade linear de fogo (ensaios de campo).....	58
Figura 36 - Relação entre a velocidade de propagação e a humidade relativa do ar.....	59
Figuras 37 e 38 - Relação entre a velocidade de propagação e intensidade com a humidade do combustível morto fino (HCMF).....	60
Figuras 39,40 e 41 - Relação entre a velocidade de propagação e índices FWI.....	61
Figuras 42,43 e 44 - Relação entre a intensidade e índices FWI.....	62
Figura 45 - Relação entre a velocidade de propagação e a redução do combustível.....	63
Figuras 46,47,48 e 49 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo e índices FWI.....	63 e 64
Figuras 50 e 51 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo (redução combustível-RC; ramificação dissecada-DC) e intensidade.....	64
Figuras 52 e 53 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo (ramificação dissecada-DC; e redução combustível-RC) e velocidade de propagação.....	65

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Prescrição genérica para o uso do fogo em matos.....	19
Quadro 2 – Distribuição da altura ao longo dos anos em espécies do género <i>Ulex</i> (Reys <i>et al.</i> , 2009)	30
Quadro 3 - Cargas de combustível em formações de tojo.....	31
Quadro 4 – Ambiente meteorológico verificado nas ações de fogo controlado e nos incêndios florestais.....	47
Quadro 5 – Valores de FWI verificados nas ações de fogo controlado e nos incêndios florestais em área de tojo	48
Quadro 6 – Caracterização da estrutura do combustível nas parcelas de fogo controlado (FC) e nos incêndios florestais (IF).....	49
Quadro 7 – Caracterização dos estratos condutores do fogo e da camada de manta morta.....	50
Quadro 8 - Correlação entre variáveis dos combustíveis.....	51
Quadro 9 – Valores dos parâmetros de comportamento do fogo obtidos em ensaios de campo.....	55

Quadro 10 – Intervalos numéricos para os graus de intensidade linear de fogo, relacionando-os com Índices FWI. Adaptado de Alexander e Lanoville (1989) e Palheiro <i>et al.</i> (2006).....	56
Quadro 11 – Consumos obtidos nos ensaios de campo e incêndios florestais.....	58
Quadro 12- Prescrição de uso do fogo em tojal no NW de Portugal.....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela dos dados obtidos nas áreas submetidas a fogo controlado.....	84
Tabela dos dados obtidos no estudo das áreas ardidas	85

ABREVIATURAS

ARD - Altura de ramificação dissecada
BUI – Build Up Index
DFCI – Defesa da Floresta Contra Incêndios
DMC – Duff Moisture Content
DC – Drought Code
DC (mm) - Diâmetro calcinado
E MM C - Espessura de manta morta consumida
FC – Fogo controlado
FFMC – Fine Fuel Moisture Content
FWI – Fire Weather Index
GIF – Grandes Incêndios Florestais
GTF – Gabinete Técnico Florestal
HC - Herbáceas consumidas
IF – Incêndio florestal
IFN - Inventário Florestal Nacional
ISI – Initial Spread Index
PFC – Plano de Fogo Controlado
POQ – Plano Operacional de Queima
RC - Redução do combustível
RD - Ramificação dissecada
ROS – velocidade de propagação
SGIF – Sistema Gestão de Informação de Incêndios Florestais

1

INTRODUÇÃO

O território português, no contexto europeu, possui uma pouco invejável primazia em relação aos incêndios florestais e muito facilmente se levanta a questão “porque arde tanto em Portugal” (Fernandes, 2007). Paradoxalmente, possuímos um território marcadamente florestal, detentor de 3,4 milhões de hectares arborizados (IFN2005), correspondendo a 38% da área do território nacional, e considerando que as áreas de matos ocupam 1,9 milhões de hectares (IFN2005), embora não na totalidade devido à presença de improdutivos, verifica-se um potencial de crescimento da fileira florestal.

Este contexto revela a necessidade de melhorar e aprofundar o conhecimento acerca dos instrumentos disponíveis para a prevenção dos incêndios florestais. A Lei de Bases da Política Florestal (Lei nº33/96) enumera como ação de carácter prioritário, a definição e implementação de procedimentos técnicos que visem a minimização do risco de incêndio.

O perigo de incêndio presente nos espaços florestais, e mais recentemente nos espaços agrícolas cada vez mais abandonados, reflete a probabilidade da ocorrência de um incêndio florestal e a facilidade e intensidade da sua propagação (Rego e Almeida, 1988). A sua variação e distribuição espacial estão relacionados e dependentes do ambiente de fogo, ou seja, das variáveis que determinam a sua progressão: meteorologia, topografia e combustíveis. É precisamente sobre estas variáveis que devemos atuar para minimizar os impactes dos incêndios florestais. Não sendo naturalmente possível manipular ou controlar as duas primeiras, teremos pois que focar a nossa atenção sobre a vegetação, ou seja, na composição e estrutura dos combustíveis presentes no espaço florestal. A diminuição da quantidade e a redução da continuidade, horizontal ou vertical, conduz a uma redução do perigo de incêndio (Morgan, 1988).

A vegetação, em especial a do estrato herbáceo e arbustivo, constitui o elemento condutor do fogo no espaço natural e a fonte de energia que é libertada, daí a denominação “combustível”. Sabemos hoje que uma das formas de minimizar os efeitos da passagem dos incêndios florestais, ou de contribuir para a redução das áreas percorridas pelos mesmos, passa pela gestão de combustíveis em áreas estratégicas intervindo em pontos críticos e criando estruturas que limitem a progressão do incêndio e possam assim apoiar eficazmente o respetivo combate.

O fogo controlado surge então como uma importante ferramenta na prevenção estrutural dos incêndios florestais, na medida em que permite de uma forma mais eficaz, do ponto de vista da sua exequibilidade e no apoio ao combate, a gestão de combustíveis, tanto em povoamentos florestais como em formações arbustivas. Esta técnica é considerada inclusivamente no Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (RCM nº65/2006), como ferramenta para a redução dos combustíveis.

Assim, focando a atenção no fogo controlado como ferramenta de gestão de combustíveis, é necessário conhecer verdadeiramente dois aspetos: as características da vegetação (combustível) e como esta interação com o fogo determina o seu comportamento. Conhecer o fogo e os seus padrões de comportamento conduz ao entendimento de uma das mais antigas formas de gerir combustíveis. Conhecê-lo é a melhor forma de o controlar e manipular, em função do objetivo que lhe queremos atribuir (Pyne 1988).

Para além dos aspetos relacionados com a ignição e com a forma como esta evolui, a atenção deverá igualmente centrar-se nos impactes do uso do fogo em especial no solo, enquanto elemento que garante a sustentabilidade dos espaços naturais.

Tendo como ponto de partida o objetivo da queima, os responsáveis pela execução das queimas deverão ter como preocupação o controlo da intensidade do fogo respeitando parâmetros definidos na prescrição para a parcela que pretendemos queimar, de forma a que o impacte seja minimizado.

1.1. ÂMBITO DO ESTUDO

Nos espaços rurais, o fogo constitui tradicionalmente uma ferramenta de uso agrícola ou silvo-pastoril como forma de gestão dos combustíveis vivos e mortos.

No NW português sob condições edafo-climáticas Atlânticas, e em particular nas áreas dominadas por tojo arnal (*Ulex europaeus*), o desenvolvimento e estrutura da vegetação criavam em espaços de montanha áreas quase impenetráveis para a circulação dos animais. Neste contexto, a par do corte dos matos para as camas dos animais e fertilização dos campos agrícolas, o uso do fogo tornou-se prática generalizada para a renovação das pastagens e criação de acessos aos pastos.

Hoje, transcorridas várias alterações socioculturais e económicas nos espaços rurais, o tojo voltou a marcar o território e a ocupar extensas áreas contribuindo para a crescente

acumulação de combustível fino que influencia o comportamento dos incêndios florestais. Nas últimas décadas, devido ao agravamento do número e severidade dos incêndios florestais, o distrito de Viana do Castelo assistiu a uma perda acentuada de área de pinhal, em favor do aumento das áreas ocupadas por outras espécies florestais e por matos, particularmente o tojo. Desta nova realidade advém a necessidade do uso do fogo controlado para a regulação das cargas de combustível e redução do perigo de incêndio, contribuindo para a minimização da intensidade linear do fogo e consequentemente uma maior efetividade dos meios de combate e redução da área ardida.

Mais do que controlada, a queima deverá ser sempre prescrita, respeitando-se intervalos de prescrição previamente estabelecidos, nos quais se encontram espelhados parâmetros, que a ser respeitados, garantirão a execução de uma queima com segurança e permitirão que se atinjam os objetivos propostos (Vega, 2001). Este é aliás o princípio básico da utilização do fogo controlado.

Contudo, o comportamento do fogo varia com o tipo e composição específica da vegetação e com as cargas e estrutura dos combustíveis presentes nos espaços florestais. Assim, para uma planificação da aplicação do fogo controlado e desenvolvimento de prescrição de queima, é necessário conhecer aprofundadamente as especificidades do comportamento do fogo aplicáveis a cada tipo de vegetação e a forma como as variáveis descritoras do ambiente de fogo terão influência na sua progressão. Embora os modelos de comportamento de fogo se encontrem estabelecidos matematicamente e sejam implementados em ferramentas de simulação, persiste a necessidade de identificar corretamente quando e onde vão ocorrer as variações de intensidade do fogo no decorrer da queima, assegurando uma queima segura e minimizando os efeitos da passagem do fogo no solo (Campbell, 2010).

Quando se aplica o fogo na gestão do combustível, as espécies deverão ser caracterizadas tendo em conta a sua capacidade para arder (Frandsen, 1983 *in* Fernandes, 1997). Na verdade o comportamento do fogo depende dos estratos de combustível e das restantes condições ambientais essenciais para a propagação – meteorologia e topografia (Fernandes, 1997).

No contexto nacional, é muito escasso o conhecimento do comportamento do fogo em matos de influência Atlântica. Referimo-nos concretamente ao *Ulex europaeus*. Na verdade, estudos e ensaios em comunidades arbustivas em território português incidiram essencialmente em matos de urze e carqueja, cuja influência climática é sobretudo subatlântica. O tojo desenvolve-se em condições edafo-climáticas caracterizadas por elevados níveis de

pluviosidade e humidade relativa do ar a par de temperaturas mais amenas, criando um ambiente propício a uma acumulação do combustível e combustibilidade dos espaços florestais.

1.2. OBJETIVOS DO ESTUDO

O desenvolvimento de métodos preditivos para as características dos combustíveis vegetais e os padrões de comportamento do fogo é justificado pela necessidade de planear de forma eficaz as ações de prevenção e de combate aos incêndios florestais e pelo conhecimento dos efeitos da passagem do fogo nos ecossistemas (Fernandes, 1997).

Considerando os estudos existentes sobre as características do combustível e do comportamento do fogo nas formações arbustivas em Portugal, são praticamente inexistentes aqueles que possam servir de base ao planeamento de ações em áreas ocupadas pelo tojo. As referências existentes para este tipo de vegetação respeitam a estudos realizados em Espanha, França ou Nova Zelândia, mas cujas conclusões não poderão ser na totalidade extrapoladas para a realidade nacional, podendo no entanto surgir como base comparativa. Este é precisamente um dos fundamentos deste estudo, no qual se pretende colmatar uma lacuna no panorama dos estudos caracterizadores dos padrões comportamentais do fogo no tojo, no território nacional.

Assim, num contexto de caracterização profunda das características de um determinado combustível e da sua relação com o fogo, neste estudo sobre o tojo surgem várias questões:

- Quais as características e estrutura do combustível, suscetíveis de influenciar o comportamento do fogo?
- Como se caracteriza o padrão de comportamento do fogo em tojal?
- Qual a janela de prescrição mais adequada a este tipo de combustível para que a queima satisfaça os objetivos estabelecidos?
- Que condições máximas são admissíveis para que o uso do fogo controlado não provoque danos ecológicos?
- Será o fogo controlado a ferramenta adequada para a regulação de cargas de combustível neste tipo de matos?

Não pretendemos responder a todas as questões enumeradas, mas o presente estudo pretende que através da análise de dados colhidos em ensaios de campo, seja possível responder a

algumas das questões colocadas e estabelecer condições de referência para a utilização do fogo controlado neste tipo de formação arbustiva. Acresce que o conhecimento obtido poderá fornecer informação e ferramentas importantes num contexto de combate aos incêndios florestais que venham a percorrer tojais.

Para além da possibilidade de estabelecer um referencial de comportamento do fogo no tojo para o combate aos incêndios florestais e para ações de fogo controlado, é vital o conhecimento de tais padrões para aplicação no planeamento DFCI de âmbito regional e municipal. Prioridades de intervenção silvícola e instalação de infraestruturas de defesa da floresta contra incêndios deverão ajustar-se ao território, em função do conhecimento adquirido quanto às características da vegetação e à predição do comportamento do fogo na mesma.

A realização do presente estudo justifica-se ainda pelo fato de Viana do Castelo possui, nos últimos anos, um histórico de incêndios florestais bastante negativo.

1.3. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

1.3.1. CARACTERIZAÇÃO GEOFÍSICA

O distrito de Viana do Castelo, também NUT III Minho Lima, localiza-se no NW português, sendo delimitado a norte pelo rio Minho que estabelece a fronteira com Espanha, a oeste pelo Oceano Atlântico, a sul pelo distrito de Braga e a este por Espanha.

Composto por 10 concelhos, o Alto Minho possui uma área total de 2255 km² e cerca de 244.836 habitantes, de acordo com os resultados provisórios dos censos de 2011, configurando uma diminuição da população residente comparativamente ao ano de 2001, no qual se verificavam cerca de 250 275 habitantes.

Importa considerar nesta caracterização os fatores que compõe o piroambiente e que poderão interagir entre si de forma complexa e definir padrões de comportamento do fogo (Fernandes, 2007).

O relevo da região em estudo é caracterizado por formações bastante irregulares, alternando entre vales encaixados, formados por densa rede hidrográfica, e formações montanhosas que conferem ao território aquilo que Falcão Machado (1935) denominou de *Teclado Minhoto*. O relevo do território evolui progressivamente do litoral para o interior, sendo marcado a oeste pelas serras da Argá, Boalhosa e Anta, culminando na Peneda e Soajo, onde se verificam as maiores altitudes (PROF Alto Minho, 2006). A par da irregularidade geo-morfológica, o

distrito é ainda marcado por declives que nos sistemas montanhosos variam de 20% a mais de 50%. No que concerne às exposições das vertentes, o território é marcadamente exposto a sul, fator que determinará as características dos combustíveis e a própria propagação do fogo; as exposições a norte possuem também expressividade.

No Alto Minho o clima é sobretudo de influência atlântica, embora se identifiquem características mediterrânicas. Assim, se por um lado se verifica um clima fresco e húmido, com Verões e Invernos amenos, devido à abertura para o Atlântico, por outro lado, na mesma região, o clima pode ser bastante quente e seco, com luminosidade forte, grande insolação e carência de chuvas no verão e um inverno chuvoso e frio por influência mediterrânea (Ribeiro *et al.*, 1988).

A caracterização climática, nas variáveis temperatura e precipitação tem por base as Normais Climatológicas dos períodos de 1971-2000 e 1981-2010, estes últimos ainda provisórios (Anexo I). Assim, no que concerne à temperatura (Figuras 1), tendo como base a média realizada entre as duas normais, verifica-se que a temperatura mínima varia entre os 4,8° e 15,2°C enquanto que temperatura máxima varia entre os 14,5° e os 26,2°C. As temperaturas acima dos 20°C ocorrem entre os meses de maio e outubro.

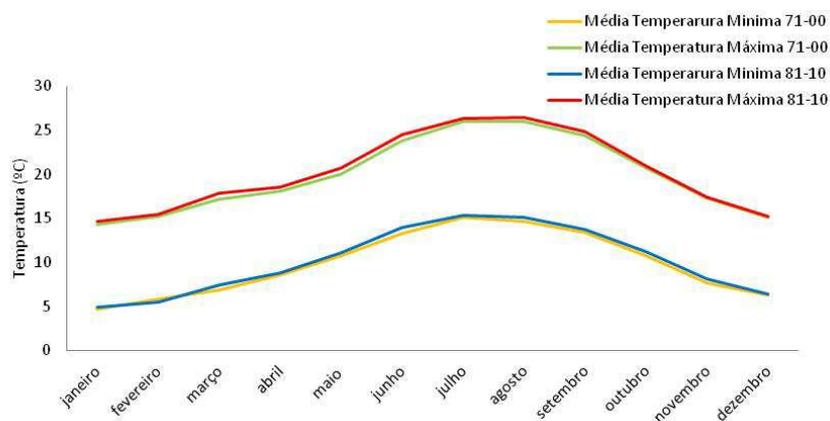


Figura 1 – Temperatura em Viana do Castelo - Normais Climatológicas 1971-2000 e 1981-2010

Fonte: Instituto de Meteorologia

A variação entre as duas normais da temperatura mínima e máxima é, na generalidade dos meses positiva, sugerindo um aumento global da temperatura de 1971-2000 para 1981-2010. A variação entre os dois períodos da temperatura média mínima, à exceção do mês de fevereiro, é sempre positiva, verificando-se acréscimos máximos de 0,6°C. A variação da temperatura média máxima é igualmente positiva com acréscimos máximos de 0,7°C. Este aumento da temperatura poderá condicionar a disponibilidade dos combustíveis para a

combustão e consequentes velocidade e intensidade de propagação, levando a que possam ser cada vez mais frequentes os incêndios de considerável dimensão.

Relativamente à precipitação, verifica-se que os valores médios mensais variam entre 28 mm e 220,8 mm (Figura 2). Os níveis mais baixos verificam-se naturalmente entre os meses de junho e setembro. A variação entre normais, em determinados meses do ano, é negativa inclusivamente em meses de inverno como dezembro, janeiro ou fevereiro. A evolução ao longo dos meses é semelhante para os dois períodos, apresentando decréscimos nos meses de março e posteriormente entre maio e agosto, sendo julho o mês que mais baixos valores de precipitação observa.

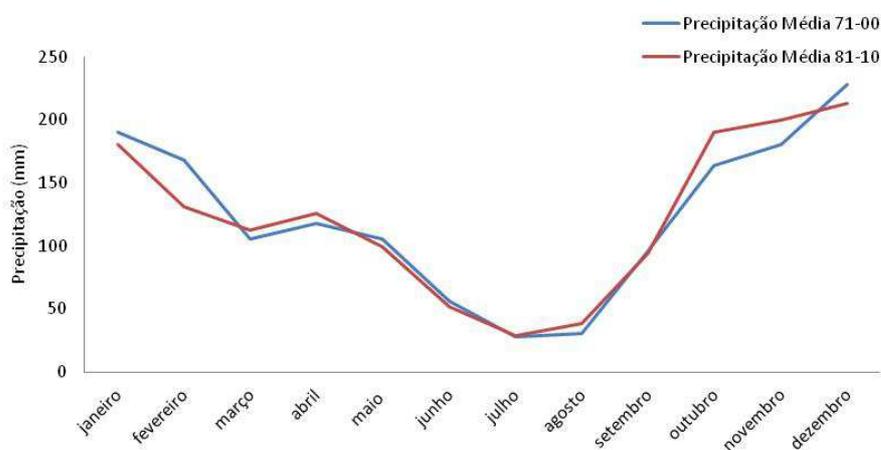


Figura 2 Precipitação em Viana do Castelo - Normais Climatológicas 1971-2000 e 1981-2010

Fonte: Instituto de Meteorologia

O decréscimo de precipitação verificado nos meses de inverno associado ao aumento generalizado da temperatura poderá levar ao aumento da perigosidade meteorológica de incêndio florestal em meses não considerados como críticos. Face a esta realidade, poderão ser frequentes os decretados Períodos Críticos fora do período estival. Por outro lado poderão ver-se condicionadas as janelas de prescrição para a execução de fogo controlado.

Se a este aumento generalizado de temperatura e anomalias negativas de precipitação associarmos outros elementos que compõem o piroambiente, como estruturas complexas de combustível e sua crescente disponibilidade para a combustão, poderemos, em casos de conjugação de outros fatores intrínsecos ao território, como a topografia, exposição ou ventos dominantes de quadrante Norte por vezes fortes, verificar uma maior probabilidade de grandes incêndios florestais (GIF). Assim, parece evidente a necessidade de alteração e manipulação da estrutura e carga dos combustíveis presentes nos espaços florestais do distrito,

devendo esta aposta focar-se na criação de mosaicos e tratamento de pontos críticos numa perspetiva de criação de descontinuidades estruturantes que contrariem a progressão dos GIF.

Os ventos dominantes (Figura 3) são sobretudo de quadrante norte e noroeste, atingindo velocidades por vezes acima dos 80km/h, caracterizando as vulgarmente conhecidas nortadas.

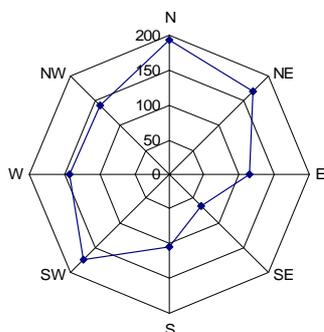


Figura 3 - Vento – Frequência para cada rumo (%)

Fonte: Normais Climatológicas Estação Viana do Castelo 1970-1980

Os dias de geada são variáveis no território alto minhoto, evoluindo progressivamente do litoral para o interior, podendo chegar aos 40 dias.

Os espaços florestais do distrito ocupam cerca de 70% da sua área, revelando-se assim a importância deste espaço na dinâmica territorial e o peso estratégico para o setor (PROF Alto Minho, 2006). A flora característica dos espaços florestais do distrito é predominantemente atlântica, destacando-se espécies como o carvalho e o videiro, embora a área de tais espécies seja suplantada pelas monoculturas de pinhal e eucaliptal que predominam nos povoamentos florestais. Verifica-se a presença de vegetação mediterrânica, embora a mesma tenha surgido no território devido a alterações climáticas passadas (PROF Alto Minho, 2006). Ao nível arbustivo, predominam os giestais, urzais e tojais, cuja expansão resultou da degradação dos carvalhais primitivos e mais recentemente dos espaços percorridos por incêndios que transformaram pinhais em áreas de matos.

O 5º Inventário Florestal Nacional (Figura 4) revela que no distrito de Viana do Castelo as áreas de matos predominam, ocupando uma área de 87.801 ha, cerca de 43% da ocupação vegetal. Seguem-se as áreas arborizadas (33%) e a agrícola (24%), esta última sofrendo decréscimo face ao abandono da rural com consequente expansão florestal. Considerando que os matos constituem um elemento condutor do fogo, esta preponderância nos espaços florestais será um fator importante no contexto dos incêndios florestais.

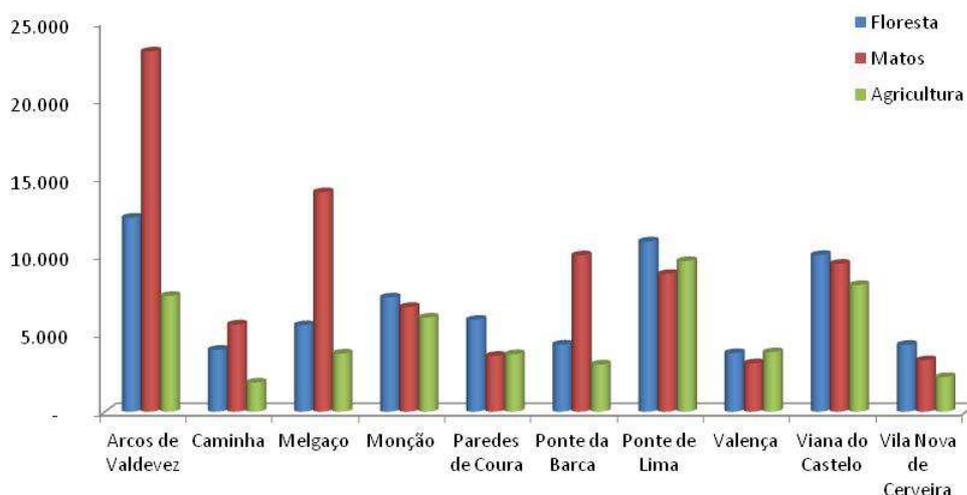


Figura 4 – Ocupação (ha) do espaço rural por tipo geral de uso do solo

Fonte: 5º Inventário Florestal Nacional

1.3.2. – HISTÓRICO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Num contexto nacional, Viana do Castelo é um dos distritos que se destaca na realidade dos incêndios florestais. Tendo como base o período compreendido entre 2001 e 2012, este último ainda com dados provisórios, o distrito situa-se abaixo da barreira das 20 000 ocorrências, sendo ultrapassado pelos distritos de Aveiro, Braga, Lisboa, Porto, Vila Real e Viseu, na sua maioria distritos da região Norte (Figura 5). A sua primazia verifica-se quando contabilizados os reacendimentos, sendo apenas ultrapassado pelo distrito de Aveiro. Relativamente à área ardida, a realidade é ligeiramente diferente embora o destaque do Alto Minho se mantenha, tendo obtido uma área acumulada superior a 100 000ha, sendo ultrapassada por Castelo Branco, Guarda, Santarém Vila Real e Viseu.

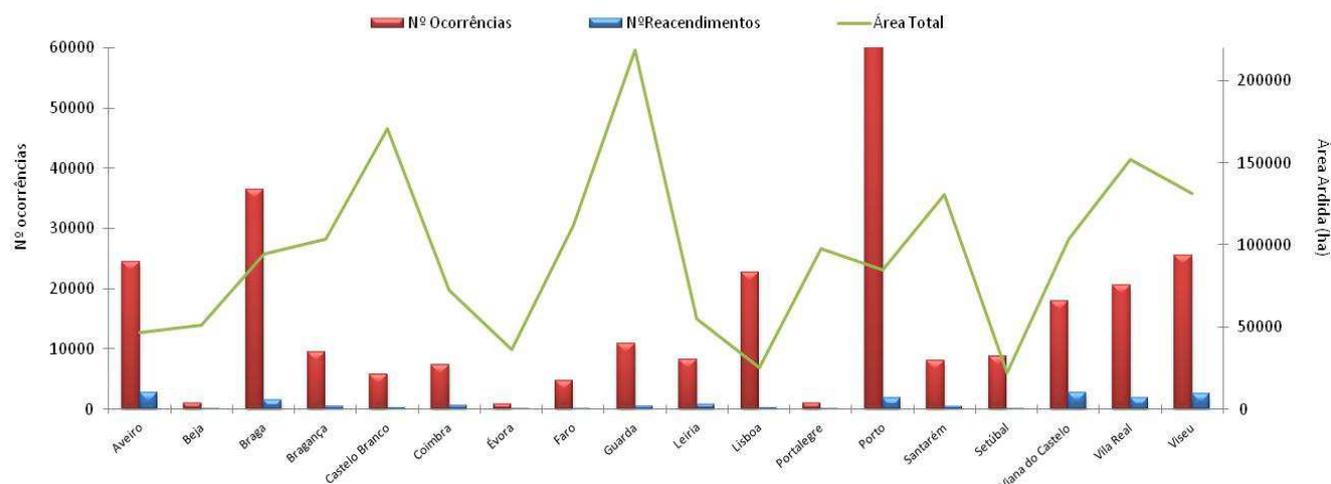


Figura 5 – Incêndios florestais por distrito entre 2001 e 2012

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

Considerando a região Norte, verifica-se que a densidade de ignições por km² é superior no distrito do Porto e em Braga, situando-se Viana do Castelo numa posição intermédia. O distrito no período compreendido entre 2001 e 2012 (Figura 6) observou uma densidade de 8 ocorrências por km², francamente inferior às 27 verificadas no distrito do Porto e as 14 no distrito de Braga. Considerando a percentagem de área ardida, verifica-se que Viana do Castelo é um dos distritos que contribui com percentagem elevada (19,2), sendo apenas suplantada pela observada o distrito de Vila Real (28,3%). Bragança e Porto são os distritos que menos contribuem em percentagem de área ardida na região Norte.

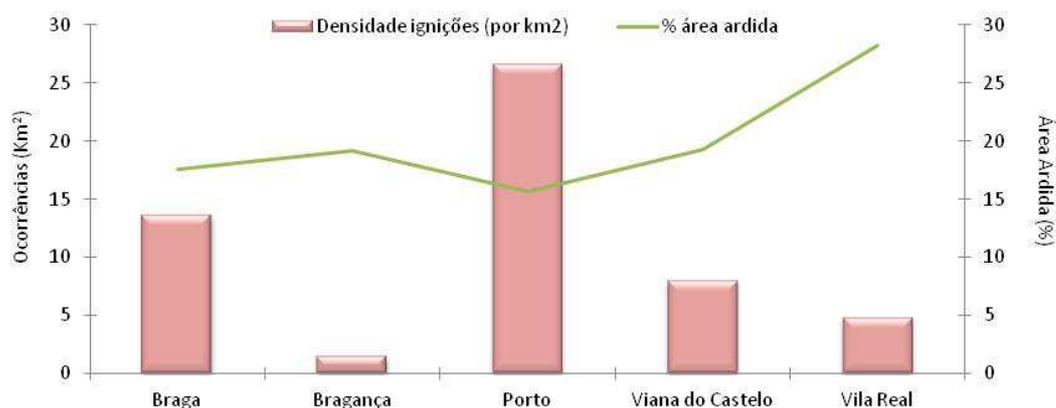


Figura 6 – Densidade de ignições e % de área ardida na região Norte entre 2001 e 2012

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

Face ao histórico do distrito, são evidentes ciclos, cada vez mais curtos, de elevado número de ocorrências destacando-se o período de 2009, 2010 e 2011 (Anexo II). A este nível destacam-

se os anos de 2005 e 2010, como os mais críticos, nos quais se observam valores acima das 2000 ocorrências. O número de fogachos, ou seja, com área inferior a 1ha, é invariavelmente superior ao número de incêndios florestais.

Os ciclos referidos são ainda mais evidentes quando nos reportamos à área ardida, destacando-se claramente 2005 e 2010, com valores de área ardida superiores aos 20 000 ha, coincidindo com o elevado número de ocorrências (Figura 7). Nos dois anos mencionados, vários fatores conjugados de forma complexa, sugerem uma explicação para esta realidade: em cinco anos verificou-se uma acumulação de elevada carga de combustível que, conjugada com condições meteorológicas extremas, determinou fogos de elevada intensidade. Acresce o elevado número de ocorrências em simultâneo que poderá ter condicionado a resposta do dispositivo em tempo útil, o que por sua vez, poderá ter levado à ocorrência de GIF.

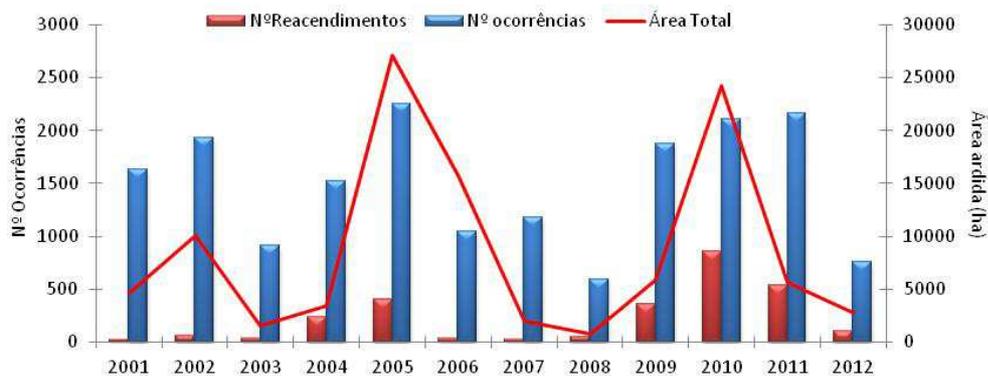


Figura 7 – Incêndios florestais no distrito de Viana do Castelo entre 2001 e 2012

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

Analisando a realidade ao nível de concelho e no que ao número de ocorrências diz respeito, destacam-se Arcos de Valdevez, Ponte de Lima e Viana do Castelo (Figura 8).

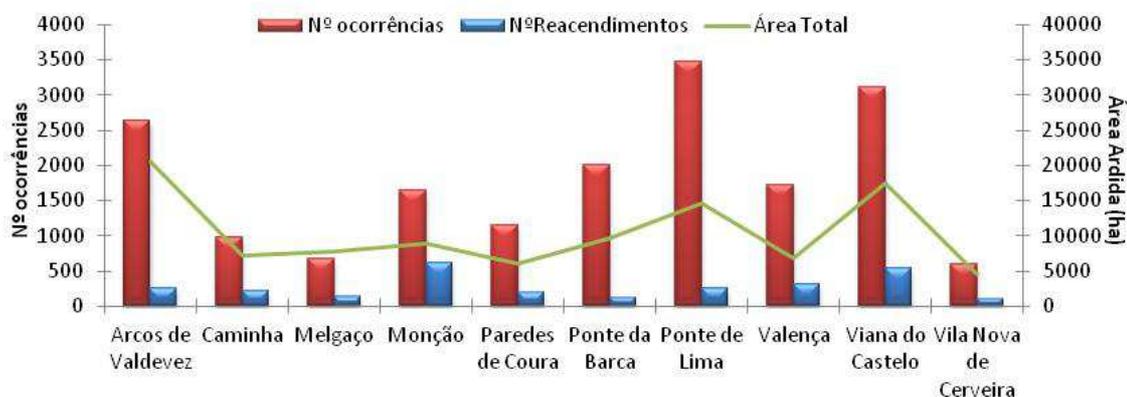


Figura 8 – Incêndios florestais no distrito de Viana do Castelo por concelho entre 2001 e 2012

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

Comparando o tipo de área ardida com o coberto vegetal existente em cada concelho, constata-se que é naqueles onde as formações arbustivas predominam que se verifica uma maior área ardida em matos (Figura 9). Referimo-nos aos concelhos de Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço e Ponte da Barca. Em territórios mais arborizados, a área queimada de matos igualmente supera a de floresta, como se verifica em Monção, Paredes de Coura, Valença e Vila Nova de Cerveira.

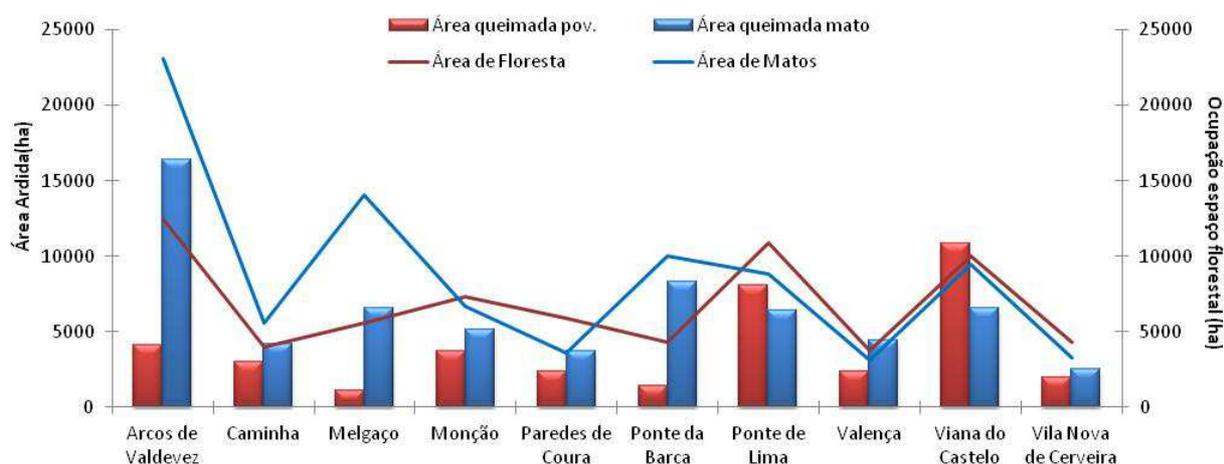


Figura 9 – Incêndios florestais e coberto vegetal no distrito de Viana do Castelo por concelho entre 2001 e 2012

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

Viana do Castelo e Ponte de Lima merecem de igual forma especial forma uma vez que tem verificado uma perda significativa de áreas de povoamento que poderão gradualmente vir a ser dominadas por matos.

Neste contexto, a aplicação do fogo controlado na gestão da carga de combustível em áreas de matos, e criação de zonas de ancoragem dos incêndios e de expansão de oportunidades de combate, vislumbra-se como uma ferramenta com potencial de crescente utilização. Na atualidade, apenas Caminha, Paredes de Coura, Ponte de Lima e Vila Nova de Cerveira possuem Plano de Fogo Controlado (PFC) para áreas de matos, onde curiosamente, à exceção de Caminha, predominam áreas de povoamento. Face à credenciação dos técnicos dos GTF's dos Municípios, ocorrida em 2012, será espetável um aumento da área tratada através do fogo controlado, inscrita em PFC.

Face à realidade dos incêndios florestais e à necessidade de controlar a carga de combustível, justifica-se a elaboração dos referidos planos em outros concelhos, onde esta prática se tem

desenvolvido de forma algo tímida através da realização de queimadas licenciadas. Esta necessidade aparenta ser mais premente em concelhos de montanha onde, por um lado predominam áreas de mato, e por outro o pastoreio é abundante, vislumbrando-se a oportunidade do desenvolvimento de um trabalho de proximidade com a população que tradicionalmente utiliza o fogo como ferramenta de modelação do coberto vegetal. Além disso, numa lógica necessária de prevenção estrutural integrada, faz ainda mais sentido o estender de uma rede de áreas geridas através do fogo controlado.

A existência de inúmeros incêndios florestais neste território justifica o presente estudo, ainda mais se se considerar que os matos ocupam abundantemente os espaços florestais. Considerando que os tojais são uma das formações arbustivas preponderantes no território, é importante aprofundar os conhecimentos relativos ao comportamento do fogo nestes matos, como forma de melhor planear as ações de fogo controlado e fornecer aos combatentes ferramentas que permitam que a supressão dos incêndios florestais possa ser mais eficaz.

2

O FOGO COMO ELEMENTO ECOLÓGICO

O fogo é genericamente caracterizado como sendo um processo natural através do qual evoluíram inúmeros ecossistemas terrestres e inclusivamente a civilização humana. O fogo acompanhou a vida terrestre e contribuiu desde sempre para a modelação e seleção das espécies, para a composição e estrutura das formações vegetais.

Inicialmente, o fogo na Terra obedecia a um regime natural, na medida em que a sua origem se devia exclusivamente a fenómenos naturais como trovoadas secas mais localmente o vulcanismo e ainda mais raramente a autocombustão, constituindo assim as únicas causas de incêndios florestais. O fogo passa a deter um papel mais relevante nos sistemas ecológicos a partir do surgimento do Homem e da sua descoberta e domesticação (Vélez, 2009), não descurando o relevante papel da Natureza enquanto causa da presença do fogo nos ecossistemas. Vestígios arqueológicos revelam por todo o mundo indícios da longevidade do uso do fogo (Bunting, 1988) tendo recentemente sido descobertos em Wonderwerk Cave, em Africa do Sul, fragmentos de ossos e plantas queimados em sedimentos com 1 milhão de anos (Robert & Bird, 2012).

É com a utilização do fogo que a civilização humana se desenvolve, passando a dominar o espaço, contrariando adversidades meteorológicas e locais até então inacessíveis. É com esta descoberta que o Homem e a evolução vegetal passam a estar cada vez mais intimamente relacionados, diversificando-se as causas de incêndios e aumentando a sua ocorrência, facto que levou à transformação dos regimes de fogo que passaram a deter uma influência antrópica.

Ao longo da história humana até praticamente ao século XX, o fogo sempre foi visto como uma ferramenta ou um instrumento, sendo amplamente utilizado para diversos fins, como a agricultura, pastorícia, indústria, caça, guerra ou outras utilizações. Esta utilização foi evoluindo ao longo dos tempos, desenvolvendo-se de tal forma, com intensidades e extensões cada vez mais significativas, que marcaram e modelaram a paisagem e os sistemas vegetais, dando origem àqueles que hoje conhecemos. Esta modelação contribuiu para a evolução dos regimes de fogo, na medida em que a frequência, severidade e intensidade foram-se alterando e de certa forma intensificando.

Chegando aos dias de hoje, verifica-se que o fogo detém na sociedade atual uma conotação bastante negativa pois é associado à destruição dos espaços florestais, agrícolas e inclusivamente de bens materiais e vidas humanas (Rego e Silva, 2007). Esta realidade levou a que o Homem, em especial determinados estratos da sociedade, passassem a olhar para o fogo como uma ameaça e não como uma mais valia. Optou-se então por estratégias de tentativa de erradicação do fogo embora questionáveis quanto à sua efetividade para a resolução do problema, gerando por vezes conflitos com estratos da população que na verdade vêem o fogo como uma ferramenta tradicional de trabalho. Esta situação poderá levar a situações de clandestinidade, como o caso dos contrafogos, ou ausência de controlo sobre o uso do fogo, para fins agrícolas ou pastorais (Molina, 2009).

Esta atitude é passível de levar à questão: serão os benefícios do fogo entendidos e conhecidos por todos? Com a domesticação dos animais, nos primórdios da civilização humana, foi facilmente perceptível pelo homem que a vegetação regenerada após a passagem pelo fogo era preferida por aqueles, dado ser mais nutritiva. Neste contexto, não podemos esquecer a importância da causalidade natural dos incêndios, mais frequente em determinados territórios devido às suas características climáticas, e inclusivamente os seus benefícios.

Curiosamente, a conotação negativa em relação ao fogo, contrasta com a forma como o fogo é encarado nos Parques Nacionais dos Estados Unidos da América. Já em 1978, Heinselman considerava que ao fogo lhe deveria ser devolvido o seu papel no ecossistema, com o objetivo de restaurar os processos ecológicos. Neste sentido, a política dos Parques Nacionais reconheceu o fogo como uma parte do ecossistema e desta forma permitiu que fogos naturais queimassem áreas livremente desde que os impactos se encontrassem dentro do aceitável (Parsons *et al.*, 1986). Esta é assim uma forma de colocar à prova a resiliência dos ecossistemas afetados.

Habitualmente, o termo “resiliência” é definido como a capacidade do ecossistema retomar o seu estado original. Este conceito aplica-se bem à floresta, na medida em que a mesma consegue recuperar face a um distúrbio, que pode ser por vezes catastrófico, voltando ao estado pré-perturbação, entre outros aspetos, ao nível das espécies (Thompson *et al.*, 2009).

No caso do fogo, muitas formações vegetais evoluíram e desenvolveram mecanismos de sobrevivência ou perpetuação que as tornam bastante tolerantes àquele. Na verdade, em muitos ecossistemas existe uma dependência em relação ao fogo, de tal forma que as plantas necessitam do fogo como da luz ou água. Como exemplos desta dependência dos

ecossistemas, a nível mundial podemos encontrar desde a floresta boreal (Taiga) na Sibéria, as savanas das regiões tropicais ou os eucaliptais australianos. Estes ecossistemas são caracterizados por uma recuperação impressionante, ao nível da capacidade de regeneração das plantas expostas ao fogo (The Nature Conservancy, 2004).

No território nacional, em particular no Alto Minho, destacam-se os casos de áreas ardidadas cuja recuperação e aumento do número de indivíduos de *Quercus suber* é notória (Observação da autora). O *Pinus pinaster*, que constitui uma espécie inflamável e atualmente pouco aclamada quando falamos de incêndios florestais, possui uma resistência notável ao fogo de baixa intensidade, sendo determinante o seu poderoso sistema radicular e o desenvolvimento do ritidoma, suficientemente espesso para proteger o câmbio, reproduzindo-se massivamente após fogos severos (Fernandes, 2002).

É neste contexto de reconhecimento dos benefícios do fogo nos ecossistemas que o fogo controlado se afigura como uma ferramenta e como uma forma de devolução do fogo ao meio ambiente.

2.1 – O FOGO CONTROLADO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DAS ÁREAS DE MATO

Ao invés de promover a ideia do fogo como algo negativo, a prevenção de incêndios florestais deverá promover a aceitação da ideia do fogo como uma ferramenta (Baldwin, 2006). Apesar da muita discussão em torno deste tema, na generalidade a conclusão tem sido de que a queima prescrita é efetivamente necessária para mitigar os efeitos dos incêndios (Remancier, 1960).

O fogo controlado enquanto ferramenta de gestão de combustíveis é utilizado em pleno espaço florestal, na criação de descontinuidades, melhoria de pastagens ou de habitats, numa perspetiva do benefício ecológico. Já na interface urbano-florestal, as técnicas silvícolas tradicionais de redução dos combustíveis continuam a ser largamente utilizadas, podendo ser explicado pela dimensão da propriedade ou características dos próprios combustíveis (Alexander & Thomas, 2006). Considerando as obrigações legalmente impostas e a crescente suscetibilidade dos espaços urbanizados à proximidade dos incêndios florestais, a aplicação do fogo controlado nos espaços de interface, quando possível, para além de economicamente mais favorável, poderia promover uma maior aceitação desta prática por parte da população. A implementação deste tipo de ações deveria responder a uma perspetiva de desmitificação do fogo, à semelhança do que acontece na Austrália onde o fogo controlado é de facto utilizado

na interface urbano-florestal, de forma a favorecer as ações de combate (Price & Bradstock, 2011).

A técnica do fogo controlado está bem estabelecida em países como os EUA, Canadá, África do Sul e Austrália, mas na Europa esta aplicação deliberada do fogo em condições ambientais favoráveis é utilizada de forma restrita (Fernandes, 1997). O uso do fogo controlado encontra-se limitado a determinadas áreas de Portugal, Espanha e França, sendo ilegal na Grécia (Fernandes, 2002). Em Portugal os primeiros registos do uso do fogo de forma organizada com vista à redução do risco de incêndio datam do século XIX. Dessa época datam os registos que revelam as vantagens da queima dos matos dos dias secos de inverno (AFN, 2011).

Existem múltiplas motivações para a utilização daquela que é seguramente a técnica mais antiga de gestão dos matos (Manso *et al.*, 2005), sendo comum a justificação da sua utilização pela sua capacidade de redução do risco de incêndio ou pela melhoria dos valores naturais, visão essa que varia em função dos interlocutores que a defendem (Keeley, 2002).

Edwin Komarek, após a sua visita a Portugal em novembro de 1976, na qual lhe foi possível contactar com a realidade nacional dos incêndios florestais e da gestão florestal, escreveu no seu relatório que “o problema dos incêndios florestais em Portugal está diretamente relacionado com a enorme acumulação de arbustos altamente inflamáveis em grandes áreas de matos” (Silva, 1998). Transcorridos 36 anos, esta descrição parece muito atual e concerteza se agravou com o abandono de áreas rurais, pelo que o fogo controlado poderia parcialmente compensar a falta de gestão de combustíveis decorrente do abandono das práticas rurais e assim substituir práticas e sistemas de queima tradicionais (Montiel, 2009).

Na perspetiva da prevenção dos incêndios florestais, a utilização do fogo em áreas abundantemente ocupadas por matos, tem como objetivo principal a criação de descontinuidades do combustível de forma a diminuir a área percorrida pelos incêndios florestais. Estas quebras de volume e carga de combustível, pela sua descontinuidade, poderão levar à extinção da linha de fogo, por autoextinção, mas na maioria das vezes servem o propósito de criar oportunidades de combate aos meios terrestres e reduzir as dificuldades de supressão (Marsden-Smedley, 2011). As baixas cargas e alturas dos combustíveis promovem a diminuição da intensidade da frente do fogo, permitindo um ataque direto e eficaz (Keeley, 2002).

A criação de discontinuidades através do fogo em zonas estratégicas poderá ainda contrariar o histórico da progressão dos grandes incêndios. Vários têm sido os estudos que revelam que áreas tratadas com fogo prescrito possuem significativos efeitos no número anual de



Figura 10 – Influência da presença de faixas de fogo controlado na configuração de um incêndio florestal (incêndio ocorrido no ano de 2010 em Caminha)

incêndios, mas principalmente na extensão dos mesmos, por exemplo Boer *et al.* (2009) e Price & Bradstock (2011) e Figura 10. Estes efeitos positivos poderão não ser imediatos às primeiras queimas realizadas, mas deverão fazer-se sentir a longo prazo. Na verdade a longevidade dos efeitos inibitórios do fogo prescrito nos incêndios florestais é importante na gestão dos combustíveis já que determina a proporção de área necessária para a

utilização desta prática para redução do combustível e conseqüente redução do risco de incêndio (Boer *et al.*, 2009). Em determinados ecossistemas australianos foi possível estabelecer que a área queimada anualmente de forma planeada, necessária para a redução dos fogos indesejados, deverá passar a ser no mínimo de 8,58% da área florestal total. A partir de dados de incêndios florestais, foi possível determinar que por cada hectare de fogo controlado se reduz a área de incêndios em 0,25 a 0,3ha (Boer *et al.*, 2009; Price & Bradstock, 2011).

O fogo controlado, a ser bem sucedido, pressupõe sempre uma execução segura mediante condições meteorológicas e processos de ignição apropriados às características dos combustíveis existentes e topografia da região (Manso *et al.*, 2005). A complexidade da relação entre vários fatores, leva à necessidade de conhecimento profundo das variáveis que compõem o ambiente de fogo e como a sua inter-relação poderá determinar o comportamento do fogo. O princípio do fogo prescrito passa sempre pelo contrariar dos efeitos que os elementos do ambiente do fogo exercem sobre características como a velocidade de propagação, comprimento de chama ou intensidade linear da frente de fogo.

O uso do fogo controlado em matos é condicionado por condições ambientais específicas, devendo a sua prática ajustar-se à estrutura do combustível a ser gerido. Em Portugal, são utilizados parâmetros genéricos para o uso do fogo controlado em matos (Quadro 1).

Quadro 1 – Prescrição genérica para o uso do fogo em matos

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

Fonte: Fernandes *et al.*, 2002

Respeitando os valores mínimos e máximos cumprem-se genericamente os objetivos ao nível da redução da carga de combustível em condições de segurança. Os intervalos alargados de prescrição permitem que o técnico ajuste a sua janela ao tipo de combustível e aos

elementos de variadas dimensões presentes nas formações arbustivas cujas disponibilidades para a combustão divergem (Fernandes, 1997). Desta forma é importante conhecer os padrões de comportamento do fogo ajustáveis ao combustível alvo de tratamento, de forma a tornar o trabalho do técnico mais refinado e ajustado.

O sucesso do uso do fogo depende do conhecimento alargado da interação entre o comportamento do fogo e os seus efeitos a aplicar no planeamento, implementação e monitorização dos seus efeitos (Ryan *et al.*, 2010).

2.2 – PARÂMETROS DESCRITIVOS DO COMPORTAMENTO DO FOGO APLICADOS AO FOGO CONTROLADO

A capacidade de previsão do comportamento do fogo é essencial para um efetivo controlo dos incêndios florestais, assim como para a prática generalizada de ações que promovam o uso do fogo (Alexander & Thomas, 2006). Os métodos de predição do comportamento do fogo são extremamente importantes para assegurar, por um lado, a segurança daqueles que se encontram próximo do fogo, sendo por isso essencial o cumprimento do primeiro princípio do sistema LCES (Gleason, 2004) e por outro para evitar situações inesperadas. Este último aspeto relaciona-se fortemente com a execução do fogo controlado, já que os métodos de predição permitem a avaliação do combustível e condições atmosféricas de forma a garantir o seu controlo. Os métodos podem ser utilizados para estimar o comportamento do fogo que possa eventualmente escapar às linhas de segurança (Rothermel, 1983).

O comportamento do fogo é genericamente definido pelo modo de ignição dos combustíveis, desenvolvimento da chama, propagação do fogo e a exposição a outros fenómenos resultantes

da interação de elementos como o combustível, condições meteorológicas e topografia (Alexander *et al.*, 2012). O estudo do comportamento do fogo inicia-se na compreensão do conjunto dos fenómenos e aspetos elementares da ignição e combustão, passando pela análise dos elementos que compõem o ambiente de fogo até quantificar as características do mesmo: intensidade, velocidade de propagação, comprimento e ângulo de chama e energia libertada ou intensidade do fogo (Fernandes, 2003) e finalmente a “anatomia” do fogo (Alexander, 2000). No fim do processo encontram-se os impactos do fogo, possuindo especial relevância para o fogo controlado a percentagem de redução da carga de combustível para efeitos de redução do risco de incêndio, tendo como preocupação a proteção do solo.

Devemos compreender primariamente que o fogo, enquanto processo químico, desencadeia-se aquando da conjugação de três elementos essenciais da combustão: combustível, calor e oxigénio (Gisborn, 1948), tradicionalmente explicados pelo triângulo do fogo os quais Barrows qualifica como princípios da combustão, enquanto conhecimento básico (Alexander & Thomas 2004).

Iniciada a combustão, desencadeia-se a interação do fogo com os elementos primários que caracterizam o ambiente de fogo - combustível, meteorologia e topografia – e serão as suas variações que determinarão o comportamento do fogo (Alexander *et al.*, 2012). O ambiente do fogo não é estático e varia consideravelmente horizontal e verticalmente no espaço e no tempo, pelo que a inter-relação entre os seus determinantes é muito forte (Countryman, 1966). Por esta razão Rothermel (1983) ou Campbell (2005) questionam se o comportamento de um incêndio florestal pode ser realmente previsto, dada a variabilidade das condições que o influenciam. No que aos incêndios florestais diz respeito, a predição do comportamento do fogo minuto a minuto, em especial quando este atinja grandes proporções, poderá não ser possível (Rothermel, 1983). Contudo, as variações importantes deverão ser predizíveis e a análise do comportamento do fogo deverá ser considerada como uma “ferramenta de combate” acima das restantes, para que o planeamento e execução das manobras possam ser eficazes. No uso do fogo prescrito prevalece a necessidade de identificar quando e onde as variações de intensidade do fogo ocorrerão durante as operações. Quando as variações se encontram previstas, as probabilidades de sucesso das táticas de queima serão superiores (Campbell, 2010). Em fogos de baixa intensidade, desejáveis no fogo controlado, os padrões do ambiente de fogo são aqueles que controlam grandemente os padrões de comportamento, pelo que o mesmo é facilmente previsível (Countryman, 1966).

2.2.1 – O AMBIENTE DE FOGO: FATOR DETERMINANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DO FOGO

A análise das variáveis que compõem o ambiente do fogo raramente poderá ser efetuada individualmente, dado que se estabelecem complexas relações, podendo produzir-se efeitos em cadeia que incrementarão velocidades de propagação ou intensidades de frente de chama. Neste contexto de necessidade de melhor conhecer a influência da conjugação dos vários fatores, surgiram modelos matemáticos de predição como o de Rothermel, que viria a dar origem ao BEHAVE, que conjuga os efeitos do tipo e estrutura do combustível, o seu teor de humidade, a topografia e o vento.

A topografia é um dos elementos mais constantes da tríade mas também o que possui maior capacidade de influenciar modificações nos restantes (Botelho & Salgueiro, 1988). Quanto mais acentuado o declive, mais rapidamente o fogo se propagará, progredindo alinhado no sentido ascendente, em especial durante as horas diurnas (Alexander *et al.*, 2012). Para além de progredir significativamente de forma mais rápida no sentido ascendente, comparativamente a percentagens de declive mais baixas, o comprimento de chama será igualmente superior (Rothermel, 1983). Este efeito produz-se uma vez que, decorrente da inclinação do terreno, os combustíveis encontram-se mais próximos da chama e por isso o pré-aquecimento é mais rápido (Botelho & Salgueiro, 1988). O vento incrementa este efeito, aproximando a chama sobre dos combustíveis e provocando um aumento da velocidade de propagação e do comprimento de chama. No fogo controlado deseja-se o efeito contrário, na medida em que o fogo deverá progredir contrariando o declive e a direção do vento, passando o pré-aquecimento dos combustíveis a acontecer por ação da radiação do calor da base da frente de chamas, encontrando-se a chama inclinada sobre a área queimada e a coluna convectiva torna-se menos concentrada (Botelho, 1988).

O declive e a exposição das vertentes possuem especial relevância nas temperaturas locais, por efeito das variações do ângulo e incidência da radiação solar (Campbell, 2005). Considerando que os matos, quando assumem preponderância na ocupação do espaço florestal, constituem combustíveis expostos, o seu sombreamento e consequente esfriamento ou aquecimento pela maior ou menor incidência da radiação sobre os mesmos e sobre as superfícies, é apenas influenciado pela inclinação do terreno e sua exposição à radiação solar. Quanto mais dispersa ou menos densa a vegetação, as vertentes diretamente expostas à radiação tornar-se-ão mais quentes e as perdas de humidade dos combustíveis, por ação direta da luz solar ou pelo calor libertado pelo solo aquecido, serão mais rápidas tornando os combustíveis mais disponíveis (Campbell, 2005).

A demonstração dos efeitos da exposição na inflamabilidade dos combustíveis, iniciada por Countryman, foi largamente desenvolvida por Campbell que criou o denominado Sistema de Predição de Campbell, um modo expedito, para os combatentes, de predição da disponibilidade dos combustíveis para a combustão. O gráfico de inflamabilidade (Figura 11)

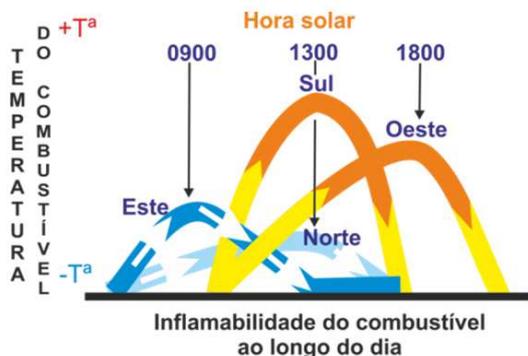


Figura 11 – Gráfico de inflamabilidade definido por Campbell

representa a evolução das variações potenciais das temperaturas dos combustíveis (Campbell, 2005) e a influência da radiação solar sobre as quatro exposições básicas (Delgado e Terrén, 2007). O pico da temperatura do combustível é coincidente com o pico de inflamabilidade pelo que será de esperar comportamentos de fogo mais intensos e rápidos por via da elevada disponibilidade dos combustíveis.

Este método de predição pode ser utilizado igualmente no fogo controlado, especialmente em matos, já que permite planear as queimas considerando a inflamabilidade dos combustíveis e as suas variações, permitindo assim optar por aquele que deverá ser o período do dia mais conveniente para que sejam garantidas intensidades e velocidades de propagação mais baixas (Campbell, 2005). A par da topografia, igualmente a meteorologia influencia quer a inflamabilidade dos combustíveis, quer a velocidade de propagação, possuindo especial relevância na análise do comportamento do fogo devido à sua variabilidade e mudanças rápidas que poderão ocorrer (Alberta Environment). A temperatura, a humidade relativa do ar e a quantidade de precipitação são variáveis que influenciam o teor de humidade contida nos combustíveis vivos e mortos. Já o vento, para além da sua influência sobre a secura dos combustíveis, possui especial relevância no comportamento do fogo, sendo bastante variável no tempo e na sua direção horizontal e vertical (Rothermell, 1983). Quanto mais veloz o vento maior será o comprimento de chama e velocidade de propagação do fogo e, quando os combustíveis atingem o seu pico de secura, o fogo responde muito mais rapidamente às variações de vento e topografia (Alexander, 2012). Possuem especial relevância para a análise do comportamento do fogo os ventos locais, resultantes das variações topográficas e, quando convectivos de pequena escala, produzidos pelas diferenças de temperaturas locais, ascendem durante o dia especialmente nas encostas ensolaradas. Os ventos convectivos (Figura 12) são precisamente ventos locais diurnos que circulam no sentido ascendente como resultado do aquecimento da superfície terrestre. Estes ventos de declive são produzidos por pressões

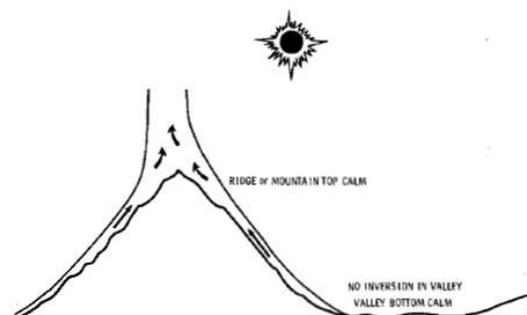


Figura 12 – Representação da circulação dos ventos convectivos (Rothermel, 1983)

locais resultantes da diferença de temperatura entre o solo e as camadas mais afastadas. Já os ventos Fohen caracterizam-se por estarem associados a cordilheiras montanhosas, circulando igualmente no sentido ascendente perdendo progressivamente humidade, tornando-se quentes e secos quando descem o outro lado da encosta (Rothermel, 1983).

Por sua vez, os ventos gerais, também designados por ventos frontais poderão incrementar ou retardar os ventos locais na sua direção e força (Botelho & Salgueiro, 1988).

Os combustíveis, enquanto elemento condutor do fogo no espaço, caracterizam-se pela quantidade (carga de combustível), tamanho e forma dos elementos individuais, continuidade compactação e humidade (Rigolot, 1988). São constituídos por variadas componentes de vegetação, vivos e mortos, e o seu tipo e quantidade dependem do tipo de solo, clima, geografia e tempo desde o último fogo (Anderson, 1982). A sua combustibilidade está intimamente ligada com a sua estrutura, tipo, tamanho e presença de espécies inflamáveis, o que levou à definição de modelos de combustível que contem os valores numéricos necessários para fazer funcionar o modelo de propagação do fogo (Rothermel, 1983). Foram estabelecidos 13 modelos de combustíveis publicados por Anderson (1982), hoje amplamente usados no mundo. Os modelos que englobam áreas de herbáceas e matos caracterizam as velocidades de propagação superiores, comparativamente a combustíveis mais compactos de dimensões superiores (Alexander, 2012), revelando assim a necessidade de um conhecimento aprofundado dos seus padrões de comportamento do fogo.

A disponibilidade do combustível para arder afigura-se como um dos aspetos mais importantes para o comportamento do fogo, sendo influenciada pelo seu teor de humidade, variável em função das condições do meio, e determinando a intensidade do fogo. O teor de humidade constitui uma simples expressão da quantidade de água contida nos combustíveis, sendo resultado de eventos meteorológicos passados e presentes (Rothermel, 1983). Os teores de humidade variam em função da dimensão e do seu estado – vivos ou mortos, pelo que o tempo atmosférico terá diferentes efeitos nos mesmos e por isso os métodos de estimação serão distintos. Assim, para além do efeito na velocidade de propagação que a dimensão dos combustíveis possui, elevada importância é atribuída ao conteúdo de humidade. A humidade presente nos combustíveis determina a quantidade de calor necessária para que a ignição no

material vegetal ocorra, assim como o calor que o combustível inflamado possa transmitir aos materiais adjacentes. Os combustíveis podem ser classificados tendo como premissas o seu tamanho e o correspondente tempo de retardação -1h, 10h, 100h e 1000h, sendo definidos em função do tempo requerido para perder aproximadamente 63% do seu conteúdo de humidade (Rigolot,1988). Neste contexto, poder-se-á fazer um cruzamento com o sistema de Campbell, na medida em que o sombreamento dos combustíveis, determinado pelo declive e exposição das vertentes, irão determinar o conteúdo de humidade nos combustíveis.

O teor de humidade varia ainda com o estado, vivo ou morto, do combustível: os vivos, geralmente verdes, possuem humidade muito elevada (Rigolot, 1988), dado que o seu teor depende de fenómenos fisiológicos (Rothermel, 1983) e as suas perdas são mais lentas, comparativamente aos combustíveis mortos. Estes veem o seu teor de humidade variar rapidamente no tempo e no espaço, uma vez que são sensíveis ao estado higrométrico do ar e aos movimentos capilares ascendentes da água quando estão em contacto com o solo, entre outras influências (Rigolot,1988).

Rothermel (1983) desenvolveu um método expedito de cálculo do teor de humidade dos combustíveis, tendo por base os valores de temperatura e humidade relativa, diferenciando entre o período diurno e noturno, que se afigura como uma ferramenta na planificação da execução do fogo prescrito. Os índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo Meteorológico de Incêndio, vulgo FWI (FFMC, DMC, DC e BUI), permitem igualmente ao técnico obter valores que espelham o estado dos combustíveis quanto ao seu conteúdo de humidade (Figura 13). Para Portugal, o Instituto de Meteorologia disponibiliza o teor de humidade dos combustíveis finos mortos (FFMC), teor de humidade do húmus (DMC), o índice de seca (DC), o índice de disponibilidade do combustível para a combustão (BUI), o índice de propagação inicial (ISI) e o índice resultante da conjugação dos vários índices enumerados, o índice de perigo meteorológico de incêndio (FWI).

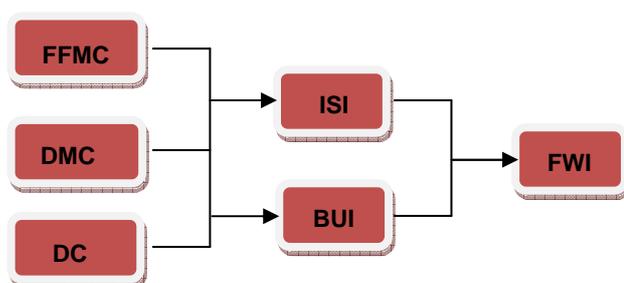


Figura 13- Esquema da relação dos índices que levam à determinação do FWI

2.2.2 – OS ELEMENTOS PRIMÁRIOS DO COMPORTAMENTO DO FOGO

É a conjugação dos fatores do ambiente de fogo que determinarão os processos de combustão e propagação e, conseqüentemente, o comportamento do fogo. Enquanto num contexto de incêndio florestal o pleno alinhamento destas forças propicia um comportamento de fogo por vezes extremo, num contexto de fogo controlado pretende-se que os efeitos destes elementos sejam contrariados, regulando-se assim a velocidade de propagação, a dimensão da chama e a intensidade do fogo, de forma a garantir que a queima decorra em segurança e sejam cumpridos todos os objetivos propostos.

Rothermel (1983) define como características básicas do comportamento do fogo a velocidade de propagação, o calor libertado por unidade de área, o comprimento de chama e a intensidade da linha de fogo. A frente de chama ativa, possui três características básicas: movimenta-se, consome combustível e produz energia resultante da combustão (Alexander, 1980).

A velocidade de propagação (R) é entendida como a distância linear percorrida por unidade de tempo (Fernandes, 2003) expressando-se preferencialmente em metros por minuto, em especial para fogos mais lentos (Alexander, 1980). A velocidade de propagação de uma frente de chamas pode variar entre 1,5 m/h e 14 km/h em incêndios florestais e chegar até 20 km/h em incêndios em áreas de pasto seco (Alexander, 2000).

As características da chama (Figura 14) encontram-se de igual forma dependentes do vento, podendo ser avaliada a altura (h_F), que é a extensão vertical máxima da frente medida a partir do topo do combustível, o comprimento de chama (L) como a distância entre a extremidade da chama e o topo do combustível no seu ponto médio e a profundidade da chama (D) caracterizada pela largura da zona de combustão ativa (Fernandes, 1997).

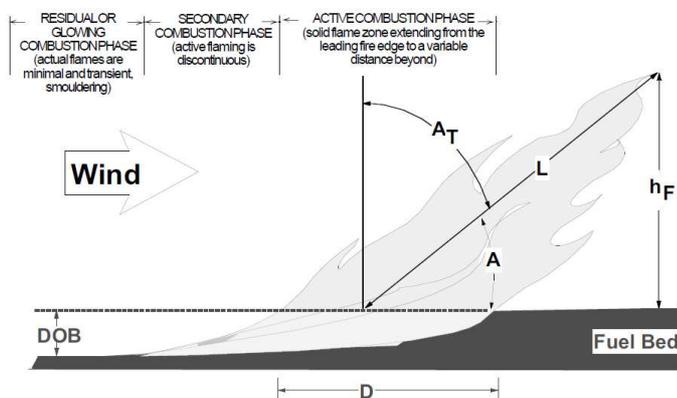


Figura 14- Características geométricas da chama (Alexander, 2000)

Multiplicando a velocidade de propagação (R, m/s), pela carga de combustível consumida kg/m^2 (W) e pelo calor libertado por unidade de peso (H) expresso em kJ/kg, obtemos a intensidade do fogo (I) em kW/m (Alexander, 1980). No que concerne ao valor referente ao calor libertado por unidade de peso, assume-se frequentemente como sendo 18 000 kJ/kg (Alexander, 2000). Assim, obtemos a seguinte fórmula:

$$I = W \times R \times 18000$$

Esta importante característica do fogo é definida por Byram como a libertação de energia por unidade de tempo e por unidade de comprimento da frente de chama.

Por definição a intensidade do fogo apenas descreve a libertação de energia na frente de fogo, através da chama visível, subestimando a energia total libertada. Após a passagem da frente de chama, pode ocorrer combustão lenta sem chama (Alexander, 1980), perdurando enquanto exista no local combustível suficientemente seco para ser consumido (Alexander, 2000).

A intensidade e o comprimento da chama estão intimamente relacionados: incêndios de elevada intensidade podem levar a comprimentos de chama situados entre 15 e 45m, podendo ocasionalmente chegar a 185m ou mais, em função igualmente do tipo de combustível (Alexander, 2000). De acordo com Byram, as intensidades da frente de fogo poderão variar entre 15 e 100.000 kW/m, potenciadas largamente pelas variações na velocidade de propagação.

Num contexto de incêndio florestal o aumento proporcional da velocidade de propagação, comprimento de chama e intensidade do fogo, pressupõe um crescente esforço de combate e de organização do dispositivo, verificando-se a probabilidade de o fogo superar descontinuidades, a ocorrência de focos secundários e uma considerável distância à frente de chama (Fernandes, 2003).

Em fogo controlado estas premissas devem ser consideradas quando se deseja absoluto controlo e segurança. De igual forma se aplica a regra de segurança que garanta uma distância ao fogo de 4 vezes a altura da chama (Butler & Cohen, 1998). Considerando as variáveis velocidade de propagação, intensidade da frente e comprimento de chama, encontram-se genericamente estabelecidos para matos valores de prescrição, embora os devamos ajustar em função do tipo de combustível e sua estrutura de forma a garantir os objetivos desejados.

ULEX EUROPAEUS COMO COMBUSTÍVEL E SUA RELAÇÃO COM O FOGO

As comunidades arbustivas, vulgarmente denominadas por matos, quer como comunidades estemes, quer como sub-bosque florestal, constituem uma das principais formações vegetais (Vega *et al.*, 2000).

No território português, os matos ocupam cerca de 1,9 milhões de hectares (AFN, 2006), verificando-se um aumento face ao anterior inventário florestal nacional, no qual os matos ocupavam cerca de 1,6 milhões de hectares. Este aumento estará com certeza associado ao decréscimo da atividade agropastoril e à desflorestação, resultante essencialmente dos incêndios florestais.

Este tipo de combustível, quando dominante, ocupa vastas áreas, apresentando uma distribuição homogénea no espaço que lhe confere um perigo acrescido do ponto de vista dos incêndios florestais e do seu comportamento.

A importância das comunidades arbustivas não se resume apenas à quantificação da sua extensão e vai mais além do pensamento estritamente florestal e da atribuição de valor apenas aos povoamentos florestais. A desvalorização dos incultos advém fundamentalmente dos largos períodos de reflorestação e da política associada (Devy-Vareta 1993 *in* Fernandes 1997), facto que veio a determinar quer a ausência de tratamento de áreas ocupadas essencialmente por matos, quer o uso desregulado do fogo para fins pastoris.

A conjugação destas premissas resultou em grandes acumulações de combustíveis e no conseqüente aumento da ocorrência de incêndios florestais de grandes dimensões. Estes complexos de combustíveis apresentam, geralmente cargas elevadas, que podem atingir em média 25-30 t/ha, predominando partículas finas (de diâmetros inferiores a 6mm) (Vega *et al.*, 2000). A problemática destas formações agrava-se ao considerarmos que determinados tipos de matos acumulam grande quantidade de biomassa morta quando senescentes. Em formações arbustivas coexistem elementos de variadas dimensões, sendo desigual a sua disponibilidade para a combustão. Os combustíveis finos são mais inflamáveis, devido à sua elevada razão entre superfície volume, o que os torna um vetor de propagação do fogo (Fernandes, 1997).

A conjugação de elevadas cargas de combustível com cargas de material fino e seco, conferem ao território um risco que, em caso de incêndio será difícil de controlar. É neste

contexto que a atuação deverá ser pró-ativa no setor da prevenção, com vista à minimização do risco.

Os matos atlânticos, um pouco à semelhança dos mediterrânicos, constituem uma vegetação seminatural que depende direta ou indiretamente da atividade humana. Os usos tradicionais nos espaços rurais, em particular nas áreas florestais, determinaram a composição dos ecossistemas e a sua sucessão ecológica (Pesqueira *et al.*, 2009). Crescendo em áreas de clima marcadamente atlântico, no qual a pluviosidade é elevada, os matos atlânticos atingem uma estrutura complexa e uma dimensão que, na sua idade madura, representa um elevado perigo de incêndio. Do ponto de vista da prevenção estas áreas poderão tornar-se problemáticas já que as áreas dominadas por matos, são excepcionalmente inflamáveis e capazes de provocar incêndios com elevadas intensidades (Fernandes, 2001).

Face ao abandono das práticas tradicionais relacionadas com o uso do fogo, decorrente do próprio abandono dos espaços rurais, a forma de manutenção da integridade ecológica destes espaços, historicamente dependentes do fogo, e de minimização do perigo de incêndio florestal, passa pela adoção do fogo prescrito. Os matos, quando não intervencionados, desenvolvem uma estrutura que favorece fogos de comportamento potencialmente violento (Luis *et al.*, 2004), daí a necessidade de intervenção através da criação de mosaicos e descontinuidades de diferentes idades, de forma a criar barreiras à propagação do fogo (Keeley, 2002).

Assim, focando a nossa atenção neste tipo de ferramenta de gestão de combustíveis, teremos que conhecer verdadeiramente dois tipos de parâmetros: o comportamento do fogo e as características da vegetação (combustível) e como influenciam aquele.

Para além dos aspetos relacionados com a ignição e com a forma como esta evolui, devemos ter presentes os impactes que o uso do fogo provoca, particularmente no solo. Em função do objetivo da queima, deveremos ajustar a intensidade do fogo e velocidade de propagação, respeitando parâmetros definidos na prescrição para a parcela que pretendemos queimar.

O aprofundar do conhecimento sobre o fogo e sobre o seu comportamento na vegetação e posteriormente a sua aplicação permite um maior domínio de uma das mais antigas formas de gerir combustíveis. Conhecê-lo e entendê-lo é a melhor forma de controlar e manipular o fogo, em função do objetivo que lhe queremos atribuir (Pyne, 1988).

3.1 – O TOJO COMO COMBUSTÍVEL

Originalmente proveniente de países do leste europeu, o tojo *Ulex europaeus* distribuiu-se pela Europa central e ocidental, onde o fogo desempenha um importante papel (Stuart, 2010), sendo significativa a sua evolução no oeste da Península Ibérica (Sheppard, 2003). Tendo sido introduzida em muitos países como planta ornamental, no Havai, Austrália ou Nova Zelândia esta espécie e a sua forte disseminação tornou-se num sério problema (Stuart 2010), sendo considerada uma espécie invasora. Na Nova Zelândia, o tojo ocupou vastas áreas, facto que levou em determinado momento ao desaconselho do uso do fogo por parte dos agricultores, mas antes o seu corte no final da primavera e a queima do material cortado no inverno seguinte (Isern, 2007). Foi precisamente a ação humana, em particular a frequência dos fogos, que tornou esta espécie predominantes em áreas de matos (Gonzalez-Rabanal & Casal, 1995).



Figura 15- Distribuição do *Ulex europaeus* no território português

Fonte: Jardim Botânico UTAD

No território português, o tojo abunda nas zonas do Norte e Centro, sendo que no NW está sob forte influência atlântica, apresentando uma elevada plasticidade ecológica que lhe permite adaptar a diferentes altitudes e tipos de solo (Figura 15).

Esta abundância e os impactos que terá na propagação dos incêndios florestais, justifica largamente a necessidade de estudar a espécie no território português, em particular no que respeita às condições favoráveis à ignição do fogo e seu desenvolvimento posterior.

Esta espécie lenhosa cresce rapidamente e torna-se extraordinariamente ramificada, criando formações densas e quase impenetráveis (Zouhar, 2005). A elevada densidade da espécie assim como as suas ramificações espinhosas, tornam difícil senão impossível o combate aos incêndios florestais (Alexander, 2012).

Quando não perturbado, o tojo poderá atingir a idade dos 30 anos, sendo igualmente este o tempo de durabilidade do seu banco de sementes no solo. Precisamente com o objetivo de diminuir o potencial do banco de sementes, na Tasmânia o uso do fogo controlado revelou-se uma ferramenta importante (Marsden-Smedley, 2011).

O forte poder disseminador levou a que esta espécie se tenha tornado num problema em determinados países, como a Nova Zelândia, no qual o tojo constitui espécie dominante em



Figura 16 - Estrutura dos combustíveis dominados por *Ulex europaeus*

Foto da autora

cerca de 700 000ha (3% do solo rural) (Anderson & Anderson, 2010). Em tojais da Galiza foram determinadas percentagens de cobertura linear de 98%, variando num intervalo entre 69 e 100% (Vega *et al*, 2000), valor semelhante ao determinado mais tarde em áreas do NW peninsular, verificando-se percentagens de cobertura que variam entre 98,6 e 100% (Vega *et al*, 2006).

Este arbusto pode chegar a atingir uma altura que poderá variar entre 4 e 5m (Zouhar, 2005), embora para os tojais do NW peninsular, em áreas de influência atlântica, tenham já sido determinadas alturas que variam entre 6m e 16m (Vega *et al*, 2006). Nos tojais galegos, foram determinadas alturas ponderadas médias de 92cm, podendo variar entre 50 e 218cm (Vega *et al* 2000). O *Ulex europeaus* (Quadro 2), comparativamente a outras espécies do mesmo género, revela alturas consideráveis já a partir da idade de 4 anos (Reyes *et al*, 2009)

Quadro 2 – Distribuição da altura ao longo dos anos em espécies do género *Ulex* (Reys *et al*, 2009)

Espécie	Jovens		Meia idade		Velhos	
	Altura (cm)	Idade	Altura (cm)	Idade	Altura (cm)	Idade
<i>Ulex europaeus</i>	<75	1	75-200	4	>200	20
<i>Ulex minor</i>	<50	1	50-100	5	>100	7
<i>Ulex micranthus</i>	<50	1	50-110	5	>110	6

Em áreas onde esta espécie constitui uma invasora, as suas alturas são superiores comparativamente às verificadas em áreas nativas (Hornoy *et al*. 2011).

Esta espécie regenera-se com grande facilidade, quer por semente quer vegetativamente a partir das toiças cortadas ou queimadas. Ainda jovens, as plantas desenvolvem raízes vigorosas, tornando-as aptas a dominarem ambientes degradados com rapidez, possuindo preferência por clima fresco com média a alta precipitação.

O tojo é caracterizado por elevadas acumulações de combustível morto fino, com partículas de diâmetro inferior a 5mm, suspensas na ramificação e acumuladas junto ao solo. A própria estrutura do tojo evidencia uma maior percentagem de copa morta e seca comparativamente à copa viva, facto que vai determinar a propagação do fogo. Em comparação, áreas dominadas por tojos como *Ulex parviflorus*, decorridos vários anos da passagem do último fogo, revelaram uma grande quantidade de combustível fino acumulado resultando numa elevada combustibilidade e, conseqüentemente, aumento do perigo de incêndio (Baeza, 2002).

Dado que o tojo cresce rapidamente e possui uma capacidade de ocupação elevada, as cargas de combustível serão elas também elevadas. Estudos em vários países revelaram cargas de combustível (Quadro 3), para idades variadas, bastante significativas, das quais se antevê as conseqüências enumeradas anteriormente.

Quadro 3 - Cargas de combustível em formações de tojo

Pais/Região	Carga de combustível (t/ha)	Referência
Galiza (Esp)	11,8 – 35,2 (media 20,5)	Vega <i>et al.</i> , 2000
NW Peninsula Iberica	24 – 45	Vega <i>et al.</i> , 2006
Espanha	46-52	Vega <i>et al.</i> , 2005
Nova Zelândia	26 – 74	Anderson, 2010
França	40	Hely, 1998

Tendo por base os modelos de combustível do NFFL definidos por Rothermel (1972), podemos classificar os tojais mais desenvolvidos como modelo 4: matos de aproximadamente 2 m de altura, elevadas cargas de combustível (entre 30 e 50 t/ha) e elevada quantidade de material fino seco acumulado e suspenso, em especial nas partes inferiores da copa (Vega, 2001). Se considerados os modelos de combustível desenvolvidos por Fernandes *et al.* (2009) para Portugal, esta formação arbustiva classifica-se como V-MAa, ou seja, matos altos (>1m) constituídos por espécies com retenção significativa de combustível morto na copa e/ou folhagem fina. Comparando os modelos 4 e V-MAa, verifica-se que o segundo é o que mais se aproxima das características identificadas no tojo em estudos Galegos, Franceses ou Neozelandeses.

3.2 – A RELAÇÃO DO TOJO COM O FOGO

A estrutura do tojo – carga elevada de combustível fino, morto e seco – complementada pelos óleos contidos na planta, contribuem para o desenvolvimento de elevadas intensidades da

frente de chama mesmo com condições meteorológicas moderadas (Alexander, 2012). Se relacionarmos as cargas elevadas com o facto de uma parte substancial do tojo ser constituída por copa seca ou morta, será fácil concluir a influência no balanço dos teores de água nas partes mais finas, que devido à sua relação superfície volume, sofrem perdas de humidade mais rápidas aquando do aumento das temperaturas, aumentando assim a combustibilidade do espaço.

Estudos no *Ulex europaeus* em França (Bretanha) revelaram que os teores de humidade são inferiores nos ramos secos, situados na zona inferior das plantas, comparativamente aos ramos verdes e espinhosos do topo (Hély, 1998). Estes últimos, durante o mês de maio podem atingir o máximo de 260% de teor de humidade, baixando até aos 120% em julho. Já nos ramos secos, os teores de humidade situam-se sempre em valores inferiores a 100%, variando pouco ao longo do ano. Os teores de humidade são determinantes para a ignição e propagação do fogo. Quando a ignição se dá nos estratos inferiores do tojo, a propagação do fogo é fácil, alimentado quer pelos ramos secos, quer pela manta morta existente nos horizontes L do solo orgânico. Estes estratos inferiores possuem teores de humidade mais baixos, comparativamente à folhada, sendo por isso os elementos condutores do fogo de primavera e verão (Hely, 1998), sendo determinantes igualmente no consumo dos restantes estratos do combustível, na medida que vão promover o seu aquecimento e a evaporação da humidade contida nos mesmos.

Num fogo controlado, a humidade presente nos combustíveis é deveras importante na medida em que permite que o seu consumo não seja total. O ideal é de facto que este se mantenha entre 50% e 70%, em função do objetivo da queima e das condições físicas da parcela, de forma a prevenir a erosão e a escorrença dos nutrientes disponibilizados pela combustão, importantes para a qualidade do solo e regeneração da vegetação (Vega, 2000). Estudos em tojo no NW de Espanha (Galiza) revelaram consumos de cerca de 80%, em queimas realizadas no inverno e com humidades nos estratos verdes entre 96% e 113% (Vega, 2000).

Num combustível como o tojo, que acumula muita biomassa, o teor de humidade é ainda importante para controlar a intensidades e comprimentos da chama, que conjugada com os ventos dominantes ou gerados pelo fogo poderão provocar fogos erráticos e a colocar em risco a segurança da queima (Vega, 2000).

Como referido anteriormente, os ramos e a manta morta secos são determinantes na propagação e na intensidade do fogo. Sendo estes os condutores do fogo, permitem que em diversas condições ou alturas do ano, as intensidades e velocidades de propagação sejam

elevadas, contrariamente a outros combustíveis (Anderson, 2010). Tal agrava-se se considerarmos que tais acumulações aumentam à medida que o tojo envelhece (Luís, 2004). Ensaio realizados revelaram percentagens de sucesso de ignição de 33%, 81% e 75% para tojos com 1, 3 e 5 anos respetivamente e de propagação inicial de 0%, 75% e 63% respetivamente (Marino *et al.*, 2011). Estudos sobre a flamabilidade deste combustível, revelaram diferenças entre tojos de 1 e 5 anos: testes de ignição foram bem sucedidos em tojos de 5 anos, enquanto que o tempo de ignição em matos de 1 ano foi francamente superior. De igual forma, não se verificou propagação nos matos mais jovens, facto que veio corroborar a observação de Weise *et al.* (2005) quanto à ausência de capacidade dos tecidos verdes para sustentar uma ignição de 25 kW/m² (Madrigal *et al.*, 2011), ou seja, os tecidos vivos por si só detém uma reduzida capacidade de sustentar a ignição pelo que a presença de material seco e fino será determinante para a propagação do fogo.

Ensaio de campo na Nova Zelândia demonstraram que o tojo entra em ignição facilmente, mesmo sob condições ambientais adversas, revelando uma combustibilidade superior a outros combustíveis testados (Anderson & Anderson, 2010). Este comportamento justifica-se pelo facto de os combustíveis mais finos possuírem razões entre superfície e volume mais elevadas e por isso se tornam um vetor de propagação do fogo (Fernandes, 1997).

Assim, os dados sugerem que o tojo a partir dos três anos já confere perigo de incêndio ao espaço que domina, sendo que as intervenções de redução da combustibilidade deverão ocorrer antes que os mesmos atinjam 5 anos de idade.

Devido às elevadas acumulações de combustível, as áreas dominadas por tojo são preocupantes, ou pelo menos assim deveriam ser consideradas, já que os incêndios florestais nestas áreas podem atingir elevadas intensidades e ser difícil a sua supressão (Marino 2010).

Os tojais são também conhecidos pela grande quantidade de combustível morto que acumulam, o que associado a valores elevados dos índices FFMC e ISI se pode tornar determinante na propagação, ou seja, maior será a disponibilidade para a combustão quanto maiores forem os valores dos índices referidos (Anderson & Anderson, 2010). A humidade contida nos tojos, revela-se assim fortemente relacionada com a velocidade de propagação que deverá ser proporcionalmente superior quanto menor for o teor de humidade contido nos combustíveis (Anderson & Anderson, 2010). Testes efetuados para o tojo, revelaram velocidades de propagação situadas entre 4,1 e 15,4 m/min (Vega *et al.*, 2006), claramente acima do que Vega (2001) recomenda, desaconselhando queimas com velocidades superiores

a 10 ou 12 m/min ou Fernandes *et al.* (2002), que define como intervalo ótimo para matos, velocidades da frente de fogo entre 1,5 e 4,5 m/min e como valor máximo 7,5 m/min.

Considerando as elevadas cargas de combustível que os tojais atingem, em especial a carga de combustível morto fino, e as velocidades de propagação que podem ser observadas, a velocidade do vento e o teor de humidade presente nos combustíveis deverão ser variáveis a regular de forma mais atenta, de forma a garantir queimas em segurança.

Dado que no NW de Portugal o tojo ocupa extensas áreas e desenvolve-se em condições de elevados teores de humidade, que promovem o seu rápido crescimento, serão expectáveis intensidades elevadas do fogo, o que reforça a necessidade de manipular as cargas de combustível em áreas críticas e estratégicas para a supressão dos incêndios.

Como descrito anteriormente, para balizar a prática de fogo controlado em matos é utilizada em Portugal uma matriz genérica na qual se encontram descritos os intervalos aceitáveis para as variáveis de ambiente e comportamento do fogo. São variáveis a estrutura dos diferentes estratos arbustivos e o comportamento do fogo que poderão assumir em cada tipo de comunidade arbustiva. Fernandes & Loureiro (2010) definiram uma prescrição para áreas de matos como o *Ulex* com alturas superiores a 1m de altura. A base foi a simulação com software BehavePlus que implementa o modelo de propagação do fogo de Rothermel, resultando numa janela de prescrição em função da velocidade do vento, teor de humidade do combustível morto e época do ano. Contudo o modelo de Rothermel apresenta algumas limitações uma vez, que por exemplo, sobrestima do efeito de velocidades elevadas de vento (Vega *et al.*, 2006).

3.3 – COMPORTAMENTO DO TOJO APÓS O FOGO

Os efeitos do fogo sobre a vegetação variam de espécie para espécie, mas na generalidade o calor destrói os tecidos vivos das plantas e o grau de destruição varia em função da intensidade do fogo.

Após o fogo, o tojo recupera facilmente, regenerando por semente ou por rebentação vigorosa da toija. A estratégia reprodutiva do tojo de germinação da semente produz uma biomassa mais baixa, comparativamente à rebentação da toija, já que tal processo se desenvolve apenas 14 meses após a passagem do fogo (Vega, 2001).



Figura 17 - Rebentação por toija do *Ulex europaeus* após a passagem do fogo

Foto da autora

Nesta espécie é a parte aérea que resulta danificada após a passagem do fogo, mantendo no entanto o sistema radicular vivo e a sua capacidade de rebentação da toija (Vega, 2001) (Figura 17). Esta forte capacidade regenerativa é igualmente favorecida no primeiro ano pela ausência de competição com outras espécies, que regeneram mais tardiamente, o que permite uma ampla utilização dos nutrientes disponibilizados pela queima da biomassa.

Um ano após a passagem do fogo, a regeneração é composta por caules e folhas verdes, novos tecidos que a planta rapidamente produz a partir das raízes e gomos sobreviventes (Marino, 2010). O tojo é inclusivamente responsável pela rápida recuperação do coberto vegetal, surgindo logo após as gramíneas, facto que terá impactes positivos na erosão, já que minimiza o impacto da chuva e a escorrência superficial (Vega, 2001).

Após a execução da prática do fogo controlado em áreas dominadas pelo tojo em território espanhol, verificou-se que logo após um ano, a percentagem de recuperação é já significativa (67%), sendo de 90% após três anos e de mais de 95% após cinco anos (Marino *et al.*, 2011). Aliás, o acompanhamento da evolução da recuperação de áreas submetidas a fogo controlado revelaram que nove meses após a passagem do fogo, eram pouco significativas as diferenças nas áreas tratadas face à cobertura de vegetação (Vega *et al.*, 2005).

Relativamente aos impactes no solo, a erosão aumenta com o declive do solo e com precipitações intensas, pelo que não será desejável o total consumo da matéria orgânica que reveste o solo mineral, sendo essencial para a proteção do solo e minimização da erosão (Fernández *et al.*, 2008).

Sendo os benefícios do fogo controlado questionáveis por muitos, bem como quais os reais impactes da utilização desta prática na redução da carga de combustível, testes de queima em tojais revelaram que pelo menos 80% do solo se mantém protegido pela camada de matéria orgânica e herbáceas (Vega *et al.*, 2005). As temperaturas medidas junto ao solo mineral não foram suficientemente altas para resultarem na destruição efetiva do solo orgânico. A rápida

regeneração dos tojais e das herbáceas, exerce igualmente um efeito positivo de minimização da erosão, podendo sugerir que a curto prazo seja necessária uma nova intervenção para redução do risco de incêndio (Vega *et al.*, 2005) que, como verificado anteriormente, poderá ocorrer aos três anos de idade.

METODOLOGIA

Estudos desenvolvidos em países como Espanha, França ou Nova Zelândia revelaram como a áreas dominadas pelo tojo arnal se encontra associada elevada perigosidade de incêndio, decorrente da sua estrutura e relação com o fogo.

Dada a proximidade à área de estudo, os vários estudos desenvolvidos em áreas dominadas por esta espécie na Galiza poderão ser indicadores e revelar padrões de comportamento. Contudo, apesar da coincidente realidade florestal e social dos espaços rurais, as diferenças edafo-climáticas poderão aportar um padrão distinto ao território nacional, ao nível das características intrínsecas do combustível e à forma como este se relaciona com o fogo.

Descreve-se a metodologia adotada para obtenção e compilação de informação, para parcelas predominantemente ocupadas por tojo, que permitiu a caracterização da estrutura do combustível e o padrão de comportamento do fogo.

4.1 – ESTUDO DE ÁREAS SUBMETIDAS A FOGO CONTROLADO

Neste âmbito a informação foi obtida através de duas vias: numa primeira fase, foi efetuada a compilação de dados de queimas prescritas realizadas em anos anteriores ao presente estudo, constantes dos Planos Operacionais de Queima (POQ). Posteriormente, e quando a janela de prescrição assim o permitiu, foram realizados ensaios de campo, submetendo a fogo controlado várias parcelas em concelhos do distrito de Viana do Castelo.

Os POQ's são instrumentos que permitem ao técnico credenciado a caracterização da parcela individual de tratamento, quanto às suas características físicas, estrutura e composição dos combustíveis contidos na mesma, entre outros aspetos relacionados com a planificação da queima. Para além dos elementos mencionados anteriormente, o referido documento permite igualmente descrever, após a execução das queimas, as condições nas quais as mesmas se desenvolveram, o comportamento do fogo e padrão de ignição, e os impactes imediatos da ação do fogo.

Assim, foram compilados dados de queimas realizadas desde 2008, ano em que por via do programa GeFoco, o uso do fogo controlado observou um novo impulso no distrito. Após análise da informação recolhida, foi possível verificar que apesar da multiplicidade de queimas realizadas, nem todos os relatórios existentes continham a informação necessária

para o estudo. Apenas foi possível considerar os POQ's elaborados desde o ano de 2009, coincidentes com o pleno funcionamento do Grupo de Análise e Uso do Fogo, da então Autoridade Florestal Nacional, uma vez que o preenchimento dos vários parâmetros era bastante completo.

Da triagem efetuada, resultaram 17 observações, efetuadas no ano de 2010 durante os meses de março e abril.

A amostra obtida através da compilação das queimas realizadas anteriormente revelou-se pouco representativa, face ao que seria expectável, pelo que tal lacuna de informação foi colmatada pela realização de ensaios de campo. A recolha de dados, através da observação e participação nas ações de fogo controlado, permitiu obter dados mais fidedignos e possibilitou uma compreensão mais próxima da interação entre os elementos do ambiente do fogo e as características do comportamento da ignição e combustão.

No total foram caracterizadas 13 queimas, em parcelas situadas nos concelhos de Viana do Castelo, Arcos de Valdevez, Vila Nova de Cerveira e Caminha, ocupadas predominantemente por tojo.

Para a recolha dos dados necessários foram elaboradas duas fichas de campo, inspiradas naquelas disponibilizadas aos técnicos que desenvolvem ações de prescrição e execução de fogo controlado, mas ajustadas em determinados parâmetros aos objetivos do estudo.

A ficha de prescrição para matos (Anexo IV) permitiu a caracterização genérica da parcela quanto à sua localização, objetivos da queima e descrição física da mesma, ao nível da sua topografia, exposição e declive. A componente de caracterização dos combustíveis ajustou-se ao presente estudo, sendo efetuada na generalidade através de estimativa visual. Características específicas como a altura dos combustíveis ou espessura de copa morta foram ainda complementadas com medições efetuadas em pontos aleatórios. Para além da determinação, através de observação das parcelas, da percentagem de cobertura do combustível arbustivo dominante e a sua altura, foram ainda considerados dados referentes a outras espécies no estrato arbustivo e no estrato herbáceo. Através da observação e da realização de medições, foram caracterizados os combustíveis mortos e finos, através da determinação da espessura de manta morta assim como a sua percentagem de cobertura.

Verificada, através de outros estudos, a importante retenção de combustível morto que ocorre na copa do tojo, foi ainda medida a espessura da copa viva e copa morta (Figura 18), assumindo que esta última possui um papel importante na propagação do fogo.



Figura 18- Caracterização do combustível quando à sua estrutura viva e morta

A idade do combustível, determinada através da informação cartográfica relativa à data do último fogo, foi outro elemento obtido.

Aquando das queimas realizadas, foi utilizada a ficha de execução (Anexo II) com vista à caracterização dos restantes fatores do ambiente do fogo, assim como as características básicas do comportamento do fogo e os impactes ou efeitos da sua passagem.

Para caracterização do ambiente meteorológico foram medidas a temperatura, humidade relativa e velocidade do vento com uma estação meteorológica portátil, vulgarmente utilizada em ações de fogo controlado (Figura 19). A recolha da informação foi



Figura 19 - Estação meteorológica portátil

efetuada em três espaços temporais, ou seja, no início, durante e final da queima, possibilitando uma análise da evolução das condições meteorológicas locais e a sua influência no desenvolvimento da ignição aplicada, assim como combustão e comportamento do fogo. A direção do vento foi determinada através da observação no local da queima.

Com vista à caracterização do estado dos combustíveis, quanto à sua disponibilidade para a combustão, recorreu-se à informação dos índices que compõe o FWI, sistema canadiano de indexação do perigo meteorológico de incêndio florestal, disponibilizados pelo Instituto de Meteorologia. Desta forma, foi possível caracterizar quantitativamente o teor de humidade dos combustíveis finos mortos (FFMC), teor de humidade da manta morta em decomposição (DMC), o índice de seca (DC), o índice de disponibilidade do combustível para a combustão

(BUI), o índice de propagação inicial (ISI) e o índice resultante da conjugação dos vários índices enumerados, o índice de perigo meteorológico de incêndio (FWI) e que indica a sua intensidade potencial. Para a determinação do número de dias sem chuva, foram consultados os dados meteorológicos dos dias anteriores e verificado o último dia no qual se verificou a ocorrência de precipitação.

Com recurso à observação e recolha de imagens e vídeos, foi possível recolher informação relativa às características do comportamento do fogo. Para determinação da velocidade de propagação, foram colocadas marcas ou definidos pontos de referência nas parcelas (Figura 20) e cronometrado o tempo transcorrido pelo fogo entre ambas.

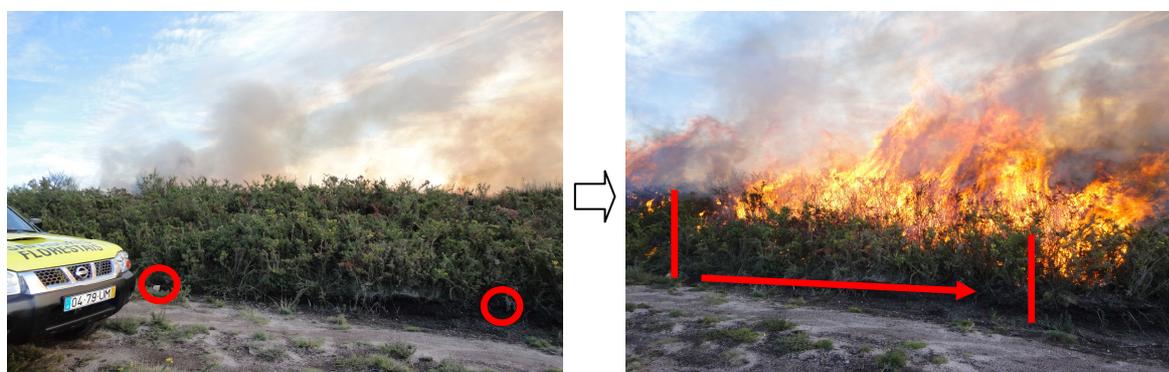


Figura 20 - Método de determinação da velocidade de propagação (queima realizada a 25/11/2011)

A caracterização da chama quanto à sua altura e comprimento, para além da observação do local, foi obtida igualmente através de fotografias recolhidas no decurso da queimas (Figura 21), o que permitiu aferir com maior exatidão tais características.

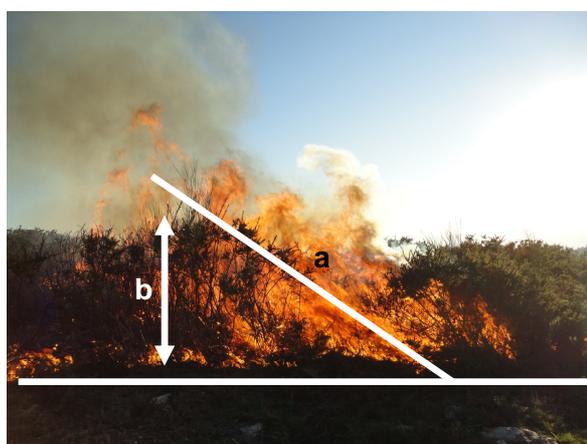


Figura 21 - Método de determinação das características da chama: a) comprimento de chama, b) altura da chama (queima realizada a 25/11/2011)

Para a determinação do valor da intensidade de cada uma das queimas foi efetuado o seu cálculo através da utilização da fórmula de Byram (1959), conjugando os dados determinados quanto à velocidade de propagação e carga de combustível consumida. Como referido anteriormente, para o calor libertado por unidade de peso, assumiu-se o valor utilizado pelo Forestry Canada Fire Danger Group (1992) de 18.000 kg^{-1} .

Outro aspeto importante prende-se com a observação dos efeitos imediatos das queimas, já que permitem aferir se os objetivos foram cumpridos e, no caso concreto do presente estudo, determinar qual a prescrição mais adequada a esta espécie, de forma a garantir a integridade do solo.

Para o efeito, foi determinada através da estimacção visual a percentagem da reducao do combustível, tendo por base os valores referencía de consumo definidos para áreas de matos por Vega (2001) (Figura 22).

Foi medido o diâmetro terminal calcinado dos ramos arbustivos e a altura de ramificacção dessecada em pontos aleatórios das parcelas. Para a determinacção da espessura de manta morta consumida, foram utilizados pregos colocados no solo e, após a passagem do fogo, medido o consumo (Figura 23).

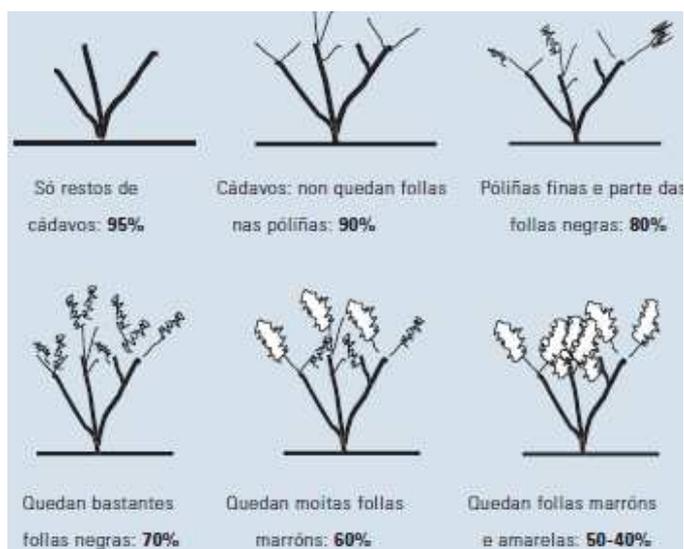


Figura 22 - Percentagens de reducao de combustível para matos (Vega, 2001)

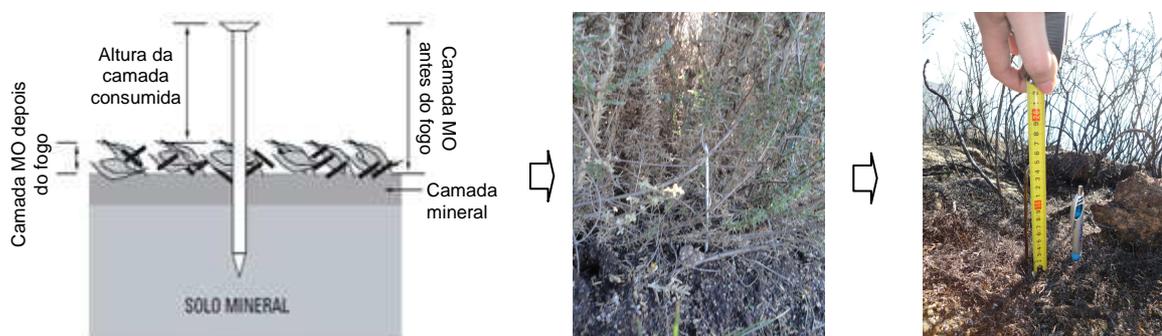


Figura 23 - Método de determinacção da espessura de manta morta consumida

De igual forma, as fichas de campo utilizadas possuíam um campo para desenho do esquema de queima e para a colocação de observações quanto a eventuais dificuldades sentidas aquando da ignição e ao longo da progressão do fogo.

Todas as queimas foram executadas com recurso à técnica de ignição e condução do fogo descendente, ou seja, contra o vento e declive, uma vez que garante maior segurança de execução comparativamente ao fogo a favor.

Após compilação dos dados obtidos, quer através dos Planos Operacionais de Queima, quer através dos ensaios de queima, foi efetuada a sua análise estatística, utilizando-se como ferramenta o software JMP, através do qual se exploraram as relações entre as variáveis que caracterizam o ambiente e comportamento do fogo, por análise de correlação e de regressão linear e não linear.

4.2 - ESTUDO DE ÁREAS DE TOJO AFETADAS POR INCÊNDIOS FLORESTAIS

O período de queimas 2011-2012, para redução de combustível vegetal, foi relativamente curto devido às condições meteorológicas desfavoráveis à prática do fogo controlado e consequente dificuldade em queimar dentro da janela de prescrição, que levou a que só fosse possível efetuar queimas entre a segunda quinzena de novembro e a primeira quinzena de fevereiro. A este período sucedeu-se uma subida acentuada das temperaturas e agravamento do perigo de incêndio florestal, entre a segunda quinzena de fevereiro e o mês de março, seguindo-se meses com períodos de chuva prolongados que impossibilitaram a realização da prática do fogo controlado.

Durante o período mencionado, no qual se verificou um agravamento do risco temporal de incêndio, o distrito foi afetado por vários incêndios florestais que contribuíram negativamente para a estatística do distrito.

Considerando o número reduzido de ensaios de campo realizados, face ao que seria expectável, considerou-se que os incêndios de inverno poderiam igualmente fornecer dados relevantes para o estudo.

Para o efeito, foram consideradas áreas ardidadas no distrito nas quais o coberto vegetal dominante era o tojo. Face às áreas afetadas no distrito, para esta espécie, apenas foi possível recolher informação em áreas ardidadas no concelho de Viana do Castelo, na Serra de Santa Luzia entre os dias 20 de fevereiro e 11 de março. Do trabalho de campo, efetuado com o

apoio do Gabinete Técnico Florestal do Município, resultou a recolha de informação em 8 áreas ardidas.

Para a recolha de informação de campo, foi elaborada uma ficha de campo contendo campos para caracterização do ambiente meteorológico, estado e características dos combustíveis e efeitos do fogo (Anexo VI).

No que concerne à caracterização do ambiente meteorológico foi obtida informação do Instituto de Meteorologia para as variáveis temperatura, humidade relativa e velocidade do vento, e do MeteoGalicia para a direção do vento, para as datas das ocorrências. As fontes mencionadas anteriormente possibilitaram igualmente a contabilização do número de dias sem chuva, variável caracterizadora do estado dos combustíveis. Este parâmetro foi ainda qualificado através dos valores dos índices do sistema FWI.

Com vista à caracterização dos combustíveis, quanto à sua percentagem de ocupação, altura, idade, espessura de manta morta, copa viva e morta, foram considerados os combustíveis não ardidos adjacentes à área queimada. Com base nos dados recolhidos no campo foi possível posteriormente determinar a carga de combustível total e fino, tendo por base os valores correspondentes à altura e percentagem de cobertura do solo.

Para a determinação dos efeitos da queima, foi efetuada uma estimação visual da percentagem da redução do combustível, tendo por base os valores referência de consumo definidos para áreas de matos por Vega (2001), à semelhança do procedimento seguido em áreas submetidas a fogo controlado. De igual forma foi determinada a percentagem de herbáceas consumidas e ramificação dessecada. Foram medidos o diâmetro terminal calcinado nos ramos dos arbustos, a espessura de manta morta consumida e a altura da ramificação dessecada.

Considerando que durante os incêndios não foi efetuada recolha de dados para determinação das variáveis primárias do comportamento do fogo, procedeu-se à aplicação de métodos desenvolvidos por outros autores.

Para determinar a velocidade de propagação, foi utilizada a metodologia proposta por Alexander *et al.* (1989). Assim, foi utilizada a fórmula inicialmente desenvolvida para a determinação da área ardida, assumindo que um incêndio atinge uma determinada área e forma como resultado da influência da velocidade e direção do vento, assim como do tempo transcorrido entre o início e final da ignição (Figura 24).

$$A = \frac{(K_a \times ROS \times T)^2}{1000}$$

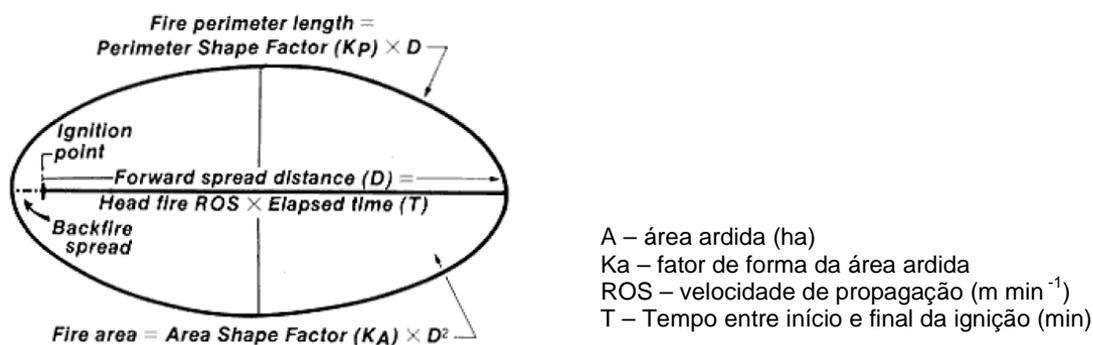


Figura 24 – Representação do método de determinação da área de um incêndio florestal (Alexander *et al.*, 1989)

Considerando que a incógnita constituía a velocidade de propagação, o cálculo foi efetuado com os valores de área ardida de cada uma das ocorrências, obtidos através da quantificação efetuada pelo Gabinete Técnico Florestal de Viana do Castelo e inserida no Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais (SGIF). Para efeitos de determinação do tempo transcorrido entre o início e final do incêndio, foi considerada a hora oficial de início e fim atribuído à ocorrência, disponibilizado pelo SGIF e determinado o tempo de duração. O mesmo foi ainda ajustado, de forma a torna-lo mais aproximado à realidade, subtraindo 15 minutos iniciais, correspondentes ao tempo médio entre a ignição e o arranque do incêndio, e 2 horas no final, correspondente ao tempo atribuído à ocorrência por excesso, para a realização de ações de rescaldo e desmobilização dos meios.

A determinação do fator de forma da área ardida foi efetuada tendo por base duas formas de cálculo possíveis, de forma a posteriormente considerar aquela que deveria ser mais aproximada da realidade. Assim, tendo por base os valores de referência propostos por Alexander *et al.* (1989), foi determinado o K_a primeiramente através dos valores de velocidade do vento do dia da ocorrência e posteriormente através do valor de L/B , correspondente à razão entre a largura e comprimento da área ardida, determinado através da medição em mapa das áreas cartografadas. Para a determinação deste parâmetro, foi ainda considerada a informação, fornecida pelo GTF local, que acompanhou as ocorrências, relativamente à direção dos eixos de propagação do incêndio florestal.

Para o cálculo da intensidade foi aplicada novamente a fórmula de Byram, conjugando as variáveis anteriormente calculadas, correspondentes à carga de combustível consumida e velocidade de propagação.

Compilados os dados obtidos, foi efetuada uma análise exploratória através da observação de correlações obtidas através da utilização do software de análise estatística JMP.

Efetuada a compilação dos dados obtidos, quer das áreas submetidas a fogo controlado, quer em áreas ardidadas em incêndios florestais, procedeu-se à análise das 30 e 8 observações, respetivamente, que a seguir se expõe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DAS QUEIMAS

As ações de fogo controlado realizaram-se em seis dos dez concelhos do distrito, o que garante representatividade das variadas condições e características edafo-climáticas existentes.

As queimas executadas durante o ano de 2010, descritas nos Planos Operacionais de Queima, decorreram entre o mês de março e abril. Já os ensaios de campo ocorreram em novembro de 2011 e entre janeiro e fevereiro de 2012. À época de queima, sucedeu-se um período propício à ocorrência de incêndios florestais, tendo sido possível a recolha de informação em áreas de tojais ardidados.

Considerando a hora de início das ações de fogo controlado, a grande maioria foi executada durante o período da manhã, sendo que apenas 9 observações corresponderam ao período da tarde. Já os incêndios florestais se verificaram essencialmente durante a tarde, concentrando-se sobretudo no período entre as 18 e as 23h.

No que concerne ao ambiente físico das parcelas executadas e das áreas ardidadas, verifica-se que a sua topografia é sobretudo de meia encosta, seguindo-se a de cumeada. As altitudes variam entre 200m e 750m, e os declives entre 5% e 30%. Relativamente à exposição, verifica-se que nas parcelas queimadas predomina o quadrante Norte, verificando-se apenas 5 observações de quadrante Sul. Nas áreas ardidadas a exposição é variável observando-se áreas com exposição Norte, Sul e em zonas planas.

De forma geral, o ambiente meteorológico encontra-se dentro dos intervalos de prescrição genérica para o uso do fogo controlado em áreas de matos, quer nas ações de fogo controlado, quer inclusivamente aquando dos incêndios florestais analisados (Quadro 4).

Tendo como referencia os intervalos ideais definidos por Vega (2001) para o uso do fogo em matos galegos, verifica-se que os valores médios de temperatura, quer em ações de fogo controlado, quer nos incêndios florestais, se encontram de acordo com os mesmos, embora tenha sido possível constatar temperaturas bastante acima do ótimo. Curiosamente, as temperaturas observadas nos incêndios florestais são de igual forma aceitáveis dentro do padrão exigido para o uso do fogo controlado.

Quadro 4 – Ambiente meteorológico verificado nas ações de fogo controlado e nos incêndios florestais

	Fogo controlado				Incêndios			
	T (°C)	HR (%)	V (km/h)	Nº dias sem chuva	T (°C)	HR (%)	V (km/h)	Nº dias sem chuva
Média	14,3	50,6	4,3	6	15,8	50,5	8,6	13
Máximo	24,7	77,5	12,0	18	17,3	71,0	14,0	29
Minino	7,0	21,2	0,7	2	12,9	29,0	7,0	4

Relativamente aos valores de humidade relativa, são também semelhantes em ambas as situações, e mais uma vez dentro dos intervalos genéricos definidos. Esta constatação poderia levar a concluir que no período no qual ocorreram incêndios florestais haveria condições para ações de fogo controlado. Contudo tal não é verdadeiro se considerarmos o número de dias sem chuva, que no caso dos incêndios florestais é superior, indicando maior disponibilidade dos combustíveis e originando características de comportamento do fogo possivelmente não aceitáveis no uso do fogo prescrito.

Considerando os valores de velocidade do vento, variável importante na velocidade de propagação do fogo, verifica-se que em média as ações de fogo controlado se encontraram dentro do intervalo aceitável, assim como os verificados aquando dos incêndios florestais. Contudo verificaram-se valores máximos ligeiramente acima do intervalo ótimo, mas ainda assim dentro dos valores máximos admitidos.

A disponibilidade do combustível para arder encontra-se fortemente relacionada com as condições meteorológicas atuais e passadas, assim como com as características fisiográficas locais, que afetam, entre outros, a incidência da radiação solar. Os índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo Meteorológico de Incêndio (FWI), forma expedita de avaliação da disponibilidade dos combustíveis, permitiram avaliar a mesma aquando das queimas. As queimas analisadas foram executadas em média com valores baixos a moderados para todos os índices considerados (Quadro 5).

Quadro 5 – Valores de FWI verificados nas ações de fogo controlado e nos incêndios florestais em área de tojo

	Fogo controlado						Incêndios					
	FFMC	DMC	DC	BUI	ISI	FWI	FFMC	DMC	DC	BUI	ISI	FWI
Média	85,7	14,8	32,5	15,4	3,9	5,5	87,4	23,2	85,1	27,1	4,7	8,9
Máximo	91,2	28,9	68,1	30,8	8,5	14,6	89,5	32,4	91,2	33,7	5,6	10,0
Minino	79,5	3,8	10,5	4,0	1,4	0,5	82,9	21,0	66,1	20,5	2,7	5,6

FFMC - teor de humidade dos combustíveis finos mortos; DMC - teor de humidade do húmus; DC - índice de seca; BUI - índice de disponibilidade do combustível para a combustão; ISI - índice de propagação inicial; FWI - índice de risco de incêndio

Observando os valores de FFMC constata-se que os valores são geralmente moderados. Os valores mais baixos (maior humidade) verificaram-se nas queimas executadas entre os meses de novembro e janeiro, isto apesar de se verificarem 10 dias sem chuva. Os mais elevados (menor humidade) ocorreram em abril, verificando-se valores acima de 90 o que fez aumentar o índice de propagação inicial (ISI) para um valor moderado. Estes valores foram no entanto compensados por valores moderados de disponibilidade de combustível (DMC e BUI) e por valores de humidade relativa acima de 50%, adequado para queimas em mato (Vega, 2001).

Idêntico padrão foi observado aquando dos incêndios florestais ocorridos em março. Os índices FWI apresentam valores reduzidos a moderados e como tal aceitáveis para o uso do fogo, embora a disponibilidade dos combustíveis finos para a combustão seja elevada devido ao elevado número de dias sem chuva que em média foi de 13, comparativamente à média de 6 dias observada nas queimas, sendo que nas ocorrências de fevereiro chegaram a atingir-se 29 dias sem chuva.

Da conjugação dos índices de caracterização e quantificação dos teores de humidade dos combustíveis resultaram valores de disponibilidade dos mesmos baixos a moderados, pelo que do ponto de vista do comportamento do fogo, a velocidade do vento deverá ser uma variável importante a considerar. Note-se que dado o porte, arejamento, proporção de combustível morto e ausência de coberto arbóreo neste tipo de combustível as implicações de valores reduzidos a moderados dos índices FWI deverão ser substancialmente diferentes do que sucede em formações vegetais de menor combustibilidade: para um determinado valor de um determinado índice é de esperar uma situação mais grave do que aquela indicada pelas classes FWI usadas em Portugal (Palheiro *et al.*, 2006).

5.2 – CARACTERIZAÇÃO E RELAÇÕES ENTRE DESCRITORES DO COMBUSTÍVEL

As características dos combustíveis são decisivas para a caracterização do comportamento do fogo, já que é sobre os seus estratos que este se propaga (Quadro 6).

Quadro 6 – Caracterização da estrutura do combustível nas parcelas de fogo controlado (FC) e nos incêndios florestais (IF)

		Altura média ponderada matos (cm)	Altura média tojo (cm)	% Cobert. tojo	Carga comb. total (t/ha)	Carga comb. fino (t/ha)	Idade	% Cobert herb.	Altura herb. (cm)
FC	Intervalo	60 - 182	60 - 180	75 - 100	16 - 43	12 - 28	4 - 11	2,5 - 20	0,5 - 30
	Média	112,4	112	87	29	18	6	7	16
IF	Intervalo	42 - 72	50 - 80	80 - 90	13 - 21	9 - 15	7	5 - 10	8 - 30
	Média	55	62	87	16,4	12,1	7	8,7	14,1

As alturas dos matos nas parcelas estudadas revelam-se semelhantes às de outras áreas geográficas. O intervalo entre 60 e 180 cm de altura verificado aproxima-se daquele observado em tojais na Galiza (Vega, 2000). Os combustíveis junto às áreas ardidas revelaram-se ligeiramente mais baixos, mas de igual forma com alturas consideráveis. Esta variável poderá ser preocupante se considerarmos que se verificaram, nas parcelas submetidas a fogo controlado, alturas de 120 e 170 cm respetivamente em tojais com idades de 5 e 6 anos apenas, coincidentes de forma generalizada com exposições de quadrante Norte.

O tojo apresenta uma elevada percentagem de cobertura do solo, que pode ser total mesmo em idades jovens, o que vem corroborar a elevado e rápida capacidade desta espécie para ocupar o território que se inicia um ano após uma perturbação (Madrigal *et al.*, 2011).

O intervalo de variação da carga de combustível foi considerável, chegando a atingir 43t/ha. Os valores observados, à exceção de duas parcelas, encontram-se acima de 18 t/ha, que é considerado o limiar de carga muito elevada e por isso uma situação crítica (Fernandes *et al.*, 2002). Verifica-se que combustíveis com 4 anos já representavam 21 t/ha e apenas com 6 anos chegaram a atingir 43t/ha. As áreas ardidas por incêndio apresentavam valores de carga ligeiramente mais baixos. Este elevado perigo de incêndio pressupõe uma necessidade urgente de gestão dos combustíveis ou criação de descontinuidades que minimizem o perigo, daí a importância das ações de fogo controlado desencadeadas.

Em relação com a carga de combustível total, surge a carga de combustível fino que desempenha um papel importante na propagação do fogo. Nas parcelas estudadas verificaram-

se cargas de combustível fino variáveis entre 12 e 28 t/ha, valores de igual forma elevados e que deverão contribuir fortemente para a intensidade do fogo. Ao tojo, a par da elevada carga de combustível fino que apresenta, encontram-se associada por vezes outras espécies arbustivas e herbáceas. Estas últimas, dada a sua elevada relação superfície-volume, constituem de igual forma importantes vetores de propagação do fogo. Não era assim nas parcelas analisadas, já que estes combustíveis atingiram em média apenas 16 cm de altura com uma percentagem de ocupação de cerca de 7 %.

Outro parâmetro importante e influente no comportamento do fogo, como verificado em outros estudos realizados para este estrato arbustivo é a proporção de copa arbustiva morta. Para a análise deste parâmetro, foram considerados os dados relativos aos Ensaio de Campo e aos Incêndios Florestais, totalizando 21 observações (Quadro 7).

Quadro 7 – Caracterização dos estratos condutores do fogo e da camada de manta morta

Ensaio de Campo					Incêndios Florestais			
Espessura copa viva (cm)	Espessura copa morta (cm)	Proporção copa morta (%)	Espessura MM (mm)	% Cobertura MM	Espessura copa viva (cm)	Espessura copa morta (cm)	Proporção copa morta (%)	Espessura MM (mm)
100	50	33,3	100	90	30	30	50,0	5
60	20	25,0	100	70	10	40	66,7	10
70	110	61,1	200	70	10	50	83,3	50
75	25	25,0	100	20	20	40	66,7	100
20	140	87,5	100	50	15	65	81,3	15
50	120	70,6	100	60	10	40	80,0	50
50	120	70,6	100	60	20	60	75,0	50
70	20	22,2	100	90	40	10	20,0	50
80	20	20,0	100	60				
80	20	20,0	100	80				
60	40	40,0	100	70				
70	30	30,0	100	70				
50	120	70,6	100	70				

Assim, comparando os estratos do tojo, verifica-se que a espessura de copa morta, na qual se acumulam combustíveis mortos finos, é muito representativa podendo atingir a altura de 140 cm. Este facto é ainda mais evidente se considerada a proporção de copa morta, verificando-se que a proporção poderá chegar a 87,5%, sendo que nas áreas ardidas a sua expressão foi mais significativa, com a maioria das parcelas a possuir mais de 50% de copa morta, em combustíveis com 7 anos de idade apenas.

A camada de manta morta desempenha um papel importante na proteção do solo, durante e após a passagem do fogo, sendo ideal que da execução de ações de fogo controlado resultem percentagens baixas ou nulas de consumo. Considerando a sua percentagem de cobertura, verifica-se que em grande parte das parcelas, a mesma é significativa, com espessuras a atingir 200mm.

Através do estabelecimento de correlações entre as variáveis caracterizadoras da estrutura do combustível tojo, foi possível identificar aquelas que possuem uma relação estatisticamente significativa. Observando o Quadro 8, é possível verificar a presença de correlação entre a altura média dos matos, a idade, a carga de combustível fino, % cobertura total, proporção de copa morta e % cobertura de manta morta.

Quadro 8 - Correlação entre variáveis dos combustíveis

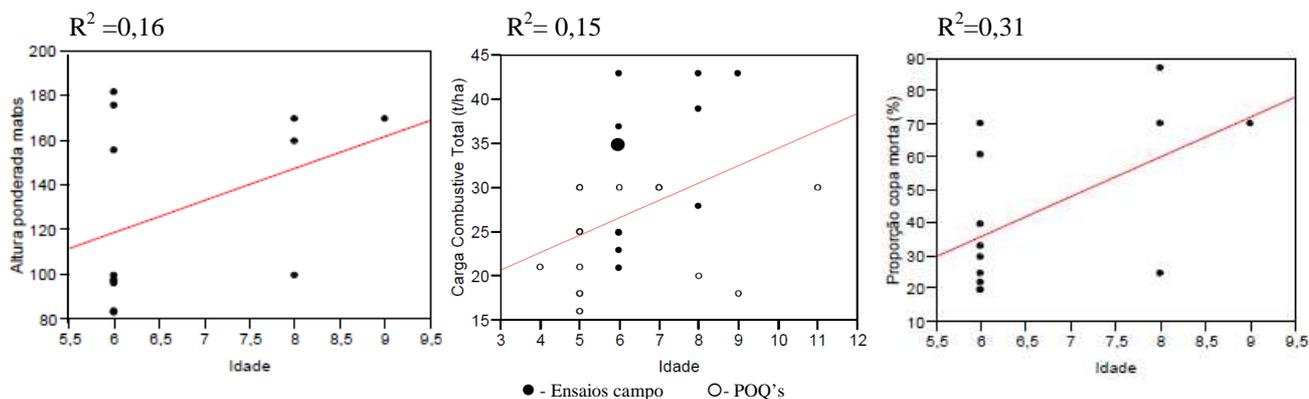
Variável		R	n	P
%Cobertura arbustiva total	Idade	0.1729	30	0.3609
Altura ponderada matos	Idade	0.3660	30	0.0467
Altura ponderada matos	%Cobertura arbustiva total	0.3794	30	0.0387
Carga Comb. Fino (t/ha)	Idade	0.3835	30	0.0364
Carga Comb. Fino (t/ha)	%Cobertura arbustiva total	0.4693	30	0.0089
Carga Comb. Fino (t/ha)	Altura ponderada matos	0.9537	30	<.0001
Proporção copa morta	Idade	0.5582	13	0.0474
Proporção copa morta	%Cobertura arbustiva total	-0.2704	13	0.3717
Proporção copa morta	Altura ponderada matos	0.8596	13	0.0002
Proporção copa morta	Carga Comb. Fino (t/ha)	0.8878	13	<.0001
Espessura MM (mm)	Idade	-0.1875	13	0.5396
Espessura MM (mm)	%Cobertura arbustiva total	0.3291	13	0.2722
Espessura MM (mm)	Altura ponderada matos	0.4037	13	0.1714
Espessura MM (mm)	Carga Comb. Fino (t/ha)	0.3842	13	0.1950
Espessura MM (mm)	Proporção copa morta	0.2094	13	0.4923
% Cobertura MM	Idade	-0.6468	13	0.0169
% Cobertura MM	%Cobertura arbustiva total	0.1518	13	0.6206
% Cobertura MM	Altura ponderada matos	-0.0438	13	0.8871
% Cobertura MM	Carga Comb. Fino (t/ha)	-0.1629	13	0.5950
% Cobertura MM	Proporção copa morta	-0.2079	13	0.4956
% Cobertura MM	Espessura MM (mm)	0.0640	13	0.8354

Os valores de P a negrito correspondem a correlações estatisticamente significativas. Nas correlações cujo n=13, foram considerados os dados relativos aos ensaios de campo e incêndios florestais.

A idade dos combustíveis influencia os valores de carga de combustível fino (P=0,03), a altura média do estrato arbustivo (P=0,04), a proporção de copa morta (P=0,04) e a percentagem de cobertura da manta morta (P=0,01).

Estabelecendo uma regressão linear entre as variáveis idade e altura média do estrato arbustivo (Figura 25), observa-se que é a partir dos 6 anos que as áreas de matos, dominadas por tojos, podem estabilizar a sua altura, que não parece aumentar significativamente após

essa idade. A par disso, se relacionada ainda com a carga de combustível fino e total (Figura 26), é possível constatar que aos 5 anos de idade o tojo já apresenta cargas elevadas, apresentando valores ainda mais expressivos aos 6 anos. De igual forma, se agrava a proporção da copa morta e a % de cobertura de manta morta em função da idade (Figura 27), sendo tal incremento mais expressivo mais uma vez a partir dos 6 anos.

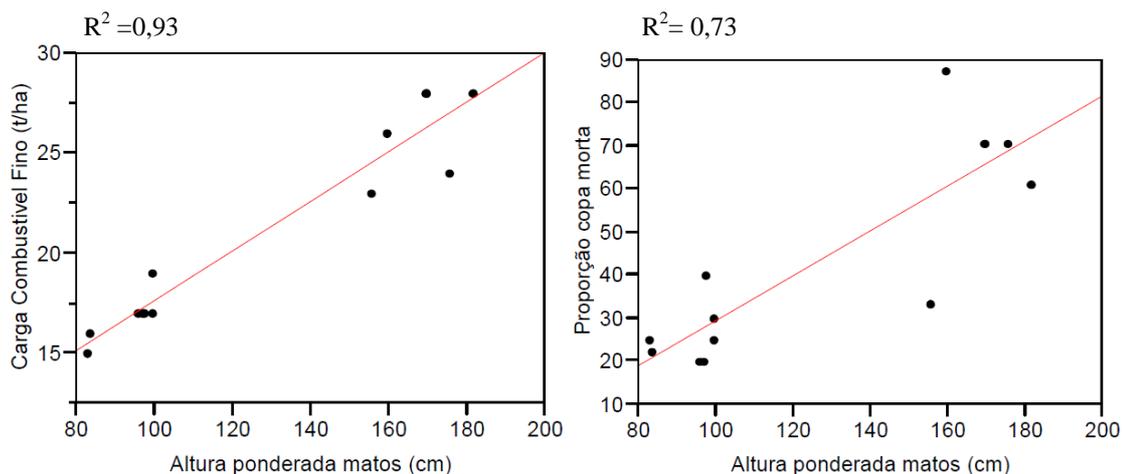


Figuras 25, 26 e 27 – Relação estatística da idade com a carga de combustível total, proporção copa morta e altura média dos arbustos.

Desta forma constata-se que a idade determina de forma significativa a estrutura deste combustível e a combustibilidade da formação, sendo determinante a presença de elementos condutores do fogo como os combustíveis finos e a proporção de copa morta.

Face a estas características, são expectáveis níveis de perigo de incêndio e padrões de comportamento do fogo extremos, em áreas dominadas pelo tojo atlântico, pelo que as ações de manipulação das cargas de combustível, com vista à prevenção dos incêndios florestais ou criação de oportunidades de combate, deverão ocorrer antes de o tojo atingir 6 anos de idade. Considerando ainda que de acordo com Marino *et al.* (2010) os tojos com 3 anos cobrem já cerca de 90% do solo, poderá definir-se como ideal para as intervenções o período entre os 3 e 6 anos de idade.

Em relação direta com a idade, encontra-se a altura dos combustíveis, que por sua vez determina características importantes da estrutura do tojo (Figuras 28 e 29). Assim, a % cobertura total, carga de combustível e proporção da copa morta aumentam proporcionalmente com a altura dos tojos.



Figuras 28 e 29 – Relação estatística entre a altura média dos matos e a carga combustível fino e proporção de copa morta.

As plantas mais altas retêm assim mais material fino e morto, determinante na propagação do fogo, atingindo-se valores elevados quando os matos atingem um metro de altura, pelo que deverá garantir-se a existência de mosaicos com alturas inferiores.

Intimamente relacionadas com a combustibilidade dos matos encontram-se as variáveis carga total, carga de combustível fino e proporção de copa morta. Através da equação genérica de Rosa *et al.* (2011) para a acumulação de matos em Portugal foi estimada a carga de combustível (W) para os tojais deste estudo:

$$W = 18,86 (1 - \exp(-0,23 t))$$

sendo t a idade do combustível (ou o tempo desde o último fogo). Seguidamente comparou-se o valor calculado pela equação e a carga de combustível total estimada para as áreas submetidas a fogo controlado no distrito (Figura 32).

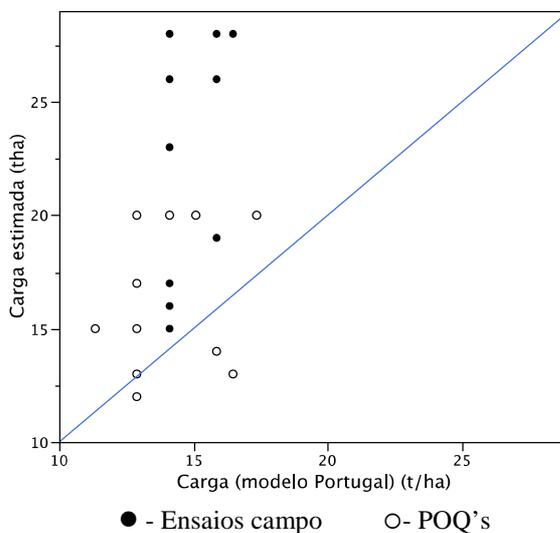
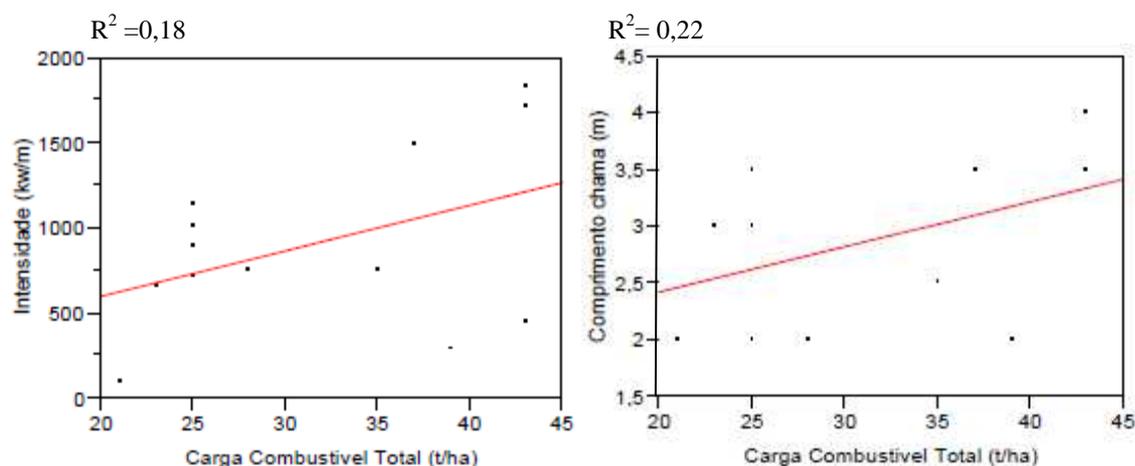


Figura 30 - Comparação da carga de combustível fino nos fogos com a carga estimada com a equação de Rosa *et al.* (2011) para Portugal, mostrando a linha $y=x$.

As cargas de combustível determinadas para a área de estudo são superiores à carga “nacional”, e para algumas parcelas quase que duplicam o valor “nacional”. Se este dado for conjugado com os elevados valores de carga de combustível fino e a proporção da copa morta, as áreas dominadas por tojo constituem espaços de elevado perigo de incêndio e prioritárias do ponto de vista da necessidade de intervenção para redução da carga de combustível.

Esta característica do tojo influenciará o comportamento do fogo, em particular ao nível da intensidade e comprimento de chama, sendo que a energia libertada será proporcional à carga de combustível existente (Figuras 31 e 32). Em anos em que a seca estival, geralmente curta na região, se prolongue são portanto de esperar incêndios mais severos. Dado o curto ciclo de acumulação de combustível, os fatores limitantes da intensidade do fogo são essencialmente de cariz meteorológico.



Figuras 31 e 32 - Relação entre carga de combustível e comportamento do fogo (ensaios de campo e incêndios florestais)

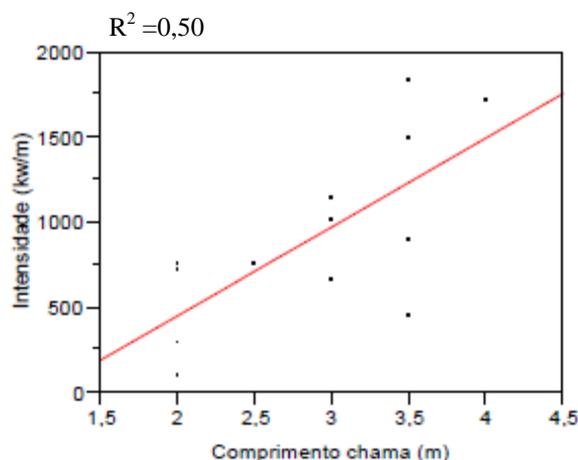
5.3 – CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO FOGO

Para efeito de caracterização do comportamento do fogo em tojal optou-se por apenas considerar na análise os dados obtidos nos ensaios de campo. Assim, considerando as 13 observações, é possível caracterizar o comportamento do fogo no que respeita à dimensão das chamas, velocidade e intensidade da propagação (Quadro 9).

Quadro 9 – Valores dos parâmetros de comportamento do fogo obtidos em ensaios de campo

Ensaio de campo				Incêndios	
Velocidade propagação (m/min)	Altura chama (m)	Comprimento chama (m)	Intensidade (kW/m)	ROS (m/min)	Intensidade (kW/m)
0,8	1,5	2,5	756,0	4,0	1994,1
0,4	1,5	2,0	100,8	1,8	813,7
0,5	2,0	3,5	451,5	2,4	1096,4
1,0	1,5	2,0	756,0	4,4	1472,3
0,5	1,5	2,0	292,5	0,7	338,7
1,4	3,0	4,0	1715,7	3,6	1645,7
1,5	2,5	3,5	1838,3	3,9	2336,1
1,0	2,0	3,0	655,5	3,9	1199,5
1,8	2,5	3,0	1147,5		
1,5	2,0	3,0	1012,5		
1,5	2,0	3,5	900,0		
1,2	1,5	2,0	720,0		
1,5	2,5	3,5	1498,5		

Intensidade linear do fogo e velocidade de propagação constituem as variáveis primárias de comportamento de fogo. No entanto, o comprimento da chama é a expressão visível da libertação de energia, estando bem correlacionada com a intensidade do fogo (Figura 33).



Figuras 33 - Relação entre comprimento de chama e intensidade linear de fogo

O comprimento e altura de chama estão relacionadas com a intensidade linear do fogo, sendo aspetos a considerar quando o objetivo é evitar projeções de material incandescente para áreas contíguas que não se pretendem queimar. Nas queimas estudadas, verificaram-se alturas de chama variando entre 1,5 e 3,0 m e comprimentos de chama entre 2,0 e 4,0 m. Face às alturas atingidas pelos tojos, deverá ser dada especial atenção às ações de preparação das parcelas,

em particular as faixas de contenção. Além disso, aquando da execução das queimas ou até mesmo em incêndios deverá existir particular atenção para estas variáveis já que a própria chama poderá levar à projeção em maiores distâncias de partículas em combustão.

As velocidades de propagação observadas são lentas situando-se entre 0,4 e 1,8 m/min, dentro dos valores aceitáveis para a utilização do fogo controlado (inferiores a 4,5m/min). O intervalo recomendado em Portugal (Fernandes *et al.*, 2002) admite velocidades de propagação que poderão variar entre valores inferiores a 1,5 m/min e os 7,5 m/min, no máximo.

Observando os valores obtidos para a intensidade de fogo, comparando com os intervalos de referência (Quadro 10) é possível constatar que apenas 3 ensaios possuem valores baixos de intensidade, sendo que as restantes parcelas submetidas a fogo controlado obtiveram intensidades superiores a 500 kW/m. Verifica-se que em 5 ensaios se observaram intensidades superiores a 1000 kW/m, encontrando-se tais valores associados a valores muito elevados de cargas de combustível total, situados entre 37 e 43 t/ha, e idades a partir dos 6 anos.

Quadro 10 – Intervalos numéricos para os graus de intensidade linear de fogo, relacionando-os com Índices FWI. Adaptado de Alexander e Lanoville (1989) e Palheiro *et al.* (2006)

Nível	Intensidade (Kw/m)	ISI	FWI	Grau intensidade
1	<500	5	0 – 8,4	Baixo
2	500 – 2000	6-10	8.5 – 17,1	Moderado
3	2000 – 4000	10-13	17,2 – 24,5	Elevado
4	4000 – 10 000	13-18	24,6 – 38,2	Muito Elevado
5	>10 000	19	>38,2	Extremo

Contudo, não é apenas a carga de combustível que explica os valores obtidos, já que houve parcelas com elevadas cargas de combustível, mas com valores de intensidade mais reduzidos. Na verdade os valores obtidos de intensidade relacionam-se de forma mais expressiva com a velocidade de propagação, com a qual apresenta uma relação estatística significativa (Figura 34). Os valores obtidos para a intensidade, aumentam linearmente com o incremento da velocidade de propagação.

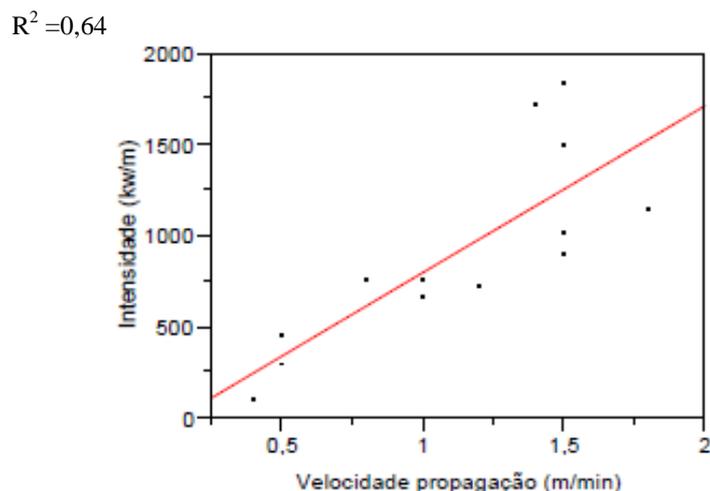


Figura 34 – Relação estatística entre velocidade de propagação e intensidade linear de fogo (ensaios de campo e incêndios florestais)

Da análise desta Figura verifica-se que velocidades inferiores a 0,5 m/min não propiciam a sustentabilidade da propagação do fogo. Apesar das elevadas cargas de combustível fino e proporção da copa morta que caracterizam os tojais, são desejáveis velocidades superiores quando o objetivo pretendido é um consumo superior a 50%. A este limiar de velocidade de propagação corresponde uma intensidade de 400 kW/m.

As intensidades de fogo obtidas consideram-se relativamente elevadas se levarmos em linha de conta que as queimas foram executadas em novembro e janeiro, quando os valores de FWI observados eram reduzidos. Considerando as intensidades obtidas nos incêndios ocorridos, verifica-se que mesmo com índices de FWI moderados, embora a disponibilidade do combustível para a combustão tenha sido o aspeto mais explicativo das áreas ardidadas verificadas, as mesmas atingiram níveis elevados (>2000 kW/m). Salienta-se que as ocorrências se deram nos meses de fevereiro e março, pelo que nos meses estivais se poderão verificar-se intensidades de fogo muito elevadas ou mesmo extremas, podendo tornar muito difíceis as manobras de supressão.

5.4 – CONSUMO DO COMBUSTÍVEL

Considera-se que o objetivo do fogo prescrito é realmente cumprido quando se obtém uma redução de combustível superior a 50% de carga inicial (Vega, 2001). Assim, considerando os dados obtidos nos ensaios de campo para o consumo (Quadro 11), constata-se que de forma geral o objetivo da queima foi concretizado, dado que em média os valores de consumo encontram-se entre 80% e 90%.

Quadro 11 – Consumos obtidos nos ensaios de campo e incêndios florestais

		CC (t/ha)	% RC	% HC	% RD	DC (mm)	E MM C (mm)	ARD (cm)
FC	Média	25,8	81	86	89	11,9	33,8	124
	Máximo	40,9	95	100	95	16,0	60,0	165
	Mínimo	8,4	40	50	70	6,0	10,0	80
IF	Média	14,85	91	90	98	11,3	50,0	61,7
	Máximo	19,95	95	100	100	15,0	100,0	80,0
	Mínimo	10,2	80	50	90	10,0	10,0	50,0

CC- Carga combustível consumida; RC – redução do combustível; HC – herbáceas consumidas; RD – ramificação dessecada; DC – diâmetro calcinado; E MM C – espessura manta morta consumida; ARD – altura ramificação dessecada

As cargas de combustíveis consumidas foram significativas, evoluindo em proporção com a carga de combustível total existente. Os valores de carga de combustível consumida encontram-se significativamente relacionados com a intensidade linear do fogo, havendo uma relação estatística bastante significativa entre as variáveis (Figura 35).

Através da análise da figura é possível constatar que as intensidades mais significativas ocorrem já a partir das 20 t/ha. Nos incêndios florestais as cargas consumidas não são tão significativas, apesar das elevadas intensidades de fogo, o que se explica pelas cargas de combustível mais baixas comparativamente às áreas submetidas a fogo controlado.

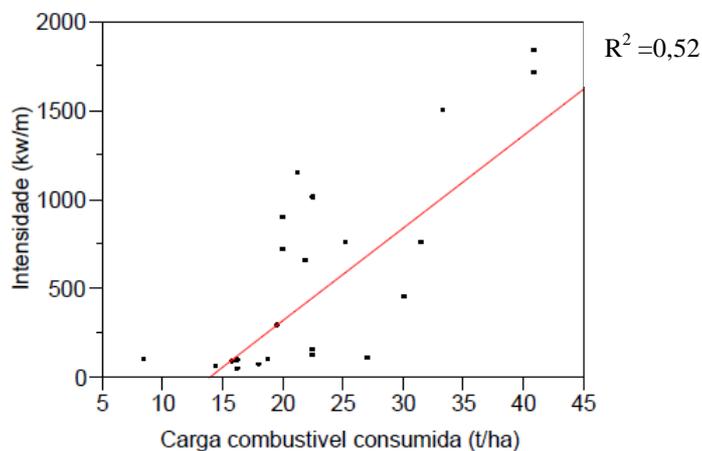


Figura 35 – Relação estatística entre carga de combustível consumida e intensidade linear de fogo (ensaios de campo)

Relativamente ao consumo da manta morta, verifica-se que em nenhuma das parcelas queimadas foi total, não ultrapassando os 60% de consumo, isto apesar de valores significativos de intensidade, facto que garante o cumprimento de um dos objetivos da queima. Este facto está provavelmente associado aos teores elevados de humidade contidos na manta morta e húmus, tal como inferido do índice DMC que para todas as queimas apresenta valores baixos. Já nos incêndios florestais, os consumos foram mais significativos, chegando inclusivamente a 100%, o que é explicado pelos valores mais elevados de DMC e BUI e consequente maior disponibilidade de combustíveis.

5.5 – COMPORTAMENTO DO FOGO E AMBIENTE METEOROLÓGICO

Para melhor compreensão da variação do comportamento do fogo deverá ser efetuada uma correlação com as variáveis que caracterizam o ambiente meteorológico. Estas determinam a possibilidade de ignição e a disponibilidade dos combustíveis, sendo determinante compreender de que forma a meteorologia determina o estado do combustível, em particular quanto ao seu teor de humidade. Para a análise de tais parâmetros foram considerados os dados obtidos nos ensaios de campo e nos incêndios florestais.

Neste processo de estabelecimento de correlações com as variáveis meteorológicas, deverá ser efetuada distinção entre a meteorologia local e os índices FWI de âmbito mais regional.

Verificou-se uma relação estatística significativa ($P < 0.05$) entre a velocidade de propagação e a temperatura média local. No entanto a relação era inversa ao esperado, ou seja, a velocidade de progressão do fogo aumentava para menores temperaturas do ar. A relação com a humidade relativa do ar foi porém decrescente e bastante sólida, revelando o efeito da humidade do combustível morto fino (Figura 36).

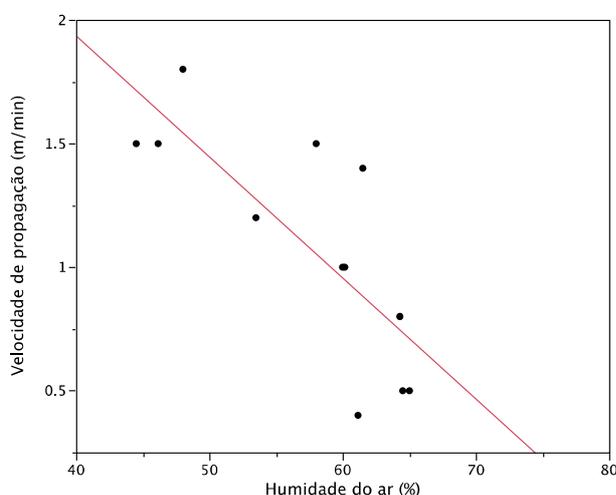
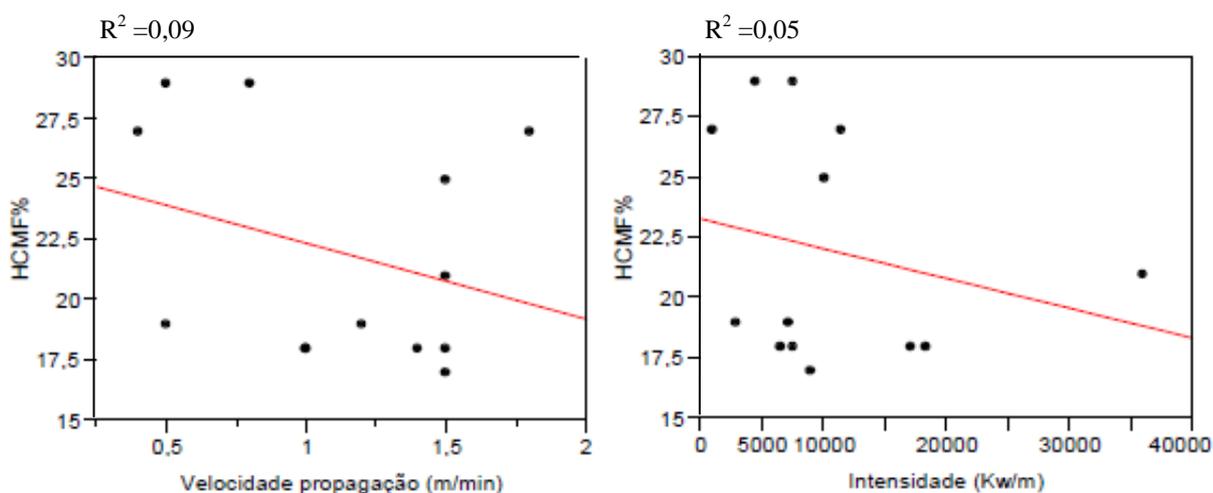


Figura 36 - Relação entre a velocidade de propagação e a humidade relativa do ar.

De forma menos expressiva se relacionou a velocidade de propagação e a velocidade do vento, em grande parte devido ao facto de em todas as queimas se ter recorrido à ignição contra vento e declive.

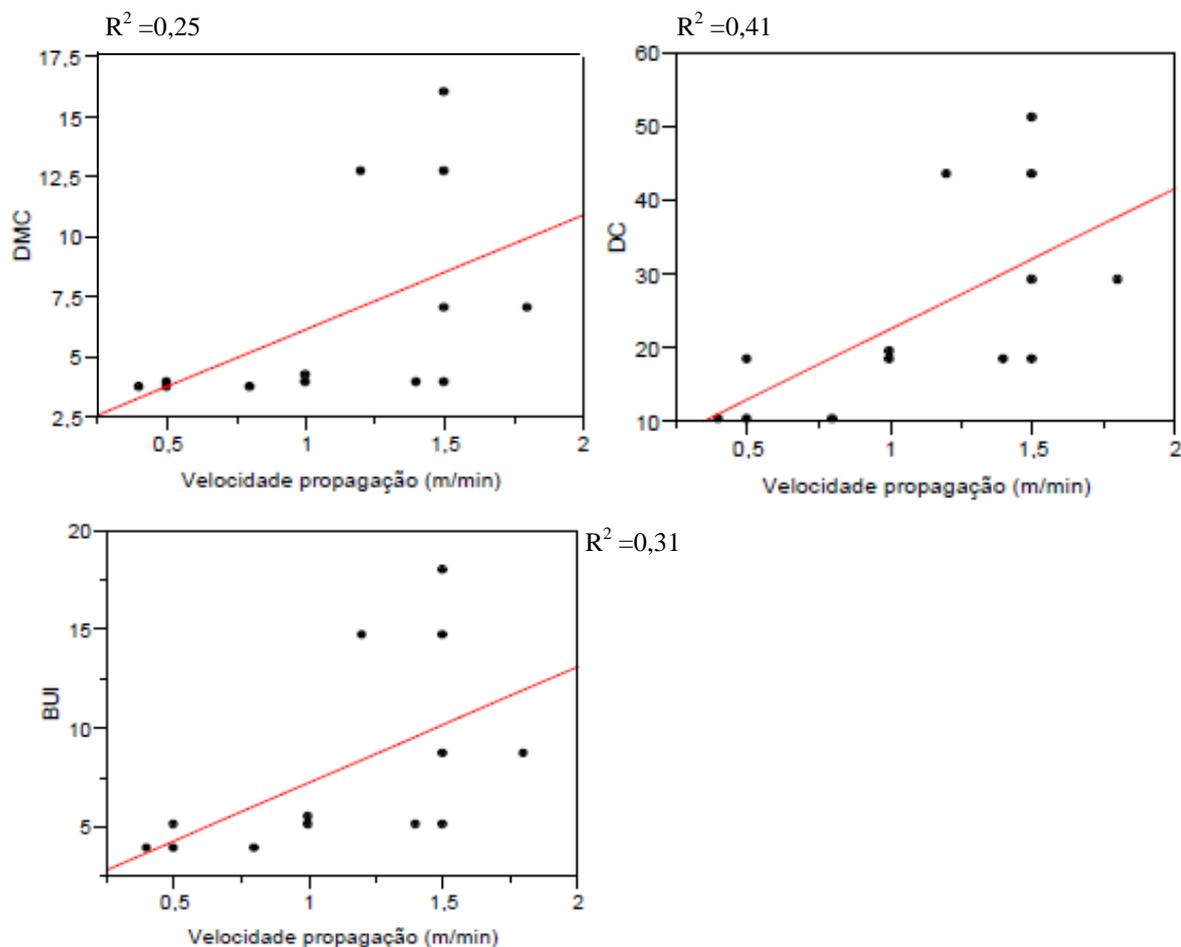
Tendo como base os dados referentes à humidade relativa recolhida aquando das queimas realizadas e o número de dias sem chuva, determinado através da consulta do histórico da meteorologia, foi determinada a humidade do combustível morto fino, usando a tabela do guia de fogo controlado em matos de Fernandes *et al.* (2002).



Figuras 37 e 38 - Relação entre a velocidade de propagação e intensidade com a humidade do combustível morto fino (HCMF)

Analisando as relações estabelecidas entre a humidade de combustível morto fino e as variáveis primárias do comportamento do fogo (Figuras 37 e 38), verificou-se a ausência de uma relação estatística significativa. Tal sugere que não é adequado estimar a humidade do combustível através da tabela do guia para este tipo de combustível e região.

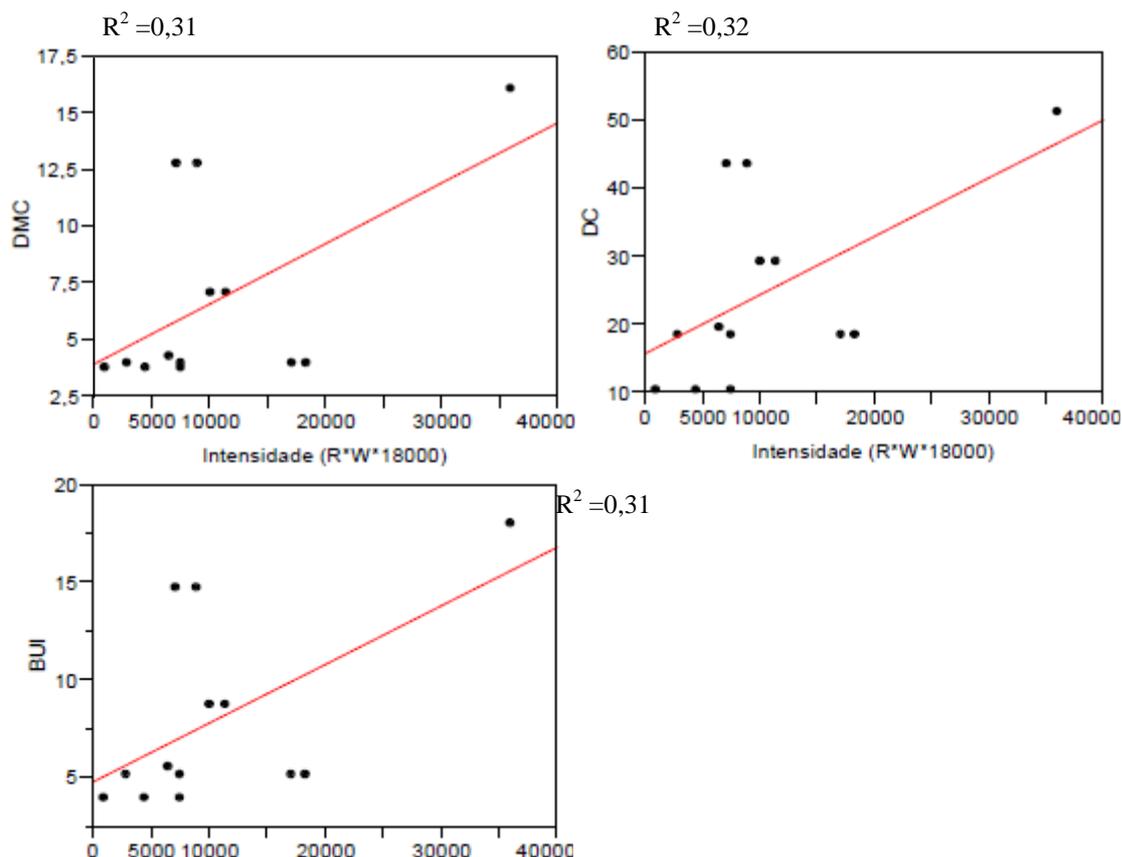
Foi possível estabelecer uma correlação entre o comportamento do fogo (velocidade de propagação e intensidade da frente de chamas) e os índices do sistema FWI referentes aos teores de humidade presentes nos combustíveis, assim como com o índice da disponibilidade dos combustíveis (BUI), resultante do DMC e DC (Figuras 39-44). A velocidade de propagação, face às relações estabelecidas, revela-se assim uma variável importante e que deverá ser considerada de forma mais atenta neste tipo de combustíveis.



Figuras 39,40 e 41 - Relação entre a velocidade de propagação e índices FWI

Se considerarmos mais uma vez as características estruturais do tojo, em particular e elevada proporção de combustíveis mortos e finos acumulados e a influência que a relação superfície-volume detém na perda e ganho de humidade, a capacidade do fogo progredir será maior. O teor de humidade presente nos combustíveis é então uma variável importante para a garantia de uma queima em segurança.

Os resultados sugerem também que para controlo das intensidades e velocidades de propagação, que neste tipo de combustível podem ser elevadas, se deve queimar com valores de DMC baixos (inferiores a 7,5).



Figuras 42,43 e 44 - Relação entre a intensidade e índices FWI

5.6 – SEVERIDADE DO FOGO

Da análise dos dados obtidos nos ensaios de campo e incêndios florestais, foi possível estabelecer como correlações mais significativas aquelas verificadas entre as variáveis velocidade de propagação (m/min) e a % de redução de combustível e a % de ramificação dissecada. A percentagem de consumo foi portanto modelada em função da velocidade de propagação, resultando a seguinte equação não linear limitada por uma assíntota de valor 100 ($R^2=0,70$):

$$\% \text{ redução} = 100(1 - \exp(-1,8074 R))$$

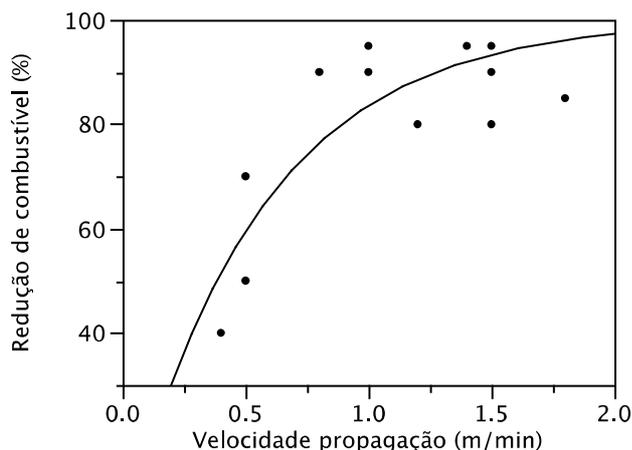
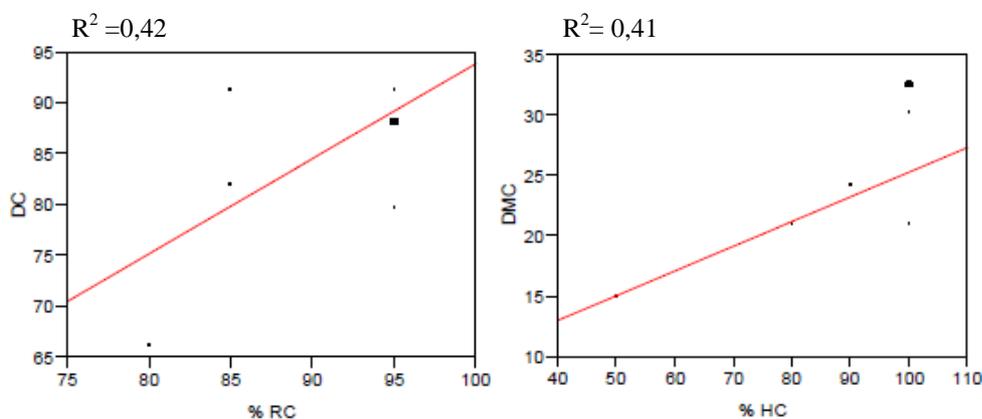
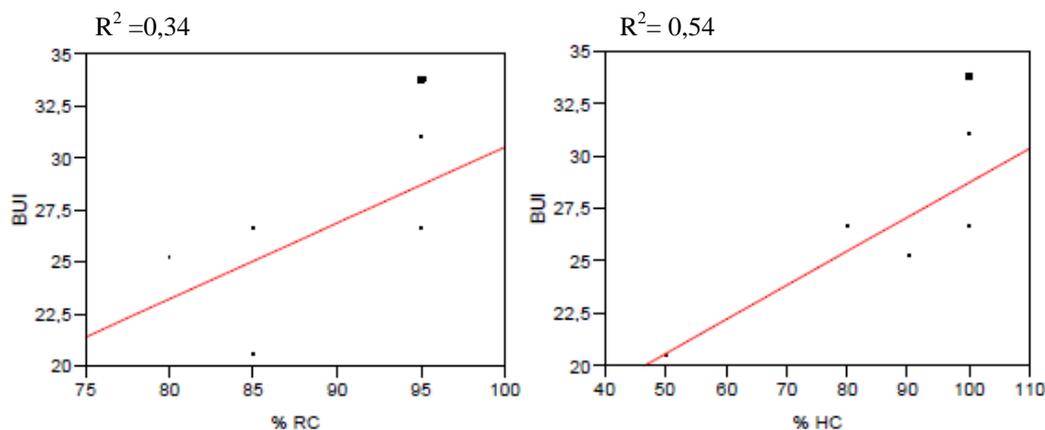


Figura 45 - Relação entre a velocidade de propagação e a redução do combustível

Analisando o gráfico correspondente (Figura 45) verifica-se que os consumos mais significativos ocorrem com velocidades de propagação superiores a 1 m/min. A partir de tal velocidade de propagação, os consumos situam-se acima de 90% sendo esta uma percentagem de consumo que se poderá considerar excessiva, pois poderá estar associada a consumo excessivo da manta morta, pondo em causa a integridade do solo, potenciando indiretamente os processos erosivos hídricos decorrentes da escorrência superficial das águas pluviais. Os valores mais baixos de consumo observam-se para velocidades de propagação até 0,5 m/min, sendo portanto insuficientes do ponto de vista da efetividade da gestão de combustíveis.

Com os dados recolhidos nas áreas ardidas estudadas foram estabelecidas correlações entre as variáveis de severidade e índices FWI e severidade e comportamento do fogo (Figuras 46-49). Relacionando os efeitos do fogo com os índices FWI para os dias das ocorrências com as variáveis de severidade do fogo, é possível observar uma tendência de aumento do consumo de combustível em função dos índices DMC, DC e BUI.



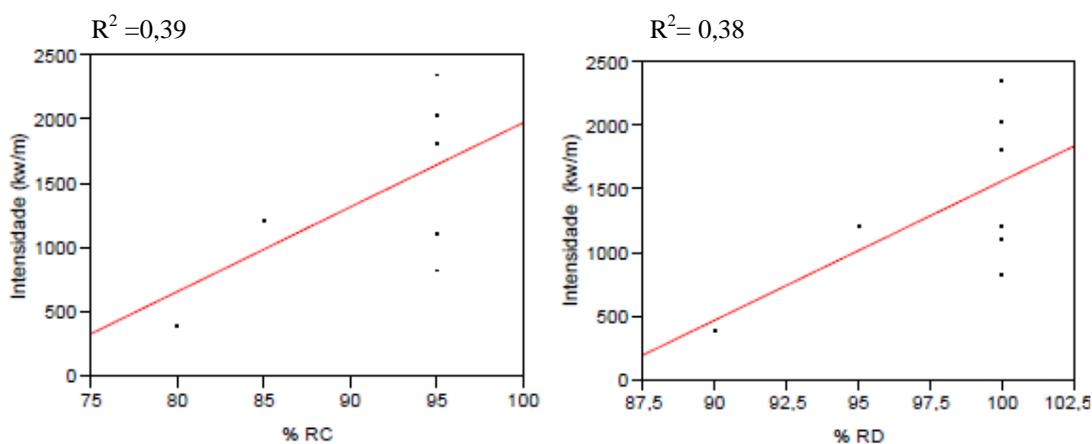


Figuras 46,47,48 e 49 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo e índices FWI

Em grande parte das parcelas estudadas verificou-se que nos dias das ocorrências os combustíveis finos apresentavam elevada disponibilidade, de acordo com os valores observados do índice FFMC, situando-se acima de 88. A par disso, verificaram-se consumos muito elevados, com percentagens de ramificação consumida superiores a 90% e percentagens de consumo de herbáceas a atingir 100%.

Apesar dos valores moderados de FWI e aceitáveis para a prática de fogo controlado, face aos impactes verificados e consumos, consideram-se que os mesmos se encontram no limite.

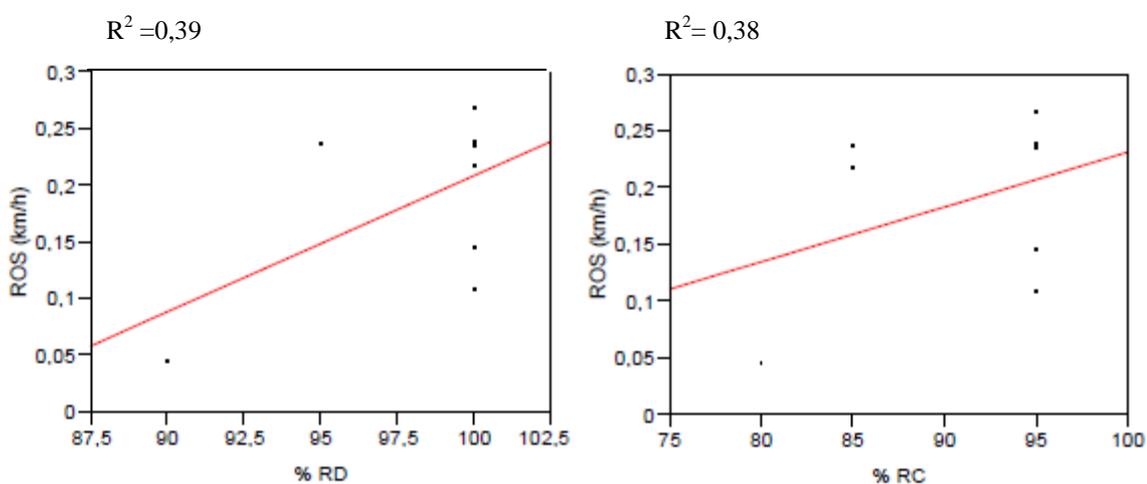
Relacionando as variáveis primárias de comportamento do fogo – intensidade linear e velocidade de propagação – verifica-se a presença de relação estatística com variáveis de severidade (Figuras 50 e 51). Considerando a variável intensidade, é visível a relação com a % de redução de combustível e de ramificação dessecada. Apesar dos valores moderados de FWI é possível verificar importantes níveis de consumo que chegam a atingir 100%, sendo previsíveis impactes no solo.



Figuras 50 e 51 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo (redução combustível-RC; ramificação dissecada-DC) e intensidade

Se consideramos que as percentagens de consumo ideais para garantir a integridade e proteção do solo se deverão situar abaixo dos 80%, tendo como base os níveis de referência estabelecidos para a avaliação do consumo, considera-se que intensidades abaixo de 500 kW/m deveriam garantir tais níveis de integridade. Tal valor de referência vai ao encontro do estabelecido anteriormente como ideal para a execução de ações de fogo controlado em áreas de tojo.

As velocidades de propagação (ROS) determinadas para as áreas ardidas, apresentam alguma relação estatística com as variáveis de consumo, sendo mais significativa a ramificação dessecada (Figuras 52 e 53).



Figuras 52 e 53 – Relação estatística entre variáveis de severidade do fogo (ramificação dissecada-DC; e redução combustível-RC) e velocidade de propagação

Apesar de valores de velocidade de propagação mais baixos, comparativamente aqueles observados nos fogos controlados, verificaram-se níveis de intensidade e de severidade consideráveis. Como verificado anteriormente, nestes incêndios o fator determinante foi a disponibilidade dos combustíveis finos para a combustão, resultante do tempo decorrido desde a última chuva.

À semelhança das áreas submetidas a fogo controlado, também nos incêndios a velocidade de propagação foi um elemento importante para os níveis de severidade resultantes da passagem do fogo. Tal facto leva a concluir que aquando da execução das queimas um fator importante a ter em conta neste tipo arbustivo seja a velocidade de propagação, sendo por isso importante a escolha do padrão de ignição que para o tojo deverá ser sempre contra o vento ou de flanco.

5.7 – PRESCRIÇÃO DE QUEIMA EM TOJAL

Os resultados anteriores permitem agora formular uma prescrição de base meteorológica para o uso do fogo em tojal no NW de Portugal. A análise dos dados meteorológicos obtidos e as condições de queima observadas indicam que as queimas deverão decorrer com humidades relativas inferiores a 75% e após mais de três dias sem chuva. Face à necessidade de garantir a efetividade das faixas criadas através das ações de fogo controlado e a minimização dos impactes sobre o solo, considera-se que o intervalo ideal de velocidade de propagação a aplicar em tojal se deverá situar entre 0,5 e 1 m/min.

As restrições anteriores conduzem a um intervalo ótimo de humidade relativa entre 55 e 75%. Contudo este intervalo é relativamente estreito tendo em consideração os elevados valores de carga de combustível total e fino, pelo que mesmo queimas com valores de humidade relativa superiores a 75% são admissíveis, se considerarmos que com esses valores se executam queimas em pinhal na região. Um valor inferior a 55% de humidade poderá levar à ocorrência de fogos intensos, devendo ser conjugado com um menor número de dias desde a última chuva. Os resultados também sugerem que o DMC não ultrapasse 30. O Quadro 12 apresenta a prescrição.

Quadro 12- Prescrição de uso do fogo em tojal no NW de Portugal.

Variável	Prescrição
Humidade relativa (%)	55-75
Nº dias sem chuva	> 3
DMC	< 30
Intensidade do fogo (kW/m)	400 – 1000
Velocidade de propagação (m/min)	0,5 – 1
Comprimento de chama (m)	< 3

6

CONCLUSÕES

As características do clima atlântico que influenciam a área em estudo, em especial os elevados valores de pluviosidade, são um fator determinante no desenvolvimento das comunidades arbustivas. No que à execução de ações de fogo controlado diz respeito, as condições meteorológicas propiciam uma janela de prescrição com poucos dias para queimas.

O presente estudo revelou que o tojo no NW português possui uma capacidade de acumulação rápida de combustível, observando-se valores que se encontram acima de estimativas para a carga nacional. Ainda jovens (6 anos) os tojais adquirem uma estrutura complexa, atingindo valores de carga de combustível total e fino e alturas e proporções de copa morta consideráveis, situando-se no limiar de uma situação crítica, do ponto de vista da perigosidade de incêndio florestal. Ficou mais uma vez demonstrada a elevada capacidade de disseminação e ocupação desta espécie, reportada por Anderson (2010).

Do ponto de vista da prevenção estrutural da floresta contra incêndios, os valores obtidos revelam uma necessidade urgente de intervenção ao nível da regulação de carga de combustível, com vista à criação de descontinuidades que promovam a diminuição de intensidades em caso de incêndio, criando-se assim oportunidades para a supressão.

Considerando as cargas de combustíveis elevadas obtidas, verifica-se que mesmo condições moderadas potenciam intensidades de fogo elevadas. Para valores moderados de FWI, foram obtidas intensidades de fogo elevadas, pelo que no período estival será expectável que as mesmas possam atingir níveis muito elevados ou extremos. Assim, devido à estrutura atingida pelo tojo em determinado espaço, serão previsíveis dificuldades no combate aos incêndios florestais.

Tanto a intensidade de fogo como a velocidade de propagação encontram-se dependentes das cargas de combustível morto fino e da sua disponibilidade para a combustão. Neste contexto, as condições meteorológicas e os índices FWI revelaram-se um fator importante para a sua regulação. Humidades relativas do ar elevadas, assim como de DMC e DC produzem um efeito positivo no teor de humidade contida pelos combustíveis, o que determinará velocidades de propagação e intensidades de fogo mais baixas, não devendo no entanto ultrapassar o limiar de 0,5 m/min e 400 kW/m respetivamente para assim se garantir a

continuidade da ignição. No âmbito do fogo controlado, o padrão de ignição torna-se então importante pois se a queima se realizar a favor do vento e declive, o fogo poderá sair do controle.

Para garantir níveis de consumo aceitáveis, tendo em consideração o comportamento de fogo intenso passível de se atingir em tojais, é determinante que sejam garantidos elevados valores de humidade relativa do ar (entre 55% e 75%), assim como baixos valores de BUI e DMC, este último <30. Desta forma, será possível garantir percentagens de consumo aceitáveis (entre 50% e 80%) da carga de combustível total e da manta morta, e assim preservar a integridade do solo, mitigando os efeitos erosivos da escorrença superficial enquanto não se verifica uma recuperação satisfatória do coberto vegetal.

O presente estudo deparou-se com algumas limitações, em particular no que concerne à obtenção de dados que permitissem suportar conclusões claras quanto ao comportamento do fogo em tojais atlânticos. Contrariamente ao expectável, a amostra disponível de dados referentes a queimas realizadas em anos anteriores era relativamente baixa, sendo então colmatada pela obtenção de dados através da execução de ensaios de campo, procedendo-se ao acompanhamento de queimas executadas no distrito entre 2011 e 2012. Uma vez que o período entre fevereiro e março de 2012 foi marcado por vários incêndios florestais no distrito, alguns dos quais em áreas dominadas por tojo, foi aproveitada a oportunidade, para recolha de dados nas áreas ardidas. Desta forma, procurando obter a máxima informação possível das variáveis analisadas em áreas submetidas a fogo controlado, foi possível mitigar a limitação na recolha de dados.

Através dos resultados obtidos, foi possível, formular uma prescrição de base meteorológica para o uso do fogo em tojal no NW de Portugal. A determinação de uma janela de prescrição para esta espécie de mato, será uma mais valia na planificação da execução das ações de fogo controlado. No planeamento de intervenções silvícolas com recurso a fogo, em áreas onde se verifique uma necessidade de regulação das cargas de combustível, para diminuição a perigosidade, o conhecimento do comportamento do fogo nesta espécie é uma mais valia. Por outro lado, este conhecimento contribuirá para uma melhor planificação das infraestruturas DFCI. No entanto, deverá ser levado em linha de conta que a obtenção de valores limiares obtidos, resultaram igualmente de uma análise empírica já que a amostra obtida não foi muito representativa. Este fato justifica um aprofundamento do estudo.

O planeamento municipal e distrital de intervenções no âmbito da defesa da floresta contra incêndios deverá fundar-se no conhecimento das interações dos fenómenos que influenciam

os padrões de comportamento do fogo. Quer na prevenção, quer no combate aos incêndios florestais a predição da propagação do fogo é um fator importante, variando em função do coberto vegetal e das suas características estruturais. Considerando que o tojo ocupa vastas áreas de um território marcado nas duas últimas décadas pela problemática dos incêndios florestais, a sua gestão é importante. Neste contexto, a aplicação do fogo controlado afigura-se como um importante caminho a seguir para a minimização do perigo de incêndio dos espaços florestais e, indiretamente, no apoio a ações de supressão.

Nos espaços de montanha, muitos deles ocupados por tojais, o uso do fogo foi durante décadas prática corrente na renovação da pastagem, o que contribuiu para alterações na paisagem. Neste âmbito, os técnicos estão perante um importante desafio de aproximação às populações no que diz respeito à problemática dos incêndios florestais, devendo valorizar o conhecimento existente nos espaços rurais na utilização do fogo.

De igual forma, a relação entre o conhecimento técnico florestal e a estrutura de combate deverá estreitar-se, permitindo que a experiência e o estudo técnico aplicado de comportamento do fogo nos diferentes estratos de vegetação, possam contribuir para uma melhor efetividade da supressão.

Unir à sabedoria, a experiência e o conhecimento empírico e desmistificar o uso do fogo controlado na gestão dos espaços florestais é um desígnio do presente e do futuro.

BIBLIOGRAFIA

- Alberta Environment. Introduction to fire behavior. Fire intelligence & Fire Behavior, Environmental Training Centre.
- Alexander, M. 1980. Calculating and interpreting forest fires intensities. National Research Council of Canadá, 1982. pp. 349-357.
- Alexander, M. & Lanoville, R. 1989. Predicting fire behavior in the black spruce-lichen woodland fuel type of western and northern Canada. Forestry Canada, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta and Gov. Northwest Territory, Dep. Renewable Resources, Territorial Forest Fire Center, Fort Smith, Northwest Territory.
- Alexander, M. e Thomas, D. 2006. Prescribed Fire Case Studies, Decision Aids and Planning Guides. In Fire Management Today. United States Department of Agriculture Forest Service, Vol.66, nº1, Winter 2006 pp. 5-20.
- Alexander, M. e Thomas, D. 2004. Forecasting wildland fire behavior: aids, guides and knowledge-based protocols. In Fire Management Today: Forecasting wildland fire behavior: aids and guides volume 64, Nº1, Winter 2004. pp. 4-11.
- Alexander, M. 2000. Fire behavior as a factor in forest and rural fire suppression. Forest Research, Totorua, in a association with a New Zealand Fire Service Commission and the National Rural Fire Authority, Wellington. Forest Research Bulletin nº197, Forest and Rural Fire Scientific and Technical Series, Report nº5, 28p;
- Alexander, M., Mutch, R., Davis, K. e Bucks, C. 2012. Wildland fires: danger and survival. In Wilderness Medicine, 6ª edição, Editor P.S. Auerbach, Mosby Elsevier. Chapter 12. pp. 240-280.
- Anderson, S. e Anderson, W. 2010. Ignition and fire spread thresholds in gorse (*Ulex europaeus*). In International Journal of Wildland Fire. CSIRO Publishing. pp. 589-598.
- Anderson, H. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior - United States Department of Agriculture. Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station Ogden, UT 84401, abril.

- Anderson, S. e Anderson, W. 2009. *Predicting the elevated dead fine fuel moisture content in gorse (Ulex europaeus L.) shrub fuels*. In NRC Research Press Web site, December, pp. 2355-2368.
- Autoridade Florestal Nacional – *Inventário Florestal Nacional 2005/2006*. ForestStat.
- Autoridade Florestal Nacional. 2011. *O uso do fogo controlado na Região Norte. Equipa Multidisciplinar de Defesa da Floresta*. Direção Regional de Florestas do Norte, março.
- Baeza, M., Luis, M., Raventós, J. e Escarré, A. 2002. *Factors influencing fire behavior in scrublands of different stand ages and the applications for using prescribed burning to reduce wildfire risk*. In Journal of Environment Management, pp. 199-208.
- Baldwin, R. 2006. *Fire is a terror...but also a tool*. In Fire Management Today. United States Department of Agriculture Forest Service, Vol.66, nº1, Winter 2006, pp. 60-61.
- Bingre, P., Aguiar, C., Espirito-Santo, D., Arsénio, P. e Monteiro-Henriques, T. 2007. *Guia de Campo: As árvores e os arbustos de Portugal continental*. Coleção Árvores e Florestas de Portugal, Jornal Público/Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento/Liga para a Proteção da Natureza, Lisboa, 9 vol.
- Boer, M., Sandler, R., Wittkuhn, R., McCaW, L. e Grierson, P. 2009. *Long-term impacts of prescribed burning on regional extent and incidence of wildfires-Evidence from 50 years of active fire management in SW Australian forests*. Forest Ecology and Management, doi:10.1016/j.foreco.2009.10.005.
- Botelho, H. 1988. *Técnicas de fogo controlado*. Curso sobre o uso da técnica do fogo controlado; FLAD/UTAD/DGF. pp. 57-69.
- Botelho, H. e Salgueiro, A. 1988. *Aspetos meteorológicos e topográficos com influência no comportamento do fogo*. Curso sobre o uso da técnica do fogo controlado; FLAD/UTAD/DGF. pp. 27-33.
- Butler, B. e Cohen, J. 1998. *Firefighter safety zones: a theoretical model based on radiative heating*. International Journal Wildland Fire 8(2), USA. pp.73-77.
- Campbell, D. 2005. *The Campbell Prediction System* – Ed. maio 2005.
- Campbell, D. 2010. *Campbell Prediction System: CPS applied to prescription Burns*.

- Countryman, C. 1966. *The concept of fire environment*. In Fire Management Today: Forecasting wildland fire behavior: aids and guides volume 64, Nº1, Winter 2004, reimpressed do Fire Control Notes 27(4). pp. 8-10.
- Delgado, F. e Terrén, D. 2007. *Análisis del Fuego Forestal*. Curso de Especialización en Análisis del Fuego Forestal dentro del Master en Gestion de Fuegos Forestales, universidade de Lleida, fevereiro. P.76.
- Fernandes, P. 1997. *Caracterização do combustível e do comportamento do fogo em comunidades arbustivas no Norte de Portugal*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre, UTAD, Vila Real.
- Fernandes, P. 1997. *O uso da técnica do fogo controlado-porquê, quando e como*. Revista Florestal Vol. X, nº1, janeiro-abril. pp. 70-76.
- Fernandes, P. 2001. *Fire spread prediction in shrub fuels in Portugal*. In Forest Ecology and Management, Elsevier, pp. 67-74.
- Fernandes, P. 2002. *Desenvolvimento de relações preditivas para uso no planeamento de fogo controlado em povoamentos de Pinus pinaster*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Fernandes, P. 2002. *Prescribed fire: strategies and management*. In Fire, Landscape and Biodiversity: an Appraisal of the Effects and Effectiveness Edited by Pardini, G., J. Pintó. 187-200 Diversitas 29, Universitat de Girona, Institut de Medi Ambient, Girona.
- Fernandes, P., Botelho, H e Loureiro, C. 2002. *Manual de Formação para a técnica do fogo controlado*. Departamento Florestal, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, Vila Real, maio.
- Fernandes, P. 2003. *A avaliação do comportamento do fogo no combate a incêndios florestais*. In Revista da Escola Nacional de Bombeiros nº27. pp. 19-25.
- Fernandes, P. 2007. *Entender porque arde tanto a floresta em Portugal*. In Proteger a floresta: incêndios, pragas e doenças, Arvores e Florestas de Portugal 8, Edição Publico, Lisboa. pp. 69-91.
- Fernandes, P., Gonçalves, H., Loureiro, C., Fernandes, M., Costa, T., Cruz, M. e Botelho, H. 2009. *Modelos de combustível florestal para Portugal*. In Atas do 6º Congresso Florestal Nacional. SPCF, Lisboa, pp. 348-354.

- Fernandes, P. e Loureiro, C. 2010. *Handbook to plan and use prescribed burning in Europe*. Project Fire Paradox, funded by the European Commission.
- Fernandéz, C., Vega, J., Fonturbel, T., Jiménez, E. e Pérez, J. 2008. *Immediate effects of prescribed burning, chopping and clearing on runoff, infiltration and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain)*. In *Land Degradation & Development*. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 502-515.
- Gisborne, H. 1948. *Fundamentals of fire behavior*. In *Fire Management Today: Forecasting wildland fire behavior: aids and guides volume 64, N°1, Winter 2004*, reimpressed from *Fire Control Notes 9(1)*. pp13-24.
- Gleason, P. 1991. LCES – A key to safety in the wild fire environment. In *Fire Management Today: Forecasting wildland fire behavior: aids and guides volume 64, N°1, Winter 2004*, reimpressed from *Fire Control Notes 52(4)*. pp70-71.
- González- Rabanal, F. e Casal, M. 1995. *Effect of high temperatures and ash on germinations of ten species from gorse shrubland*. In *Vegetatio 116*; Kluwer Academic Publishers, pp.123-131.
- Guijarro, M., Hernando, C., Díez, C., Martínez, E. e Madrigal, J. 2002. *Flammability of some fuels beds common in the South-European ecosystems*. In *Conference paper Forest fire research and wildland fire safety: Proceedings of IV International Conference on Forest Fire Research 2002 Wildland Fire Safety Summit, Luso, Coimbra, Portugal, 18-23 November 2002*. pp. 152.
- Heinselman, M.L. 1978. *Fire in wildrness ecosystems*. In J. C. Hendee, G.H. Stankey, and R. C. Lucas (eds.), *Wilderness management*. USDA Forest Service miscellaneous publication 1365. 381pp.
- Hely, C. e Forgeard, F. 1998. *Hétérogénéité d'une lande haute à Ulex europaeus en relation avec la propagation du feu (Bretagne, France)*. CNRC Canada, pp. 804-817.
- Isern, T. 2007. *A good servant but a tyrannous master: gorse in New Zealand*. In *Science Direct, The social science journal 44*. pp179-186.
- Keeley, J. 2002. *Fire management of California Shrubland landscapes*. In *Environmental Management, Vol. 29, N°3*, pp. 395-408.
- Lei n°33/96, de 17 de agosto – *Lei de Bases da Política Florestal*.
- Luis, M., Baeza, M., Raventós, J. e González-Hidalgo, J. 2004. *Fuel characteristics and fire bahaviour in mature Mediterranean gorse shrublands*. *International Journal of Wildland Fire, CSIRO publishing*. pp.79-87.
- Machado, F. 1935. *O teclado minhoto*. Ed. Viana do Castelo Tip. Gutenberg.

- Madrigal, J., Marino, E., Guijarro, M., Hernando, C. e Diez, C. 2011. *Evaluation of the flammability of gorse (Ulex europaeus L.) managed by prescribed burning*. Annals of Forest Science, 13 December.
- Manso, F., Bento, J. e Rego, F. 2005. *Fogo Controlado, Corte e Pastoreio. Resposta da Vegetação a Diferentes Técnicas de Gestão*. In Atas das Comunicações do 5º Congresso Florestal Nacional: A Floresta e as gentes. Ed. Silva R. & Páscoa F. Viseu.
- Marino, E., Guijarro, M., Hernando, C., Madrigal, J. e Diez, C. 2010. *Fire hazard after prescribed burning in a gorse shrubland: implications for fuel management*. Journal of Environmental Management, Elsevier, pp 1003-1011.
- Marsden-Smedley, J. 2011. *Planned burning in Tasmania: revised guidelines for conducting planned burning*. In Tasforests, Vol.19, November, pp. 122-134.
- Montiel, C. 2009. *Fire use practices and regulation in Europe*. 1st South American Symposium on Fire Ecology and Management, Centro Nacional Patagónico, Puerto Madryn Argentina, Fire Paradox 11th to 13th June 2009.
- Morgan, P. 1988. *Objetivos do Fogo Controlado nos Estados Unidos da América*. Curso sobre o uso da técnica do fogo controlado – FLAD/UTAD/DGF. pp. 13-17.
- The Nature Conservancy 2004. *El fuego, los ecosistemas e la gente – una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación*. Iniciativa Mundial sobre el Fuego; The Nature Conservancy; outubro.
- Palheiro, P., Fernandes, P. e Cruz, Miguel. 2006. *A fire behaviour-based fire danger classification for maritime pine stands: comparison of two approaches*. V International Conference on Forest Fire Research, Forest Ecology and Management, Elsevier.
- Parsons, David et al (1986) – *Natural fire management in National Parks*. Environmental Management Vol.10 N°1 pp. 21-24; Springer-Verlag New York inc.
- Pesqueira, X., Rivas, M., Álvarez, R., Garcia-Duro, J., Muñoz, A., Reyes, O. E Casal, M. 2009. *Cambios en la estructura y diversidad de matorrales atlánticos de Galicia sometidos a usos tradicionales*. 5º Congreso Forestal Español – Montes y Sociedad: saber qué hacer, ED. SECF – Junta de Castilla y León, Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009.

- Plano Regional de Ordenamento Florestal do Alto Minho. *Bases de Ordenamento*, novembro 2006.
- Price, O. e Bradstock, R. 2011. *Quantifying the influence of fuel age and weather on the annual extent of unplanned fires in the Sydney region of Australia*. In *International Journal of Wildland Fire*, pp. 142-151.
- Pyne, S. 2006. *Fogo no jardim: compreensão do contexto dos incêndios em Portugal*. In Pereira J S, Pereira J M, Rego F C, Silva J M, Silva T P (Eds.) *Incêndios Florestais em Portugal – Caracterização, Impactes e Prevenção*. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. pp.115-132.
- Rego, F. e Almeida, A. 1988. *Caracterização dos ecossistemas portugueses e sua relação com o perigo de incêndio*. Curso sobre o uso da técnica do fogo controlado – FLAD/UTAD/DGF. pp. 5-8.
- Rego, Francisco. *O Fogo na dinâmica dos ecossistemas mediterrânicos*. pp. 65-76.
- Resolução de conselho de ministros nº65/2006, de 26 de maio. *Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios*.
- Reyes, O., Casal, M. e Rego, F. 2009. *Resprouting Ability of Six Atlantic Shrub Species*. Springer. Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic. pp. 19-29.
- Ribeiro, O., Lautensach, H. e Daveau, S. 1988. *Geografia de Portugal: o ritmo climático e a paisagem*. Edições J. Sá da Costa, 1991 - 1340 páginas.
- Rigolot, E. 1988. *Combustíveis*. Curso sobre o uso da técnica do fogo controlado. FLAD/UTAD/DGF. pp. 35-48.
- Romancier, R. 1960. *Reduction of fuel accumulations with fire*. In *Fire Management Today*, Volume 66, Nº1, Winter 2006, pp. 43-44. Reprinted from *Fire Control Notes* 21(4), October 1960.
- Rosa, I., Pereira, J. e Tarantola, S. 2011. *Atmospheric emissions from vegetation fires in Portugal (1990-2008): estimates, uncertainty analysis and sensitivity analysis*. In *Atmospheric chemistry and physics*. Published by Publications on behalf of the European Geosciences Union, pp. 2626-2649.

- Rothermel, R. e Andrews, P. 1982. *Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics*. United States Department of Agriculture. Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station Ogden, UT 84401, September.
- Rothermel, R. 1983. *How to predict the spread and intensity of forest and range fires*. National Wildfire Coordinating Group, sponsored by United States Department of Agriculture, National Association of State Forester. June. 161p.
- Ryan, K., Rigolot, E., Rego, F., Botelho, H., Vega, J., Fernandes, P. e Sofronova, T. 2010. *Use of prescribed burning for restoration and maintenance of ecological conditions: predicting and managing fire injury and tree mortality*. Proceedings 7th European Conference on Ecological Restoration, Avignon, France, 23-27/08/2010.
- Silva, M. 1998. *Fogos controlados em Portugal: resenha histórica*. Curso sobre a técnica de fogo controlado, Vila Nova de Cerveira, março.
- Sheppard, A. 2003. *A search in Spain and Portugal for potential biocontrol agents for gorse (Ulex europeus europeus L.) in Hawaii*. In CSIRO Entomology.
- The Nature Conservancy. 2004. *El fuego, los ecosistemas e la gente: una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación*. Iniciativa Mundial sobre el Fuego; The Nature Conservancy; outubro. P. 9.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S. e Mosseler, A. 2009. *Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal; Technical Series no. 43, P. 67.
- Vega, J., Cuiñas, P., Fontúrbel, M. e Fernández, C. 2000. *Planificar la prescripción para reducir combustibles e disminuir el impacto sobre el suelo en las quemas prescritas*. I Reunión Grupo de Incendios Forestales, Cadernos de la S.E.C.F, nº9 Junio 2000, pp.189-198.
- Vega, J., Olmedo, P., Filgueira, M., Lliteras, M. e Rivero, P. 2001. *Manual de queimas prescritas para matogueiras de Galicia*. Colección Técnica Médio Ambiente, Xunta de Galicia.
- Vega, J., Fernández, C. e Fonturbel, T. 2005. *Throughfall, runoff and soil erosion after prescribed burning in gorse shrubland in Galicia (NW Spain)*. Land Degradation & Development. John Wiley & Sons, Lda. pp. 37-51.

- Vega, J., Fernandes, P., Cuiñas, P., Fontúrbel, M., Pérez, J. e Loureiro, C. 2006. *Fire spread analysis of early summer field experiments in shrubland fuel types of northwestern Iberia*. V International Conference on Forest Fire Reserch. Forest Ecology and Management. Elsevier.
- Vélez, Ricardo. 2009. *La defensa contra incendios forestales – Fundamentos e experiencias*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Zouhar, K. 2005. *Ulex europaeus*. In Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [2012, November 18].

ANEXOS

ANEXO I – Normais climatológicas (NC) 1971-2000 e 1981-2010 – Viana do Castelo

Temperatura

	Média Temp. Mínima 71-00	Média Temp. Máxima 71-00	Média Temp. Mínima 81-10	Média Temp. Máxima 81-10	Média NC Temp. Mínima	Média NC Temp. Máxima	Varição Temp. Média Mínima	Varição Temp. Média Máxima
janeiro	5	14	5	15	5	14,5	0,2	0,3
fevereiro	6	15	6	16	6	15,4	-0,3	0,3
março	7	17	7	18	7	17,6	0,5	0,7
abril	9	18	9	19	9	18,3	0,2	0,4
maio	11	20	11	21	11	20,4	0,3	0,7
junho	13	24	14	25	14	24,2	0,6	0,7
julho	15	26	15	26	15	26,2	0,2	0,3
agosto	15	26	15	26	15	26,2	0,5	0,4
setembro	13	24	14	25	14	24,6	0,3	0,4
outubro	11	21	11	21	11	20,8	0,4	0,2
novembro	8	17	8	17	8	17,4	0,4	0,1
dezembro	6	15	6	15	6	15,2	0,1	0,1

Precipitação

	Precipitação Média 71-00	Precipitação Média 81-10	Média	Quantidade Máxima Diária 71- 00	Varição Precipitação Média
janeiro	189,9	180,8	185,35	67,8	-9,1
fevereiro	168	131	149,50	88,3	-37
março	105,3	112,5	108,90	66,6	7,2
abril	117,7	125,9	121,80	57,9	8,2
maio	105,5	99	102,25	52,7	-6,5
junho	56,1	52	54,05	64	-4,1
julho	28,4	29,1	28,75	35,7	0,7
agosto	30,6	38,5	34,55	63,9	7,9
setembro	95,7	94,5	95,10	176,7	-1,2
outubro	163,9	190	176,95	93,4	26,1
novembro	180,8	199,9	190,35	72,1	19,1
dezembro	228,3	213,3	220,80	95,5	-15

Fonte: Instituto Português do Mar e Atmosfera

ANEXO II – Histórico de incêndios florestais do distrito de viana do castelo entre 2001 e 2012

	Nº Fogachos	NºIncêndios Florestais	Nº total ocorrências	Nº Reacendimentos	Área queimada povoamento	Área queimada mato	Área Total
2001	1058	578	1636	23	2356,54	2220,56	4600,98
2002	1046	887	1933	64	3752,95	6094,08	10014,28
2003	679	231	910	35	871,60	627,62	1511,43
2004	1107	409	1516	235	1402,73	2033,54	3462,24
2005	1599	650	2249	407	15439,46	11630,27	27095,65
2006	679	362	1041	35	3800,08	11909,63	15721,74
2007	844	338	1182	30	367,78	1598,69	1985,45
2008	463	124	587	50	453,64	356,18	811,32
2009	1365	512	1877	359	1088,85	4767,01	5863,98
2010	1368	736	2104	856	6408,69	17837,00	24268,04
2011	1609	552	2161	538	2304,13	3302,05	5651,71
2012	465	293	758	107	721,63	2011,60	2747,85

	Nº Fogachos	Nº Incêndios Florestais	Nº total ocorrências	Nº Reacendimentos	Área queimada povoamento	Área queimada mato	Área Total	Área de Floresta	Área de Matos
Arcos de Valdevez	1415	1221	2636	259	4106	16436	20614	12442	23099
Caminha	833	143	976	222	3003	4164	7186	3971	5591
Melgaço	423	248	671	131	1134	6565	7713	5548	14075
Monção	1135	503	1638	609	3692	5158	8876	7324	6714
Paredes de Coura	724	425	1149	192	2360	3751	6136	5891	3575
Ponte da Barca	1189	810	1999	120	1403	8305	9721	4301	10027
Ponte de Lima	2282	1180	3462	258	8068	6408	14574	10918	8832
Valença	1251	465	1716	317	2381	4465	6862	3757	3101
Viana do Castelo	2538	581	3119	529	10828	6607	17527	10048	9490
V. Nova Cerveira	492	96	588	102	1993	2529	4525	4285	3297

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (SGIF)

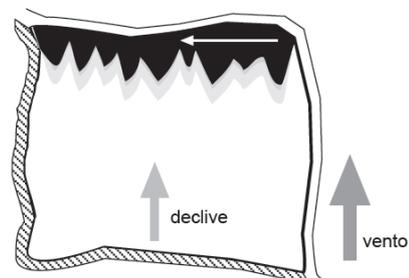
ANEXO III – Técnicas de ignição aplicadas ao uso do fogo controlado

Queima Contra

Consiste num fogo descendente sendo conduzido contra o declive e vento. Permite a minimização da intensidade de fogo, facilita o controle da queima e maximiza a proporção de combustível consumido.

A linha de ignição é iniciada ao longo da zona do barlavento, situada junto à linha de controlo ou ancoragem.

Este tipo de queima requer menores teores de humidade dos combustíveis e as variações da velocidade do vento detêm pouca influência na velocidade de propagação. Contudo face ao tempo de residência do fogo no solo, dado que a queima progride com velocidades mais baixas, deverão ser garantidos teores de humidade consideráveis nos estratos inferiores e da manta morta, de forma a evitar que o consumo não seja total.

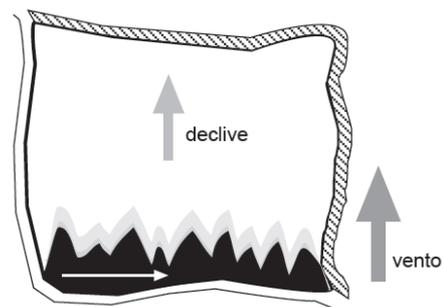


Queima a Favor

A principal linha de ignição é conduzida a favor ao vento e do declive. Na aplicação desta técnica é importante a presença de linhas de controle (faixas de segurança) sendo regulada a intensidade de fogo através da propagação das linhas de fogo em tramos curtos.

A garantia da segurança da ignição principal deverá ser precedida da realização de uma faixa negra (faixa de segurança) larga situada a barlavento da parcela.

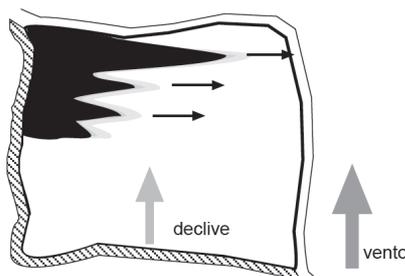
Considerando que o tempo de residência do fogo no solo deverá ser menor, comparativamente à queima contra, o consumo do combustível das camadas inferiores deverá ser inferior.



Queima em linhas sucessivas

São criadas linhas de ignição sucessivas precedidas de uma faixa negra criada no topo da parcela. As linhas de fogo são conduzidas perpendicularmente ao vento e declive, sendo a intensidade de fogo controlada pelo espaçamento entre as mesmas.

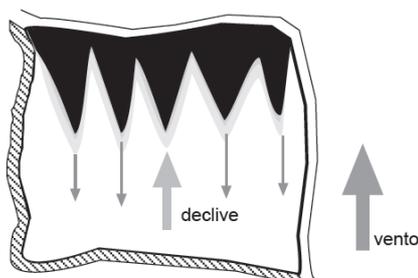
Esta técnica é adequada ao tratamento de áreas de matos uma vez que gera uma libertação de energia considerável.



Queima de Flanco

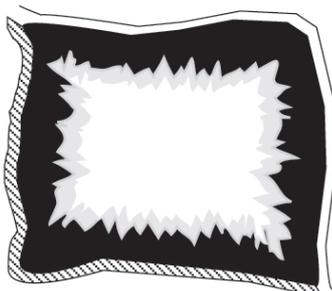
A) Queima dentro de área a tratar

As linhas de ignição são conduzidas de forma sucessiva e paralelamente contrárias ao vento e declive, devendo ser precedida de uma faixa negra que garanta a segurança da queima. Face às intensidades de fogo consideráveis previsíveis, esta técnica requer perícia superior e deverá ser aplicada em áreas pouco extensas.



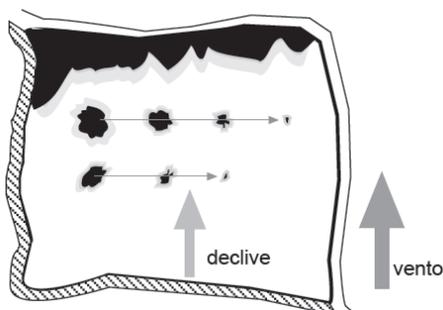
B) Perimetral

Poderá ser utilizada quando, face às características do combustível, o acesso ao interior da parcela é difícil. Assim, as linhas de ignição são iniciadas ao longo do perímetro da parcela, produzindo assim fogos convectivos. Poderão admitir-se ventos variáveis embora fracos, devendo ser evitados declives pronunciados.



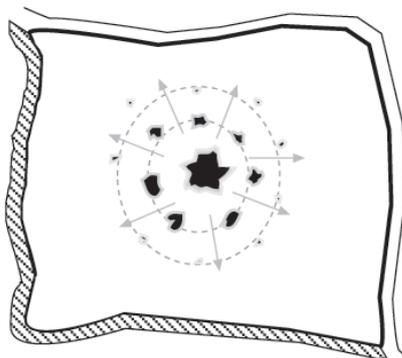
Queima por Pontos

A presente técnica é recomendada para áreas planas, consistindo na criação de pontos de ignição sucessivos dispostos em linhas paralelas à faixa negra, previamente executada no topo da parcela, e perpendiculares ao vento e declive. De forma a regular a intensidade de fogo, as ignições deverão ser espaçadas de acordo com as condições do ambiente do fogo. Deverão ser evitados terrenos declivosos.



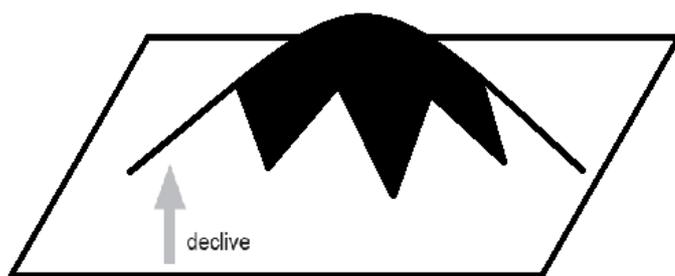
"Fogo controlado no NW de Portugal: caracterização do comportamento do fogo em matos de *Ulex europaeus* e definição da prescrição"

As ignições poderão ainda ser dispostos em forma circular ou em anel, do centro da parcela em direção ao perímetro da mesma, formando fogos convectivos.



Queima de Chevron

Técnica aplicada em áreas com declive acentuado, sendo criadas linhas sucessivas a partir do cume e direcionadas na descendente ao longo das vertentes. Uma vez que as linhas de fogo tendem a convergir num mesmo ponto, a intensidade de fogo espetável das linhas de contato são baixas.



Fontes: Fernandes *et al.*, 2001 e Vega *et al.*, 2001

ANEXO IV – Exemplo de ficha de campo de caracterização das parcelas submetidas a fogo controlado

Ficha de caracterização da parcela – Prescrição para Matos

FICHA nº 1 Data 25/11/11

1. LOCALIZAÇÃO DA PARCELA

Freguesia Cazoueiros Concelho Vila Verde Distrito VC

Perímetro Florestal Entre Lima e Neiva Carta 1:25000 n.º _____

Coordenadas UTM X _____ Y _____ (centro parcela)

Proprietário: Estado , Baldio , Particular

2. OBJECTIVO(S) E ENQUADRAMENTO DA QUEIMA

Prevenção , Silvícola , Pastoreio , Cinegético , Ecológico , Outro

1ª Intervenção , Manutenção , Investigação , Demonstração , Treino

PFC , nº _____, Parcela nº _____, Área da parcela _____ ha

Queimada , nº alvará 01/2011, Parcela nº 11, Área da parcela 2,84 ha

Percentagem de combustível desejável reduzir 80 %

3. DESCRIÇÃO FÍSICA DA PARCELA

Topografia: Alto encosta , Meio encosta , Baixo encosta , Planalto , Vale , Planície , Cumeada

Altitude média 410 m. // Exposição: N , S , E , W , NE , NW , SE , SW , Todas // Declive: _____ %

Afloramentos rochosos 5 % // Rocha: xisto , granito

Alterações físicas da parcela: Socalcos S N Dimensões _____ m x _____ m

Vala e câmoros S , N Dimensões _____ m x _____ m

4. CARACTERIZAÇÃO DO COMBUSTÍVEL

4.1 - Estrato Arbustivo			% Cob.	Altura média total (cm) (AT)	Fetos	% Cob.	Altura, cm	Herbáceas	% Cob.	Altura, cm
Espécie dominante: <u>tojo</u>			<u>80</u>	<u>150</u>			<u>10</u>		<u>50</u>	
Outras espécies <u>Giesta</u>			<u>20</u>	<u>180</u>						

4.2 - Acumulação de Combustível Fino desde o último fogo

Ano do último fogo:	<u>2005</u>	Idade dos matos:	<u>6</u>
Manta morta:	Espessura (mm)	<u>100</u>	Espessura da copa morta (cm) (ACM): <u>50</u>
	Cobertura (%)	<u>90%</u>	

Raízes das árvores na manta morta S N

Material lenhoso em decomposição S N queimado

Resíduos de intervenções silvícolas S N

Gestão de combustíveis: Data última intervenção ____/____/____, Manual , Mecânica , Fogo controlado

ANEXO V – Exemplo de ficha de campo de caracterização da queima, comportamento do fogo e impactes nas parcelas submetidas a fogo controlado

Ensaio de campo – queima em Matos

FICHA nº 1 Data 25/11/11

PFC , nº _____, Parcela nº _____, Área da parcela _____ ha
 Queimada , nº alvará 01/2011, Parcela nº 11, Área da parcela 2,84 ha

1. Ambiente Meteorológico

	Início	Durante	Fim	Média
	<u>11 h 09m</u>	<u>11 h 58m</u>	<u>12 h 23m</u>	
T°C (2m)	<u>18,3</u>	<u>20,3</u>	<u>20,3</u>	<u>19,3</u>
Hr (%)	<u>70,6</u>	<u>56,1</u>	<u>58</u>	<u>64,3</u>
Vel. Vento (km/h)	<u>2,0</u>	<u>3,3</u>	<u>3,5</u>	<u>2,75</u>
Dir. Vento	<u>N</u>	<u>NW</u>	<u>NW</u>	

2. Estado dos combustíveis

T°C (junto solo)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	Nº dias sem chuva
<u>11 h 09m</u>							
<u>18,8</u>	<u>81,8</u>	<u>3,8</u>	<u>10,5</u>	<u>1,4</u>	<u>4,0</u>	<u>0,5</u>	<u>3</u>

3. Desenvolvimento da Queima

Hora chegada ao local	<u>10 h 30 m</u>	Hora início ignição	<u>11 h 12 m</u>
Hora fim ignição	<u>12 h 20 m</u>	Hora fim operações	<u>12 h 25 m</u>

3.1 - Tipo de queima	A favor <input type="checkbox"/>	Contra <input checked="" type="checkbox"/>	Flancos <input type="checkbox"/>
3.2 - Técnica de ignição	Por faixas <input checked="" type="checkbox"/>	Por pontos <input checked="" type="checkbox"/>	Circular <input type="checkbox"/> Cunha <input type="checkbox"/>

4. Comportamento do Fogo

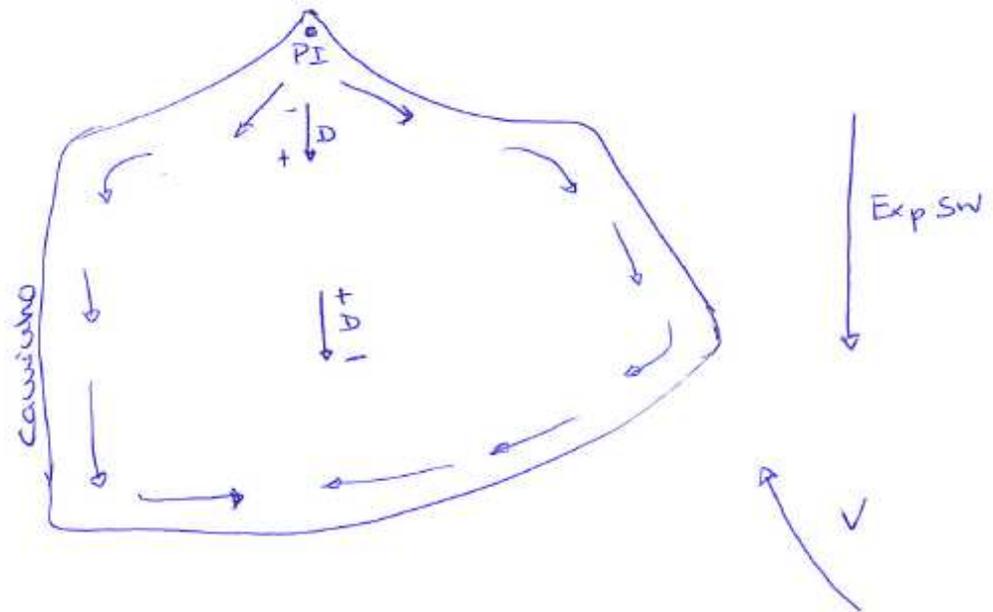
Veloc. Propag. (R)	Ângulo Chama	Altura Chama	Comprim. Chama	Intensidade Fogo (Rx18000xW)
<u>0,8</u>		<u>1,5</u>	<u>2,5</u>	<u>756</u>

5. Efeitos da queima

% Redução combustível (RC)	<u>00</u>	Diâmetro Calcinado (mm) (DC)	<u>15</u>
% Herbáceas consumidas (HC)	<u>100</u>	Espessura MM consumida (mm) (E MM C)	<u>140</u>
% Ramificação dissecada (RD)	<u>90</u>	Altura ramificação dissecada (cm) (ARD)	<u>1,50</u>

Ensaio de campo – queima em Matos

6. Esquema da queima



PI - ponto Início
D - declive
Exp - exposição
V - vento

Índice
Exposição; Declive; Início Ignição; Sentido da progressão; Progressão da ignição

7. Observações (dificuldades da queima, cumprimento objectivos, pontos críticos, etc)

Apesar do vento, a progressão foi boa devido à exposição que permitiu um pré-aquecimento dos combustíveis e a libertação de tor de humidade

ANEXO VI – Exemplo de ficha de campo utilizada para caracterização das áreas ardidas

Impactes dos Incêndios Florestais - Ficha de Campo

FICHA nº 2

1. Dados Gerais

Concelho V. Castelo, Freguesia Sapão, X _____ Y _____
 Data ocorrência 11/03/12 Ocorrência ANPC nº 4043
 Hora início 19:30 Hora fim 6:20
 Área ardida 49,68
 Data recolha dados 27/09/12

2. Ambiente Meteorológico

PARAMETRO	VALORES
Temperatura (°C)	<u>17,3</u>
Humidade relativa (%)	<u>47</u>
Velocidade do Vento (km/h)	<u>7</u>
Direção do Vento	<u>N</u>

3. Estado dos combustíveis

FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	Nº dias sem chuva
<u>89,2</u>	<u>21</u>	<u>91,2</u>	<u>5,4</u>	<u>20,6</u>	<u>10</u>	<u>7</u>

4. Caracterização do combustível (caracterizar com base nos combustíveis vizinhos não queimados)

4.1 - Estrato Arbustivo		% Cob.	Altura média total (cm) (AT)	Fetos	% Cob.	Altura, cm	Herbáceas	% Cob.	Altura, cm
Espécie dominante:	<u>tojo</u>	<u>90</u>	<u>60</u>		—	—			<u>10</u>
4.2 - Acumulação de Combustível Fino desde o último fogo									
Ano do último fogo:	<u>2005</u>			Idade matos:	<u>7</u>				
Manta morta:	Espessura (mm)	<u>10</u>	Espessura da copa morta (cm) (ACM):	<u>40</u>	Espessura da copa viva (cm) (AT-ACM)	<u>20</u>			

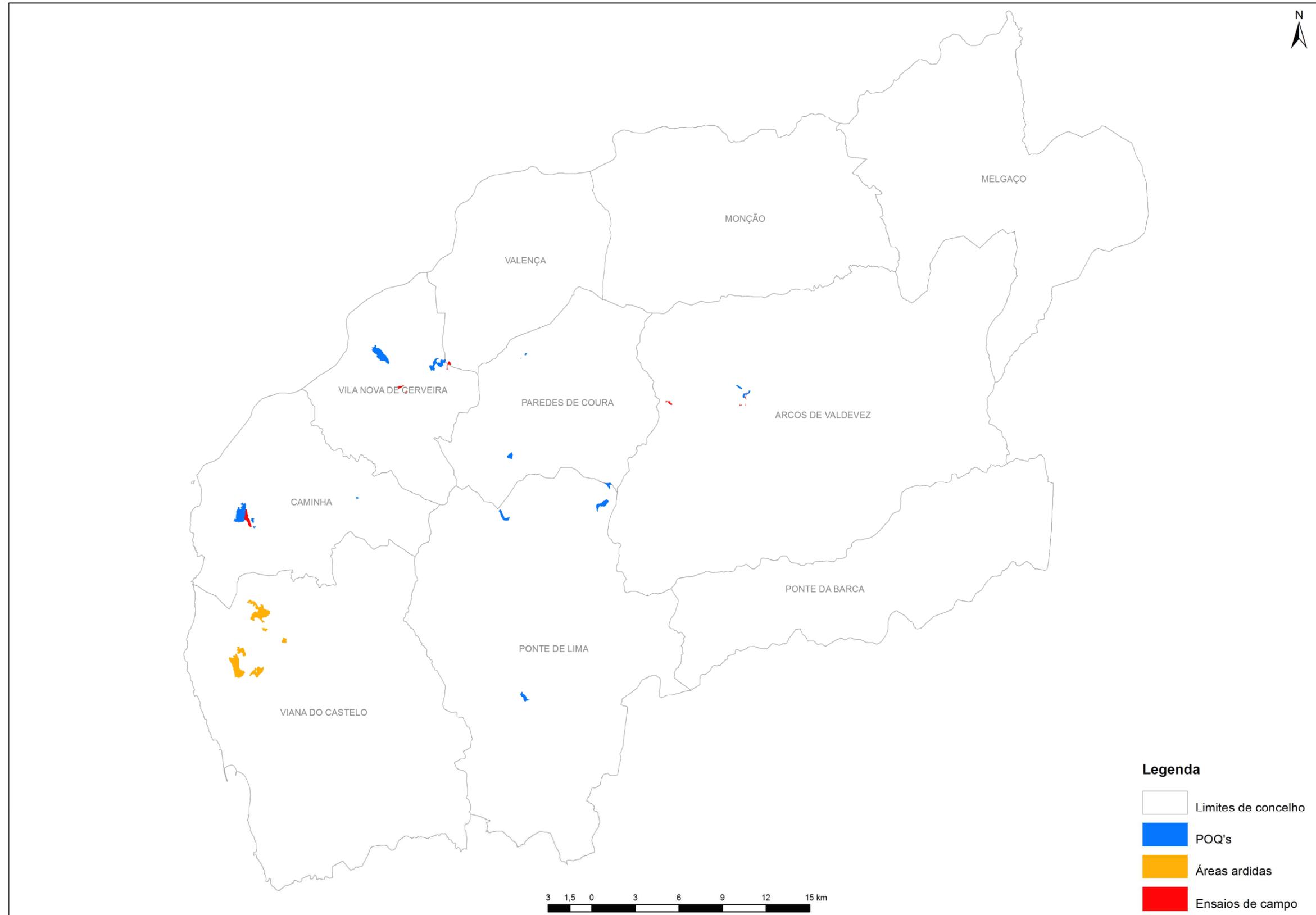
5. Efeitos da queima

% Redução combustível (RC)	<u>95</u>	Diâmetro Calcinado (mm) (DC)	<u>10</u>
% Herbáceas consumidas (HC)	<u>100</u>	Espessura MM consumida (cm) (E MM C)	<u>10</u>
% Ramificação dissecada (RD)	<u>100</u>	Altura ramificação dissecada (cm) (ARD)	<u>60</u>

5. Observações

- Regeneração existente apenas do tojo da esbentiga de tojo e alguns fetos nas zonas mais húmidas
 - não se verifica regeneração de gramíneas
 - V. solo de xisto elevada

ANEXO VII – Mapa de localização das áreas estudadas



Fontes: IGP-CAOP112; GTF's do Alto Minho; ICNF

ANEXO VIII – Tabela dos dados obtidos nas áreas submetidas a fogo controlado

Fonte	Caraterização geral				Caraterização física						Caraterização dos combustíveis														
	Concelho	Lugar	Data da queima	Hora início queima	Topografia	Altitude (m)	Exposição	Declive (%)	Idade	% Cobert. tojo	Altura tojo (cm)	Outra espécie	% cobert outra especie	Altura outra especie (Cm)	Altura média ponderada matos	% cobert Fetos	Altura fetos (cm)	% cobert herbaceas	Altura herbaceas (cm)	Carga comb. total (t/ha)	Carga comb. fino (t/ha)	Espessura copa viva (cm)	Espessura copa morta (cm)	Espessura MM (mm)	% Cobertura MM
POQ	Caminha	Azevedo	29-04-2010	11:00	cumeada	300	NW	25	5	90	120	Cytisus	-	-	83,3	5	50	5	30	30	20	-	-	-	-
POQ	Arcos de Valdevez	Vilela	29-04-2010	10:00	cumeada	300	NE	5	9	80	80	-	-	-	160,0	-	-	20	20	18	13	-	-	-	-
POQ	Caminha	Moledo	28-04-2010	12:00	cumeada	300	NW	25	5	90	120	Cytisus	-	-	182,0	5	50	5	30	30	20	-	-	-	-
POQ	Vila Nova de Cerveira	Cornes	28-04-2010	10:00	cumeada	200	N/E	30	5	80	80	-	-	-	84,0	-	-	20	20	18	13	-	-	-	-
POQ	Paredes de Coura	Coura	27-04-2010	14:00	meia-encosta	350	NE	20	7	90	120	Erica; Chamaespartum	-	-	100,0	-	-	10	20	30	20	-	-	-	-
POQ	Vila Nova de Cerveira	Cornes	27-04-2010	17:00	meia-encosta	300	NE	15	5	90	100	Urze	-	-	100,0	-	-	10	20	25	17	-	-	-	-
POQ	Paredes de Coura	Agualonga	26-04-2010	14:00	meia-encosta	350	NE	20	7	90	120	-	-	-	156,0	-	-	10	20	30	20	-	-	-	-
POQ	Ponte de Lima		26-04-2010	10:00	meia-encosta	450	NE	20	8	90	120	Háquea	-	-	97,9	-	-	10	20	20	14	-	-	-	-
POQ	Vila Nova de Cerveira	Covas	20-04-2010	11:00	cumeada	350	SW	30	5	80	80	-	-	-	96,3	-	-	20	20	18	13	-	-	-	-
POQ	Caminha	Azevedo	14-04-2010	10:00	meia-encosta	250	E/NE	20	5	90	100	-	-	-	97,4	5	50	5	30	25	17	-	-	-	-
POQ	Ponte de Lima	Labruja	14-04-2010	10:00	cumeada	700	NW	20	5	75	100	Citissus	-	-	170,0	5	50	20	30	21	15	-	-	-	-
POQ	Ponte de Lima	Labruja	13-04-2010	10:00	cumeada	750	NW	30	4	75	100	Citissus	-	-	170,0	5	50	20	30	21	15	-	-	-	-
POQ	Caminha	Argela	13-04-2010	10:00	cumeada	350	NW	15	5	90	100	Háquea	-	-	176,0	5	50	5	30	25	17	-	-	-	-
POQ	Ponte de Lima		12-04-2010	10:00	meia-encosta	350	NE	20	11	90	120	-	-	-	80,0	-	-	10	20	30	20	-	-	-	-
POQ	Caminha	Arga de São João	06-04-2010	10:00	meia-encosta	430	SE	30	5	90	60	Ulex	-	-	80,0	-	-	10	20	16	12	-	-	-	-
POQ	Caminha	Arga de São João	15-03-2010	10:00	meia-encosta	400	SE	20	5	90	60	Háquea	-	-	60,0	-	-	10	20	16	12	-	-	-	-
POQ	Paredes de Coura	Ferreira	30-04-2010	10:00	cumeada	350	N	15	6	90	120	-	-	-	60,0	5	50	5	30	30	20	-	-	-	-
EC	Viana do Castelo	Carvoeiro	25-11-2011	11:09	meia-encosta	410	SE	15	6	80	150	giesta	20	180	120,0	10	50	5	0,5	35	23	100	50	100	90
EC	Viana do Castelo	Carvoeiro	25-11-2011	12:43	meia-encosta	415	SW	25	6	80	80	giesta	10	110	100,0	5	30	5	0,5	21	15	60	20	100	70
EC	Viana do Castelo	Carvoeiro	25-11-2011	15:10	meia-encosta	400	W	30	6	90	180	giesta	10	200	100,0	0	0	0	0	43	28	70	110	200	70
EC	Arcos de Valdevez	Vilela	13-01-2012	12:15	meia-encosta	300	W	10	8	100	100	-	0	0	80,0	0	0	0	0	28	19	75	25	100	20
EC	Arcos de Valdevez	São Cosme	13-01-2012	15:25	meia-encosta	200	NE	15	8	90	160	-	0	0	100,0	10	50	0	0	39	26	20	140	100	50
EC	Arcos de Valdevez	Vilela	13-01-2012	16:05	meia-encosta	200	N/NE	20	9	90	170	-	0	0	120,0	10	50	0	0	43	28	50	120	100	60
EC	Arcos de Valdevez	Vilela	13-01-2012	16:32	meia-encosta	200	NW	30	8	90	170	-	0	0	120,0	10	50	0	0	43	28	50	120	100	60
EC	Arcos de Valdevez	Sabadim	25-01-2012	10:00	meia-encosta	500	W	25	6	90	90	urze,carqueja	10	30	120,0	0	0	5	10	23	16	70	20	100	90
EC	Vila Nova de Cerveira	Sapardos	03-02-2012	11:00	cumeada	300	NW	10	6	90	100	urze	5	50	120,0	5	60	0	0	25	17	80	20	100	60
EC	Vila Nova de Cerveira	Sapardos	03-02-2012	14:06	Alto encosta	300	NE	15	6	90	100	urze	5	30	120,0	5	50	0	0	25	17	80	20	100	80
EC	Vila Nova de Cerveira	Loivo	12-02-2012	11:07	meia-encosta	500	NE	25	6	90	100	urze	5	60	100,0	2,5	30	2,5	10	25	17	60	40	100	70
EC	Vila Nova de Cerveira	Loivo	12-02-2012	15:50	meia-encosta	400	NE	20	6	90	100	reg.pinho	2,5	100	120,0	5	50	2,5	20	25	17	70	30	100	70
EC	Caminha	Azevedo	17-02-2012	11:04	meia-encosta	350	NE	30	6	80	170	acacia,giesta,carqueja	20	200	100,0	5	70	5	20	37	24	50	120	100	70

Fonte	Ambiente Meteorológico											Índices FWI					Severidade das queimas							Comportamento do fogo						
	T (°C) Início	T (°C) Fim	T (°C) Medio	Hr (%) Início	Hr (%) Fim	Hr (%) Médio	V (km/h) Início	V (km/h) Fim	V (km/h) Médio	DV Início	DV Fim	Nº dias sem chuva	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	Carga comb. Consumida (t/ha)	% RC	% HC	% RD	DC (mm)	E MM C (mm)	P MM C (cm)	ARD (cm)	Velocidade propagação (m/min)	Altura chama (m)	Comprimento chama (m/min)	Intensidade (Kw/m)
POQ	16	18	17,0	82	73	77,5	7	17	12,00	W	W	7	84,6	23,5	68,1	5,0	25,3	9,0	22,5	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	3	124
POQ	16,5		8,3	77,1		38,6	2,6		1,30	SE		5	87,9	27,0	44,8	4,5	26,7	8,5	16,2	90	75	80	5	-	-	-	0,10	-	2	49
POQ	26,8	22,5	24,7	61	55,1	58,1	8,9	6,6	7,75	N	N	6	87,8	22,4	63,8	4,5	23,9	8,0	22,5	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	3	124
POQ	28		14,0	54,4		27,2	1,4		0,70	SW		4	89,2	21,9	44,8	4,5	21,8	7,5	16,2	90	75	80	5	-	-	-	0,10	-	2	49
POQ	26		13,0	51		25,5	1,5		7,50	SW		3	88,7	20,9	34,0	4,1	20,7	6,8	27,0	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	3	108
POQ		20,6	10,3		42,3	21,2		10,2	5,10		W	5	87,8	18,0	38,8	3,1	17,9	4,8	22,5	90	75	80	5	-	-	-	0,23	-	4	158
POQ	26		13,0	51		25,5	1,5		7,50	SW		3	87,4	17,3	28,2	3,4	17,1	5,0	27,0	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	3	108
POQ	23		11,5	64		32,0	4,7		2,35	W		3	87,4	17,3	28,2	3,4	17,1	5,0	18,0	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	3	72
POQ	17	20	18,5	77	60	68,5	6	7	6,50	SW	SW	3	79,5	9,2	21,9	1,5	9,2	0,9	16,2	90	75	80	5	-	-	-	0,20	-	2	97
POQ	14	14	14,0	62,3	63	62,7	1,7	1,5	1,60	E	E	9	90,2	27,1	42,7	7,4	26,8	12,8	22,5	90	75	85	5	-	-	-	0,18	-	3	124
POQ	14	14	14,0	62,3	63	62,7	1,7	1,5	1,60	E	E	9	90,2	31,1	43,8	7,3	30,8	13,7	15,8	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	3	87
POQ	12,4	23,5	18,0	51,7	38,5	45,1	5,5	4,3	4,90	E	E	8	91,2	28,3	39,2	8,5	28,0	14,6	15,8	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	3	87
POQ	12,4	23,5	18,0	51,7	38,5	45,1	5,5	4,3	4,90	E	E	8	90,6	24,2	38,2	7,8	23,9	12,6	18,8	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	3	103
POQ	16,6		8,3	60		30,0	1,9		0,95	E		5	91,2	25,1	34,9	7,2	24,8	12,1	27,0	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	3	108
POQ	14	16	15,0	63	55	59,0	7	11	9,00	S	S	3	81,3	5,7	11,2	3,2	5,5	2,3	14,4	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	4	58
POQ	19,5	28	23,8	43	34	38,5	6,6	2,9	4,75	SE	NW	5	87,5	10,0	18,9	3,5	9,9	3,7	14,4	90	75	80	5	-	-	-	0,13	-	3	58
POQ	16,5		8,3	77		38,5	3,6		1,80	W		8	87,2	28,9	49,0	3,2	28,6	6,8	22,5	75	75	70	5	-	-	-	0,18	-	4	124
EC	18,3	20,3	19,3	70,6	58	64,3	2	3,5	2,75	N	NW	3	81,8	3,8	10,5	1,4	4,0	0,5	31,5	90	100	90	15	14	14	150	0,8	1,5	2,5	756
EC	17,1	16,8	17,0	57	65,3	61,2	3,8	7	5,40	NW	SE	3	81,8	3,8	10,5	1,4	4,0	0,5	8,4	40			10		0		0,4	1,5	2	101
EC	17,5	20,3	18,9	62	68	65,0	5	0	2,50	NW	NW	3	81,8	3,8	10,5	1,4	4,0	0,5	30,1	70	70	80	15	10	5		0,5	2	3,5	452
EC	14,9	20	17,5	67,3	53	60,2	2	1,6	1,80	SW	SW	10	81,8	4,0	18,6	1,6	5,2	0,7	25,2	90	100	95	15	10	10	145	1	1,5	2	756
EC	14,7	17,6	16,2	64	65	64,5	1,5	1	1,25	NE	NE	10	81,8	4,0	18,6	1,6	5,2	0,7	19,5	50	50	70	15		0		0,5	1,5	2	293
EC	17,6	16,6	17,1	65	58	61,5	1	2,5	1,75	N	N	10	81,8	4,0	18,6	1,6	5,2	0,7	40,9	95		95	16		0	165	1,4	3	4	1716
EC	16,6	16,6	16,6	58	58	58,0	2,5	2,5	2,50	N	N	10	81,8	4,0	18,6	1,6	5,2	0,7	40,9	95		95	16		0	165	1,5	2,5	3,5	1838
EC	17,5	12	14,8	50	70	60,0	4																							

ANEXO IX – Tabela dos dados obtidos no estudo das áreas aridas

Elementos gerais													Caracterização dos combustíveis												
Parcela	Ocorrência ANPC	Data ocorrência	Hora Ocorrência	Exposição	% Cobertura Tojo	Altura Tojo (cm)	Outra espécie	% cobert outra espécie	Altura outra espécie (cm)	Altura ponderada	% cobert. fetos	Altura fetos (cm)	% cobert herbaceas	Altura herbaceas (cm)	Carga comb. total (t/ha)	Carga comb. fino (t/ha)	Espessura copa viva (cm)	Espessura copa morta (cm)	Proporção copa morta	Espessura MM (mm)	epel				
1	3135	26-02-2012	19:07	N	90	60	Urze	5	30	55,5	0	0	5	10	16	12	30	30	50,0	5	7				
2	4043	11-03-2012	19:38	NE	90	60		0	0	54,0	0	0	10	15	16	12	10	40	66,7	10	7				
3	3445	01-03-2012	22:42	P	90	60		0	0	54,0	0	0	10	15	16	12	10	50	83,3	50	7				
4	4040	11-03-2012	18:25	P	80	60	Urze	10	15	49,5	0	0	10	8	16	12	20	40	66,7	100	7				
5	2632	20-02-2012	15:44	E	90	80		0	0	72,0	0	0	10	30	21	15	15	65	81,3	15	7				
6	3816	08-03-2012	23:45	P	90	50		0	0	45,0	0	0	10	10	13	10	10	40	80,0	50	7				
7	4005	11-03-2012	12:48	S	90	80		0	0	72,0	5	50	5	15	21	15	20	60	75,0	50	7				
8	3999	11-03-2012	10:00	S	80	50	Urze	10	20	42,0	0	0	10	10	12	9	40	10	20,0	50	7				

Parcela	Ambiente Meteorológico				Índices FWI				Severidade dos incêndios florestais				Comportamento do fogo								
	T (°C)	HR (%)	Vento (km/h)	Direção Vento	Nº DIAS SEM CHUVA	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	% RC	% HC	% RD	DC (mm)	E M M C (mm)	ARD (cm)	Carga comb. Consumida (t/ha)	Área Arida (ha)	ROS (km/h)	Intensidade (Kw/m)
1	13,9	66	14	N	25	85,3	30,2	79,7	4,5	31,0	9,2	95	100	100	10	50	60	16	49,68	0,24	1804,2
2	17,3	47	7	N	7	89,2	21	91,2	5,4	26,6	10	95	100	100	10	60	60	16	9,46	0,11	813,7
3	12,9	71	10	N	29	82,9	32,4	88,0	2,7	33,7	6,1	95	100	100	15	50	60	16	30,64	0,14	1096,4
4	17,3	47	7	N	7	89,2	21	91,2	5,4	26,6	10	95	100	100	10	100	60	16	22,58	0,27	2025,2
5	14,5	29	7	N	19	89,5	24,1	66,1	5,6	25,2	10	80	90	90	10	100	70	16,8	14,14	0,04	374,3
6	16	49	10	N	4	84,8	14,9	81,9	3,4	20,5	5,6	85	50	100	10	20	50	11,7	6,01	0,22	1196,4
7	17,3	47	7	N	7	89,2	21	91,2	5,4	26,6	10	95	100	100	15	50	80	21	24,48	0,23	2336,1
8	17,3	47	7	N	7	89,2	21	91,2	5,4	26,6	10	85	80	95	10	20	50	10,8	85,83	0,24	1199,5