

Marco Paulo da Cruz Gouveia

Propostas de transformação da ocupação do solo
para aumentar a resiliência a incêndios rurais no
Concelho de Mangualde

Orientador: Professor Doutor José de Jesus Gaspar

Coimbra, 2024

Marco Paulo da Cruz Gouveia

Propostas de transformação da ocupação do solo
para aumentar a resiliência a incêndios rurais no
Concelho de Mangualde

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento
dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Recursos Florestais.

Orientador: Professor Doutor José de Jesus Gaspar

Coimbra, 2024

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS	VI
AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1 ÁREA DE ESTUDO	3
2.2 DADOS	4
2.2.1 <i>Uso e Ocupação do solo no ano de 2018.....</i>	<i>4</i>
2.2.2 <i>Modelos de combustível florestal para Portugal.....</i>	<i>4</i>
2.2.3 <i>Dados geográficos.....</i>	<i>6</i>
2.2.4 <i>Dados climáticos</i>	<i>7</i>
2.3 SIMULADOR FLAMMAP.....	8
2.4 MÉTODOS.....	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 ANÁLISE USO ATUAL VS PROPOSTA,	19
3.2 CASO DE ESTUDO – IGNIÇÕES 2012 COM MTT	20
3.3 CASO DE ESTUDO – IGNIÇÃO 2017 COM MTT	22
3.4 CASO DE ESTUDO – IGNIÇÃO 2019 COM MTT	24
3.5 ESTUDO IGNIÇÕES 2012/2017/2019 COM MTT	26
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
5 BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS.....	31

Lista de Figuras

Figura 1 - Número de incêndios VS Área ardida de 2001 a 2022. Fonte SGIF/ICNF	1
Figura 2 - Mapa de Enquadramento geográfico da área de estudo - Concelho de Mangualde	3
Figura 3 - Carta de Modelos de Combustível	6
Figura 4 - Carta de eixos principais e pontos estratégicos de gestão	9
Figura 5 - Carta de Reincidência de Incêndios Florestais (1990-2019)	10
Figura 6 - Carta Proposta de Intervenção alteração do uso do solo	11
Figura 7 - Esquema do processo de preparação de dados para o FlamMap, relativos à topografia	12
Figura 8 - Cartas de Exposição, Declives e Altimetria	12
Figura 9 - Introdução de registos meteorológicos no FlamMap 6.2	13
Figura 10 - Equação do cálculo da Densidade de Copas	13
Figura 11 - Equação do cálculo da altura da base de copas	14
Figura 12 - Esquema do processo de elaboração dos mapas de combustível e coberto arbóreo	14
Figura 13 - Composição do ficheiro paisagem (Landscape file) no <i>FlamMap</i> 6.2	16
Figura 14 - Carta de Ignições utilizadas nas simulações	17
Figura 15 - Fire Behavior output - Comprimento de chama	19
Figura 16 - Fire Behavior output - Taxa de propagação	20
Figura 17 - Fire Behavior output - Intensidade da frente de chamas	20
Figura 18 - Caso de estudo 2012 - Taxa de propagação do fogo (MTT)	21
Figura 19 - Caso de estudo 2012 - Tempo de chegada (MTT)	21
Figura 20 - Caso de estudo 2012 - Intensidade da frente de chama (MTT)	22
Figura 21 - Caso de estudo 2017 - Taxa de propagação do fogo (MTT)	23
Figura 22 - Caso de estudo 2017 - Tempo de chegada (MTT)	23
Figura 23 - Caso de estudo 2017 - Intensidade da frente de chamas (MTT)	24
Figura 24 - Caso de estudo 2019 - Taxa de propagação do fogo (MTT)	25
Figura 25 - Caso de estudo 2019 - Tempo de chegada (MTT)	25
Figura 26 - Caso de estudo 2019 - Intensidade da frente de chama (MTT)	26
Figura 27 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Taxa de propagação do fogo (MTT)	26
Figura 28 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Tempo de chegada (MTT)	27
Figura 29 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Intensidade da frente de chama (MTT)	27

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Associação da COS 2018 com os Modelos de combustível florestal	5
Tabela 2 - Lista de dados geográficos utilizados	6
Tabela 3 - Condições climáticas relativamente ao dia 16/07/2017 da Estação meteorológica de Viseu (IPMA) 7	
Tabela 4 - Condições climáticas relativamente ao dia 17/08/2009 da Estação meteorológica de Viseu (IPMA) 8	
Tabela 5 - Parâmetros dos modelos de combustível	15
Tabela 6 - Valores de teor de humidade (Fuel Moisture) de todos os modelos de combustível	15
Tabela 7 -Relação entre os parâmetros do comportamento do fogo, intensidade do incêndio e a eficiência dos meios de combate	18

Lista de Abreviaturas

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

CCDR – Comissão de Coordenação e desenvolvimento Regional

COS – Carta de Uso e Ocupação do Solo

DGT – Direção Geral do Território

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IFN – Inventário Florestal Nacional

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MDE – Modelo Digital de Elevações

MTT – *Minimum Travel Time*

NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais

PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

ROS – *Rate of Spread*

SGIF – Sistema de Gestão de Informação dos Incêndios Florestais

SHP - *Shapefile*

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TIN – *Triangulated Irregular Network*

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer a todos os docentes que integram o corpo docente do Mestrado em Recursos Florestais, por me fazerem olhar para a floresta de maneira diferente, bem-haja por todos os ensinamentos partilhados. Um agradecimento especial ao professor Doutor José Gaspar pela sua disponibilidade e partilha de conhecimentos e sugestões.

Aos meus colegas de mestrado que me acompanharam durante o percurso, destacando o Bruno Duarte, Bárbara Gomes e o Duarte Neves.

À Camara Municipal de Mangualde na pessoa do Técnico Superior, Adriano Nave enquanto responsável pelo Gabinete Técnico Florestal, pela cedência de informação e ajuda para o desenvolvimento das análises realizadas.

E por último um agradecimento aos meus pilares, foram eles que ficaram privados durante o tempo despendido quer durante a parte curricular assim como para o desenvolvimento da dissertação, que são os meus filhos, Afonso e o Tiago, a minha esposa Daniela Gouveia que foi e é o meu pilar, que deixou de fazer muitas coisas para poder estar ao meu lado para me dar todo o apoio necessário e não esquecendo os meus sogros, Adélia Azevedo e Fernando Ferreira.

Bem-haja a todos, a vós dedico este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho demonstra um estudo realizado e sua comparação quanto a paisagem do concelho de Mangualde e tem como finalidade a apresentação para a melhoria do uso e ocupação do solo, recorrendo a simulador de mapeamento e análise de comportamento de fogo.

É apresentada uma proposta de alteração de uso do solo em locais estratégicos, com o intuito de tornar a paisagem do concelho mais resiliente aos incêndios e seu desenvolvimento, assim como a utilização do uso de Fogo Controlado, como ferramenta de gestão, sendo esta uma ferramenta de baixo custo.

Palavras chave: gestão da paisagem, comportamento do fogo, modelação de incêndios, modelo de combustível Florestal,

ABSTRACT

This work demonstrates a study carried out and its comparison with the landscape of the municipality of Mangualde and aims to present a proposal for improving land use and occupation, using a mapping simulator and fire behaviour analysis.

A proposal is presented for changing land use in strategic locations, with the aim of making the municipality's landscape more resilient to fires and their development, as well as the use of Prescribed Fire as a management tool, this being a low-cost tool.

Key words: landscape management, fire behaviour, fire modelling, forest fuel model,

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Problema

De acordo com o Inventário Florestal Nacional (IFN), na sexta revisão (ICNF, 2015), os espaços florestais (floresta, matos e terrenos improdutivos) ocupam 6,2 milhões de hectares (69,4%) do território nacional continental. Quanto às áreas arborizadas, destacam-se o domínio de 4 espécies, o eucalipto com 845 mil hectares, o sobreiro com 719,9 mil hectares, o pinheiro-bravo com 713,3 mil hectares e a azinheira com 349,4 mil hectares (ICNF, 2015).

De acordo com (Silva et al., 2007) em Portugal nas últimas décadas a palavra “floresta” está sempre associada à palavra “incêndios”, principalmente na época dos meses mais quentes.

Apesar desta associação o fogo continua a ter um papel muito importante, principalmente quando falamos na estratégia para o desenvolvimento de algumas espécies e renovação da paisagem.

Segundo dados do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), no intervalo entre 2001 e 2022 foram-se registando menos número de incêndios, sendo que 2005 foi o ano com maior número de incêndios e 2017 com maior área ardida, como pode ser verificado na Figura 1.

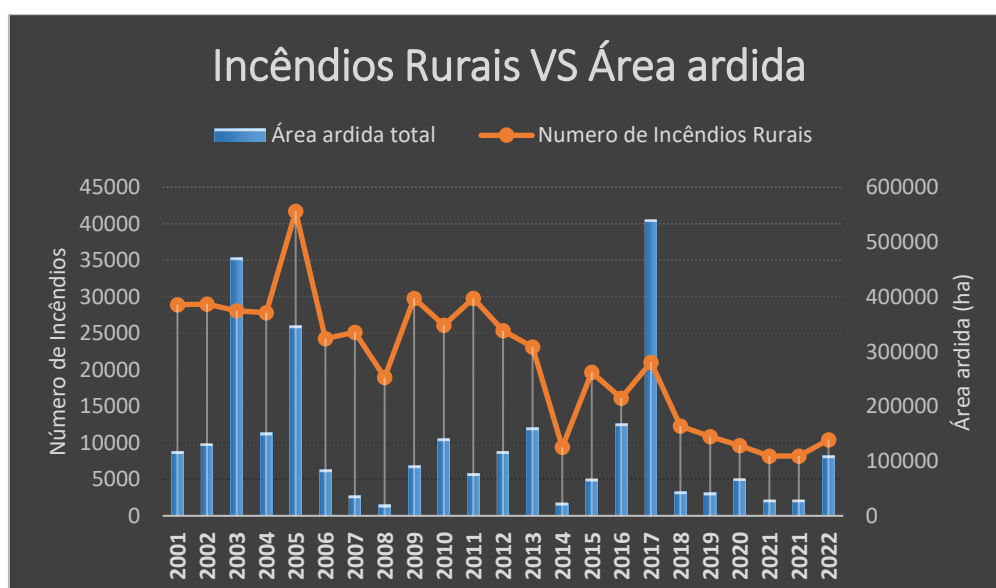


Figura 1 - Número de incêndios VS Área ardida de 2001 a 2022. Fonte SGIF/ICNF

No interior de Portugal, na região da Beira Alta, mais propriamente no Distrito de Viseu, o Concelho de Mangualde também não é exceção à regra quanto aos incêndios. Segundo o Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI), do Concelho de Mangualde (Câmara Municipal de Mangualde, 2022), o território concelhio nos últimos 20 anos (2001-2020) destaca que 43,4% do território concelhio já foi percorrido por incêndios florestais no mínimo por uma vez. Segundo a mesma fonte de referir que no mesmo período verifica-se que em 2010, 2015 e 2017 a área ardida anual ultrapassou os 4000 hectares e por 10 vezes foram ultrapassados os 1000 hectares.

1.2 Objetivos

Este estudo tem por objetivo analisar e propor uma alteração da paisagem do território do concelho de Mangualde por forma a tornar o concelho mais resiliente aos incêndios, recorrendo à identificação dos modelos de combustível florestal para Portugal Continental (Fernandes & Loureiro, 2021), por ser o adotado pelo ICNF para a realização de estudos da especialidade.

Com recurso à utilização da aplicação software de mapeamento de análise de comportamento de fogo, *FlamMap* 6.2, que permite calcular potenciais características do comportamento do fogo (como taxa de propagação, comprimento de chama e intensidade de fogo). Este simulador permite fazer a análise do território do concelho com o uso e ocupação atual do solo e com as alterações propostas do uso em zonas específicas, quer devido ao histórico de incêndios, sua recorrência e zonas de abertura dos incêndios. Foi utilizada a metodologia de Análise da Suscetibilidade de Incêndio Rural em Portugal Continental segundo (Pahl consulting, 2020), que propõem pontos estratégicos de Gestão, com base na rede hidrográfica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo tem com base o concelho de Mangualde situado na Região Centro, no planalto beirão, que se encontra compreendido entre o rio Dão a Norte e o rio Mondego a Sul. O município confina a Norte com o concelho de Penalva do Castelo, a noroeste com o concelho de Viseu, a sudoeste com o concelho de Nelas, a Sul com o concelho de Seia, a Sudeste com o concelho de Gouveia e a Este com o concelho de Fornos de Algodres.

Encontrando-se numa região de média altitude, com frente virada a Serra da Estrela (a Sul) que se mistura com os primeiros contrafortes da Serra da Lousã. A sudoeste ficam as encostas do Buçaco e mais próximo (a Oeste), as primeiras elevações do Caramulo, sobrepujando-as o miradouro do Caramulinho. Já a Norte, as serranias do Montemuro e Gralheira e a Este, as terras frias da Guarda.

Quanto a divisão regional, corresponde à área de atuação da Comissão de Coordenação e desenvolvimento Regional do Centro (CCDRC) e de acordo com a Nomenclatura da Unidade Territorial (NUT – nível III), enquadra-se na sub-região de Dão-Lafões e no programa Regional de Ordenamento Florestal do Centro Litoral (Figura 2).

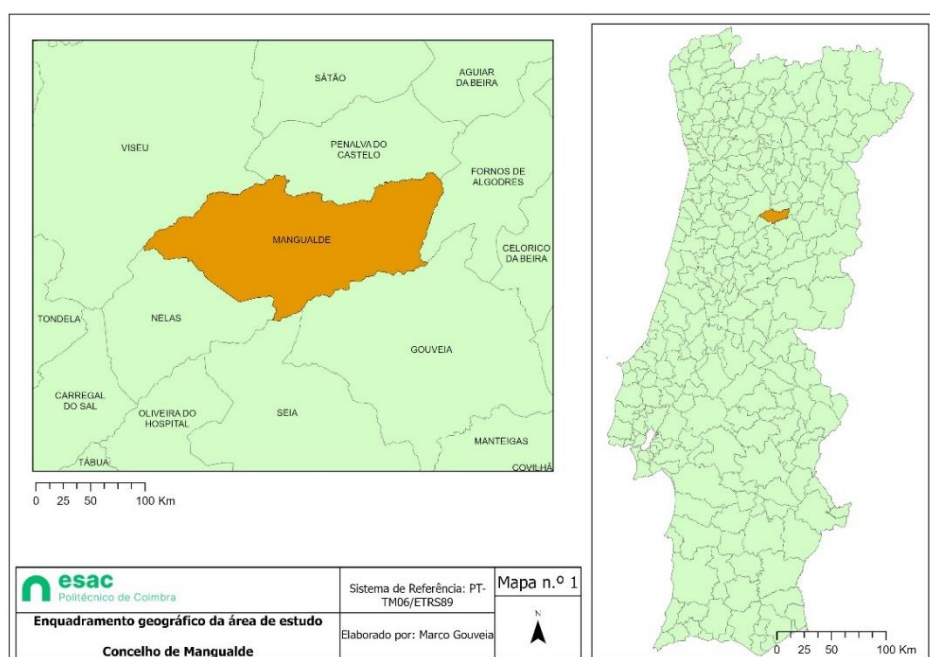


Figura 2 - Mapa de Enquadramento geográfico da área de estudo - Concelho de Mangualde

2.2 Dados

2.2.1 Uso e Ocupação do solo no ano de 2018

Foi utilizada a Carta de Uso e Ocupação do Solo para 2018 (COS) da Direção Geral do Território (DGT), onde foi feito o recorte pela área de estudo, correspondendo ao limite do concelho mais uma margem de 3 km para além deste, de forma a ter em conta o comportamento das simulações geradas para além do limite do concelho, com recurso ao programa Arcgis Pro.

No que diz respeito ao concelho de Mangualde segundo (Câmara Municipal de Mangualde, 2022) o concelho é caracterizado por extensas áreas de incultos e povoamentos florestais, onde o espaço florestal ocupa cerca de 64,2 % ou seja, aproximadamente 14000 hectares, divididos entre os povoamentos florestais e áreas de incultos, ambas as classes com um peso relativo de 32%.

As áreas de incultos são constituídas na sua maioria por matos, estes com uma altura média de 1 a 2 metros, cujas espécies predominantes são o tojo, a giesta, a urze, o feto entre outros. Estas espécies têm uma combustibilidade elevada, aumentando desta forma o risco de incêndio.

2.2.2 Modelos de combustível florestal para Portugal

No sentido de caracterizar a vegetação arbustiva e florestal com maior expressão em Portugal continental (Fernandes & Loureiro, 2021) desenvolveram 18 modelos de combustível agrupados consoante o estrato responsável pela propagação da frente de fogo (folhada, folhada/vegetação, vegetação) e pelo seu grau de coberto e altura.

Com estes modelos foi feita uma associação com a COS 2018 segundo (Alcasena et al., 2021) como demonstra a (Tabela 1).

Tabela 1 - Associação da COS 2018 com os Modelos de combustível florestal

Modelo de Ocupação do solo (COS 2018) e Modelos de combustível florestal		
COS 2018	Modelo Combustível	Combustível COD
1.1.1.1 Tecido edificado contínuo predominantemente vertical	Edificado	91
1.1.2.1 Tecido edificado descontínuo	Edificado	91
1.1.2.2 Tecido edificado descontínuo esperso	Edificado	91
1.2.1.1 Indústria	Edificado	91
1.2.3.1 Instalações agrícolas	Edificado	91
1.6.5.1 Outros equipamentos e instalações turísticas	Edificado	91
1.3.1.1 Infraestruturas de produção de energia renovável	Edificado	91
1.3.2.1 Infraestruturas para captação, tratamento e abastecimento de águas para consumo	Edificado	91
1.3.2.2 Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais	Edificado	91
1.4.1.1 Rede viária e espaços associados	Edificado	91
1.4.1.2 Rede ferroviária e espaços associados	Edificado	91
1.5.1.1 Minas a céu aberto	Edificado	91
1.5.1.2 Pedreiras	Edificado	91
1.5.2.2 Lixeiras e Sucatas	Edificado	91
1.5.3.1 Áreas em construção	Edificado	91
1.1.3.2 Espaços vazios sem construção	Edificado	91
1.6.4.1 Cemitérios	Edificado	91
1.6.1.2 Instalações desportivas	Edificado	91
1.6.2.2 Equipamentos de lazer	Edificado	91
2.4.1.1 Agricultura protegida e viveiros	Parques jardins ou viveiros	93
1.7.1.1 Parques e jardins	Parques jardins ou viveiros	93
9.1.1.1 Cursos de água naturais	Massas de água superficiais	98
9.1.2.1 Lagos e lagoas interiores artificiais	Massas de água superficiais	98
9.1.2.3 Albufeiras de barragens	Massas de água superficiais	98
9.1.2.5 Charcas	Massas de água superficiais	98
2.3.3.1 Agricultura com espaços naturais e seminaturais	V-MH	235
2.3.2.1 Mosaicos culturais e parcelares complexos	V-Hb	232
2.3.1.3 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a olival	V-Hb	232
2.2.3.1 Olivais	V-Hb	232
2.2.2.1 Pomares	V-Hb	232
2.2.1.1 Vinhas	V-Hb	232
2.1.1.1 Culturas temporárias de sequeiro e regadio	V-Hb	232
3.1.1.1 Pastagens melhoradas	V-Hb	232
3.1.2.1 Pastagens espontâneas	V-Hb	232
4.1.1.3 SAF de outros carvalhos	M-H	226
4.1.1.5 SAF de outras espécies	M-H	226
4.1.1.7 SAF de outras misturas	M-H	226
5.1.1.1 Florestas de sobreiro	M-ESC	222
5.1.1.3 Florestas de outros carvalhos	M-CAD	221
5.1.1.4 Florestas de castanheiro	F-FOL	212
5.1.1.5 Florestas de eucalipto	M-EUC	223
5.1.1.6 Florestas de espécies invasoras	V-MAa	233
5.1.1.7 Florestas de outras folhosas	F-FOL	212
5.1.2.1 Florestas de pinheiro bravo	M-PIN	227
5.1.2.2 Florestas de pinheiro manso	F-PIN	213
5.1.2.3 Florestas de outras resinosas	F-RAC	214
6.1.1.1 Matos	V-MAa	233
7.1.2.1 Rocha nua	V-MH	235
7.1.3.1 Vegetação esparsa	V-MH	235

A Tabela 1 faz associação entre o uso e ocupação da COS 2018 com os modelos de combustível florestal para Portugal, como destacado na mesma tabela, foram desconsiderados o edificado nas suas subcategorias, os cursos de água e a agricultura protegida por viveiros, uma vez que não são classes pertencentes a área florestal e estarem a ser classificados como ignífugos, sendo que quanto ao tecido edificado deveria ter classificação pois o mesmo não é ignífugo.

A Figura 3 apresenta a disposição dos modelos de combustível existentes no concelho de Mangualde e num raio de 3km de distância a sua volta.

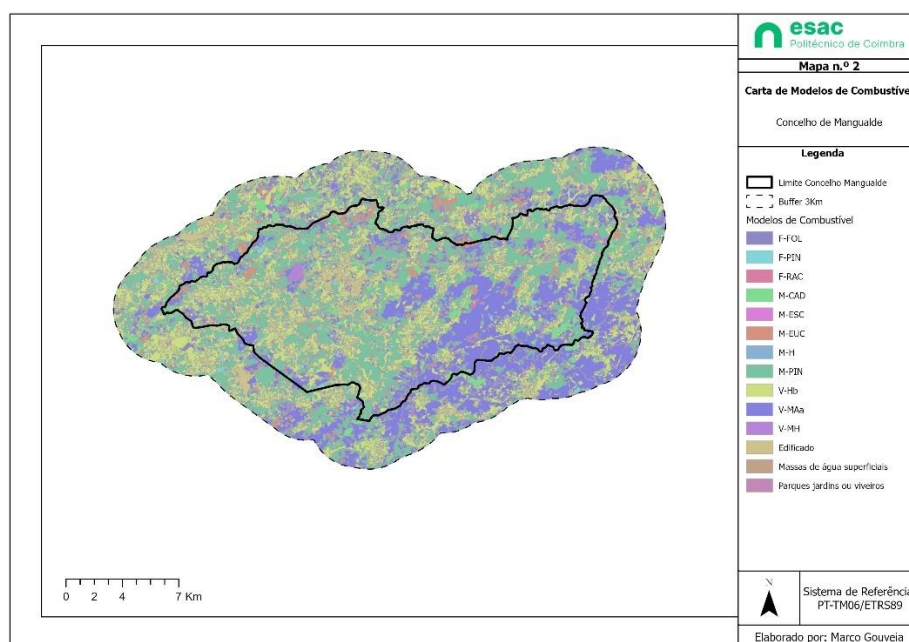


Figura 3 - Carta de Modelos de Combustível

2.2.3 Dados geográficos

De forma a poder analisar os dados propostos foi necessário analisar e sistematizar os dados geográficos representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Lista de dados geográficos utilizados

Informação Geográfica	Fonte	Sistema de projeção	Formato
COS 2018	DGT	ETRS89	SHP
CAOP 2022	DGT	ETRS89	SHP
Altimetria	CM Mangualde	ETRS89	SHP
IFN6 – Inventário Florestal Nacional 6	ICNF		MDB
Pontos de Início de Incêndios	CM Mangualde	ETRS89	SHP
Perímetros de Incêndios	ICNF	ETRS89	SHP

2.2.4 Dados climáticos

Os dados climáticos, foram solicitados ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)(IPMA, 2022), onde foram disponibilizados os registos da estação meteorológica de Viseu, tendo escolhido o dia 16 de julho do ano de 2017 por ser um dia com temperaturas acentuadas e humidade relativa mais baixa e também por este dia estar associados a incêndios no concelho, Tabela 3.

Quanto ao ano de 2009 foi escolhido o dia 17 de agosto, devido a este ser um dia com condições climáticas mais amenas, mais propriamente em relação à humidade relativa que foi mais alta, também de forma a poder comparar os cenários com as duas condições, Tabela 4.

Tabela 3 - Condições climáticas relativamente ao dia 16/07/2017 da Estação meteorológica de Viseu (IPMA)

Viseu	Elevação: 443 m										
Estação	Ano	Mês	Dia	Hora	Pressão média	Temperatura média (°c)	Humidade relativa média (%)	Direção vento (°)	Intensidade vento (m/s)	Intensidade vento (Km/h)	Precipitação
1200560	2017	7	16	0	1017	22	59	73	1,6	6	0
1200560	2017	7	16	1	1016	22	58	86	2	7	0
1200560	2017	7	16	2	1016	21	63	70	2,5	9	0
1200560	2017	7	16	3	1016	20	56	60	4,5	16	0
1200560	2017	7	16	4	1016	21	40	66	5,4	19	0
1200560	2017	7	16	5	1016	21	39	74	5,3	19	0
1200560	2017	7	16	6	1016	20	41	99	4,2	15	0
1200560	2017	7	16	7	1016	21	44	82	4,2	15	0
1200560	2017	7	16	8	1016	23	41	68	4,5	16	0
1200560	2017	7	16	9	1016	26	37	70	4,7	17	0
1200560	2017	7	16	10	1015	29	32	84	3,5	13	0
1200560	2017	7	16	11	1015	31	28	131	2,6	9	0
1200560	2017	7	16	12	1014	32	23	177	3,3	12	0
1200560	2017	7	16	13	1014	33	20	189	3,1	11	0
1200560	2017	7	16	14	1014	34	19	204	3,6	13	0
1200560	2017	7	16	15	1013	34	18	231	3,8	14	0
1200560	2017	7	16	16	1013	33	30	280	4,9	18	0
1200560	2017	7	16	17	1013	31	37	290	6	22	0
1200560	2017	7	16	18	1014	29	41	286	5,8	21	0
1200560	2017	7	16	19	1014	27	41	284	5	18	0
1200560	2017	7	16	20	1015	24	49	285	4,4	16	0
1200560	2017	7	16	21	1016	22	57	261	2,3	8	0
1200560	2017	7	16	22	1016	21	61	174	1,7	6	0
1200560	2017	7	16	23	1016	21	62	100	0,6	2	0

Tabela 4 - Condições climatéricas relativamente ao dia 17/08/2009 da Estação meteorológica de Viseu (IPMA)

Viseu	Elevação: 443 m										
Estação	Ano	Mês	Dia	Hora	Pressão média	Temperatura média (°c)	Humidade relativa média (%)	Direção vento (°)	Intensidade vento (m/s)	Intensidade vento (Km/h)	Precipitação
1200560	2009	8	17	0	1019	20	71	1	0	0	0
1200560	2009	8	17	1	1018	20	70	4	0	0	0
1200560	2009	8	17	2	1018	19	74	1	0	0	0
1200560	2009	8	17	3	1018	18	79	348	0,9	3	0
1200560	2009	8	17	4	1018	18	90	350	1,8	6	0
1200560	2009	8	17	5	1018	19	80	359	2,1	8	0
1200560	2009	8	17	6	1017	21	64	360	2	0	0
1200560	2009	8	17	7	1017	22	58	3	0	0	0
1200560	2009	8	17	8	1016	24	52	9	0	0	0
1200560	2009	8	17	9	1016	25	56	353	0	0	0
1200560	2009	8	17	10	1017	26	52	339	0	0	0
1200560	2009	8	17	11	1016	27	49	285	1,1	4	0
1200560	2009	8	17	12	1016	28	45	264	1,8	6	0
1200560	2009	8	17	13	1016	30	41	283	2,1	8	0
1200560	2009	8	17	14	1015	30	38	224	2,8	10	0
1200560	2009	8	17	15	1015	30	40	288	2,9	10	0
1200560	2009	8	17	16	1014	30	40	289	3,4	12	0
1200560	2009	8	17	17	1014	29	39	285	3,6	13	0
1200560	2009	8	17	18	1014	28	44	289	3,8	14	0
1200560	2009	8	17	19	1015	25	60	299	3,3	12	0
1200560	2009	8	17	20	1016	23	64	311	2,9	10	0
1200560	2009	8	17	21	1017	21	69	311	3,5	13	0
1200560	2009	8	17	22	1018	20	70	318	3	11	0
1200560	2009	8	17	23	1018	19	71	342	1,4	5	0

2.3 Simulador FlamMap

O *FlamMap* é uma aplicação software de mapeamento e análise de comportamento de fogo que (no modo Básico) calcula potenciais características do comportamento do fogo (como taxa de propagação, comprimento de chama e intensidade de fogo) numa paisagem cujas condições meteorológicas (direção e velocidade do vento) e de humidade dos diversos combustíveis num dado período permanecem constantes (Oliveira, 2023).

Apesar do *FlamMap* 6.2 contemplar modelos de comportamento do fogo predefinidos, neste trabalho foram utilizados os Modelos de combustível florestal para Portugal (Fernandes & Loureiro, 2021).

Esta aplicação é um sistema determinístico de simulação da propagação e comportamento do fogo, baseando-se na elaboração de cálculos do comportamento do fogo para cada ponto da paisagem, com vento e humidade do combustível constantes no tempo. O *FlamMap* também inclui a função de calcular tempos mínimos para propagação do fogo (MTT), sendo útil para determinar locais estratégicos de gestão de combustível (Oliveira, 2023).

Esta última função foi a utilizada de forma a testar o uso e ocupação do solo atual e comparar com a proposta de alteração de uso nas zonas estratégicas de forma a minimizar a propagação de incêndios futuros.

2.4 Métodos

Para a concretização do objetivo proposto foi tido em consideração a metodologia utilizada pelo ICNF no relatório de análise da suscetibilidade de incêndio rural em Portugal (Pahl consulting, 2020), onde este com recurso a procedimentos analíticos em SIG com base na rede hidrográfica, foram gerados pontos estratégicos de gestão assim como a identificação de eixos principais de propagação dos incêndios.

Foram verificados os pontos que eram intersectados pela área de estudo e verificada a necessidade de alteração do uso do solo na proposta a propor Figura 4.

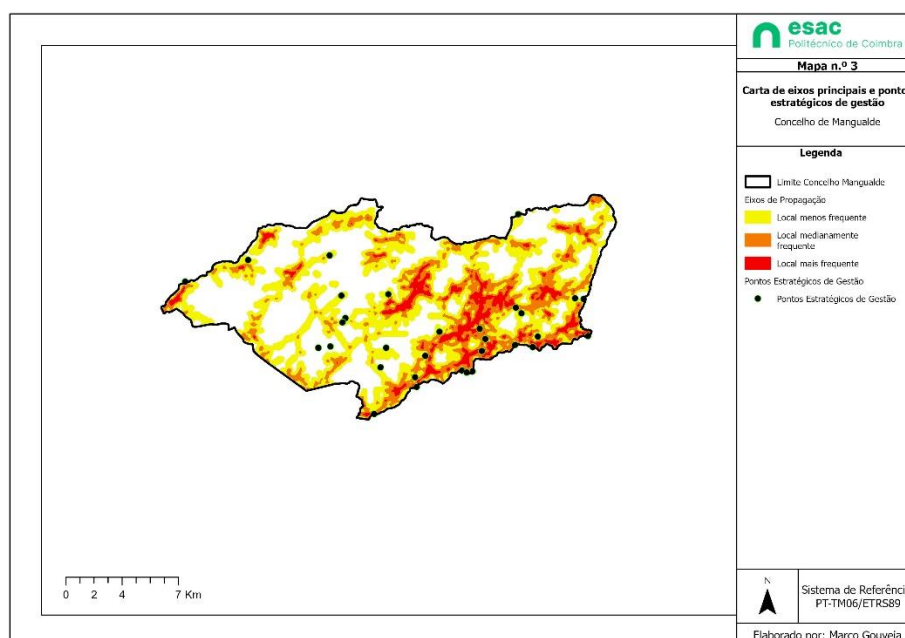


Figura 4 - Carta de eixos principais e pontos estratégicos de gestão

Foi verificado também a reincidência de incêndios florestais entre 1990 e 2019, onde segundo (Câmara Municipal de Mangualde, 2022), o grau de reincidência varia entre 0 e 11 vezes, revelando períodos curtos de retorno em algumas áreas e que coincide com grande parte dos eixos de propagação identificados anteriormente Figura 5.

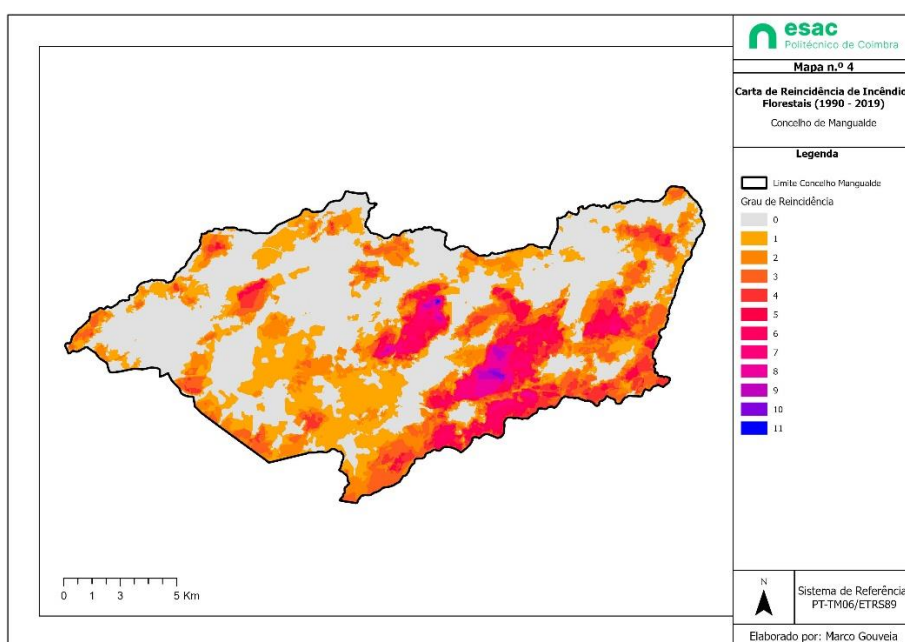


Figura 5 - Carta de Reincidência de Incêndios Florestais (1990-2019)

Depois desta análise foram identificadas as áreas correspondentes e elaborada a proposta de alteração do uso e ocupação do solo, com recurso a parcelas com intervenção de fogo controlado, sendo este o método mais em conta em relação aos custos, assim como parcelas de instalação de folhosas e alteração do uso para o uso agrícola, esta última devido à zona se encontrar junto de uma zona vinícola. No total, esta proposta contempla 232 parcelas no total de 1639,8678 hectares, sendo proposto a intervenção com recurso a fogo controlado em 862,8062 hectares, das quais 747,2671 hectares correspondem a plantações de folhosas diversas e por último 29,7945 hectares a alteração do uso atual que na maioria é com o uso de matos para uso agrícola Figura 6.

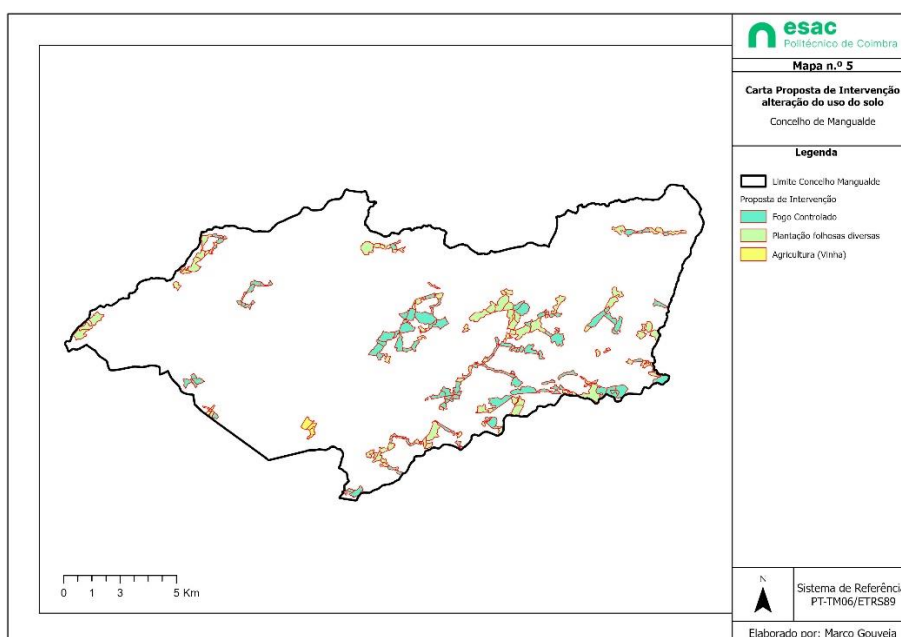


Figura 6 - Carta Proposta de Intervenção alteração do uso do solo

Esta proposta foi comparada com o uso atual nas simulações efetuadas com recurso ao *FlamMap* 6.2 de forma a verificar se as parcelas cumpriam com os objetivos propostos para a sua implementação.

De acordo com as seguintes tabelas, (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4) foram gerados os dados de entrada. As diferentes camadas raster de informação geográficas foram tratadas através do software ArcGis Pro, com uma resolução de 10 metros. Os rasters foram de seguida convertidos em formato ASCII *Raster Grid* de forma a serem suportados pelo simulador Figura 7.

Os dados referentes à topografia, resultaram dos ficheiros de curvas de nível e pontos cotados, cedidos pelo município, aplicando a função TIN (Triangulated Irregular Network) para criação do Modelo Digital de Elevações (MDE), sendo o mesmo convertido em formato raster, foram gerados também os raster de elevações e o de exposição Figura 8.



Figura 7 - Esquema do processo de preparação de dados para o FlamMap, relativos à topografia

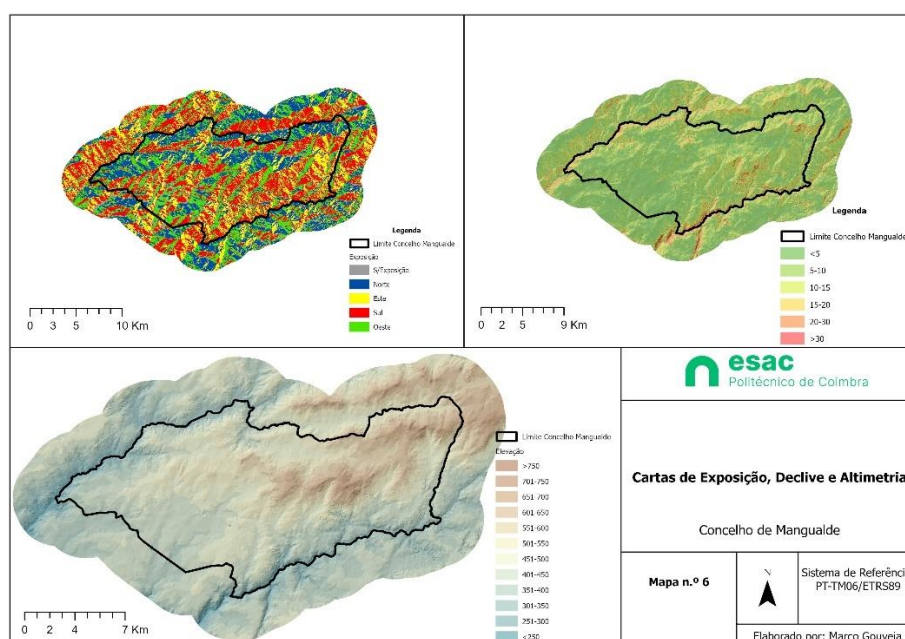


Figura 8 - Cartas de Exposição, Declives e Altimetria

Para caracterizar as condições meteorológicas foram utilizados os dados da Tabela 3 referente à meteorologia com condições favoráveis para a propagação de incêndios e a Tabela 4 corresponde a condições meteorológicas mais amenas, mais propriamente o aumento da humidade relativa, o que não deixa de proporcionar condições propícias para a propagação de incêndios, sendo com menor intensidade. O ficheiro correspondente foi preenchido de forma a o mesmo ser aceite pelo software Figura 9.

Record	Date	Temperature (°C)	RH (%)	Precipitation (mm)	Wind Speed (km/h)	Wind Direction (°)	Cloud Cover (%)
1	07/15/17 00:00	20	65	0,000	5	115	0
2	07/15/17 01:00	20	68	0,000	7	78	0
3	07/15/17 02:00	20	68	0,000	6	86	0
4	07/15/17 03:00	20	67	0,000	13	69	0
5	07/15/17 04:00	20	57	0,000	20	48	0
6	07/15/17 05:00	19	51	0,000	20	33	0
7	07/15/17 06:00	19	47	0,000	20	45	0
8	07/15/17 07:00	20	44	0,000	20	48	0
9	07/15/17 08:00	22	41	0,000	18	60	0
10	07/15/17 09:00	25	39	0,000	18	71	0
11	07/15/17 10:00	27	36	0,000	18	72	0
12	07/15/17 11:00	30	32	0,000	16	80	0
13	07/15/17 12:00	31	30	0,000	15	100	0
14	07/15/17 13:00	32	28	0,000	15	129	0
15	07/15/17 14:00	34	25	0,000	8	179	0
16	07/15/17 15:00	35	24	0,000	6	157	0
17	07/15/17 16:00	35	23	0,000	8	170	0
18	07/15/17 17:00	33	35	0,000	17	282	0
19	07/15/17 18:00	30	43	0,000	21	288	0
20	07/15/17 19:00	28	47	0,000	18	291	0
21	07/15/17 20:00	26	52	0,000	13	275	0
22	07/15/17 21:00	24	53	0,000	6	180	0
23	07/15/17 22:00	23	54	0,000	5	138	0
24							

Figura 9 - Introdução de registos meteorológicos no FlamMap 6.2

Como já referido anteriormente a carta de combustível resultou da associação dos modelos de combustível com a COS 2018 segundo (Fernandes & Loureiro, 2021), como Figura 3.

Para o coberto de copas foi usado o produto “The Cover Density 2018” do Copernicus Land (Copernicus, 2018) onde foi aplicado o Zonal Statistics as Table de forma a calcular o valor das células e assim atribuir o valor correspondente a cada uma. Foi utilizado o mesmo método para obtenção dos valores para altura dos povoamentos (Potapov et al., 2021).

Para o cálculo da Densidade de Copas foi usada a seguinte equação;

$$\text{CBD em função de coberto de copas:}$$

$$\text{CBD} = 0.0015205 \cdot \text{CC}$$

Figura 10 - Equação do cálculo da Densidade de Copas

Quanto a Altura da Base de Copas, foi usada a seguinte equação;

CBH = a*H^b		CBH = altura da base da copa	H = altura povoamento
Coeficientes de equações para estimar CBH			
Modelo Combustível	a	b	
F-FOL; M-CAD		0,0381	1,757
M-ESC		0,5207	0,88
M-EUC		0,3609	1,172
F-PIN; M-PIN; F-RAC		0,2741	1,295

Figura 11 - Equação do cálculo da altura da base de copas

Estas duas equações foram gentilmente cedidas pelo Doutor Paulo Fernandes (Comunicação pessoal, 01 Out 2023).

Ao ficheiro da COS 2018 foram adicionados os modelos de combustível correspondentes a cada polígono, assim como os resultados do coberto de copas, altura do povoamento, densidade de copas e altura da base da copa. Foram criados os rasters correspondentes e a conversão para o formato ASCII Raster Grid Figura 12.

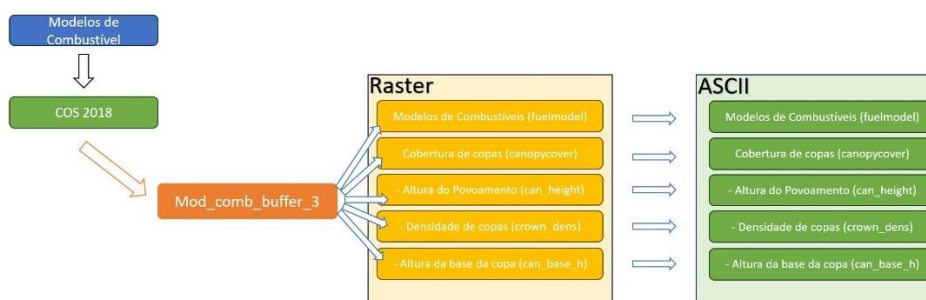


Figura 12 - Esquema do processo de elaboração dos mapas de combustível e coberto arbóreo

Para as Unidades de intervenção (parcelas), a propor alteração do uso, foi utilizada a ferramenta Update do Arcgis Pro de forma a adicionar as referidas unidades a carta de combustíveis, tendo procedido da mesma forma que o esquema anterior, onde também foram gerados os rasters correspondentes e de seguida a conversão dos mesmos para o formato ASCII Raster Grid.

Foi elaborado o ficheiro correspondente em relação aos parâmetros para cada modelo de combustível segundo (Fernandes & Loureiro, 2021) Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros dos modelos de combustível

FMCode	1H	10H	100H	LiveH	LiveW	FMType	1HSAV	LiveHSAV	LiveWSAV	Depth	XtMoist	DHT	LHT	FMName
F-EUC	2.07	1.32	0.57	0.00	0.50	static	1280	1280	1524	1.05	26	9021.4	8806.6	Euc folhada sem sub-bosque
F-FOL	1.19	0.57	0.31	0.00	0.52	static	1372	1676	1524	0.49	25	8806.6	8806.6	folhada de folhosas
F-PIN	2.90	0.67	0.00	0.00	0.00	static	1676	1676	1676	0.33	45	8806.6	9236.2	Pinhal folhada
F-RAC	1.67	0.89	0.45	0.00	0.53	static	1981	1500	1372	0.16	28	8806.6	8806.6	folhada de resinosas agulha curta
M-CAD	2.03	0.83	0.27	0.00	4.05	static	1829	1500	1524	2.07	30	8591.8	8591.8	Caducifólias com sub-bosque
M-ESC	2.52	0.67	0.21	0.00	3.52	static	1524	1500	1676	1.64	27	8806.6	8806.6	Quercus esclerófilos com sub-bosque
M-EUC	3.73	1.70	0.00	0.00	2.01	static	1433	1280	1524	2.10	32	9021.4	9021.4	Euc folhada com sub-bosque
M-EUCd	0.61	1.29	0.71	0.00	0.82	static	1372	1280	1524	1.31	26	9021.4	8806.6	Euc descontinuo
M-F	2.01	0.67	0.22	1.05	0.21	dynamic	1829	2438	1372	0.98	35	8337.0	8377.0	sub-bosque de fetos
M-H	1.21	0.45	0.00	0.29	0.04	dynamic	1676	2438	1372	0.33	30	8806.6	8806.6	sub-bosque de erva
M-PIN	3.22	1.34	0.00	0.00	3.07	static	1676	1676	1829	1.64	40	8806.6	9236.2	Pinhal folhada+sub-bosque
V-Ha	0.22	0.04	0.00	1.12	0.13	dynamic	1219	1829	1219	1.97	24	8162.2	8162.2	Herbáceas altas
V-Hb	0.13	0.00	0.00	0.54	0.00	dynamic	1829	1829	1829	1.15	24	8162.2	8162.2	Herbáceas curtas
V-MAa	4.24	1.12	0.00	0.00	6.47	static	1067	1219	1219	3.44	35	9021.4	9021.4	Urzal, tojal, carqueijal - alto
V-Mab	2.68	0.22	0.00	0.00	3.35	static	1372	1372	1372	1.64	35	9021.4	9021.4	Urzal, tojal, carqueijal
V-MH	0.45	0.45	0.00	0.67	2.45	dynamic	1372	2591	1219	1.80	25	8377.0	8377.0	Matriz herbáceo-arbustiva
V-MMa	2.68	1.78	0.00	0.00	5.80	static	762	914	914	5.58	24	8806.6	8806.6	Carrascal, esteval, giestal - alto
V-MMb	1.78	0.22	0.00	0.00	3.12	static	914	914	914	2.95	20	8806.6	8806.6	Carrascal, esteval, giestal - baixo

Field	Name	Data Type	English Units	Metric Units
FMNum	Fuel Model Number	integer	number 14-99	number 14-99
FMCode	Fuel Model Code	string	user defined up to 7 characters	user defined up to 7 characters
1H, 10H, 100H, LiveH, LiveW	Fuel Loading	decimal	tons/acre	metric tonnes/hectare
FMType	Fuel Model Type	string	"static" or "dynamic"	"static" or "dynamic"
1HSAV, LiveHSAV, LiveWSAV	Surface to Volume Ratio	integer	1/ft	1/cm
Depth	Fuel Bed Depth	decimal	ft	cm
XtMoist	Moisture of Extinction	integer	percent	percent
DHT, LHT	Heat Content, live & dead fuels	integer	BTU/lb	KJ/Kg
FMName	Fuel Model Name	string	user defined up to 256 characters	user defined up to 256 characters

De acordo com a Tabela 1 podemos verificar os modelos de combustível predominantes na área de estudo e para além destes foram ainda utilizados os modelos “nonburnable” NB1 (91), NB3 (93), NB8 (98) e NB9 (99) (Scott & Burgan, 2005), de forma a caracterizar as áreas urbanas, agrícolas, massas de água e solo nu, sendo estas zonas onde os incêndios não progridem por falta de carga de combustível.

Foram considerados os dados da Tabela 6, por falta de dados relativos ao teor da humidade dos combustíveis. Tendo alternado entre valores baixos médios e altos aos combustíveis mortos e vivos, respetivamente (Scott & Burgan, 2005).

Tabela 6 - Valores de teor de humidade (Fuel Moisture) de todos os modelos de combustível

Modelo de combustiveis	1 h	10 h	100 h	vivo herbáceo	Vivo lenhoso
212	6	8	10	125	100
213	6	8	10	125	100
214	6	8	10	125	100
221	6	8	10	125	100
222	6	8	10	125	100
223	6	8	10	125	100
226	6	8	10	125	100
227	6	8	10	125	100
232	6	8	10	125	100
233	6	8	10	125	100
235	6	8	10	125	100

Depois da preparação de todos os dados necessários, como já explicado anteriormente, procedeu-se a criação do ficheiro *Landscape* com a introdução das variáveis obtidas e convertidas em formato ASCII, tais como a altitude, declive, exposição, modelos de

combustível, cobertura de copas, altura do povoamento, densidade de copas e altura da base da copa Figura 13.

Landscape File Generation

Source Landscape File: Clear Fields Save As... Help

Projection File:

General

Latitude: 45 Grid Distance Units: Meters

Rows: 2002 Lower Left X: 16995.5822 CellSize: 10

Columns: 3434 Lower Left Y: 92304.560000001

	Source	Use LCP	Source Units	Constants
Required Themes				
Elevation:	D:\Estagio_GTR\...\altimetria.asc	☐	Meters	Constant: 0
Slope:	D:\Estagio_GTR\...\declive.asc	☐	Degrees	Constant: 0
Aspect:	D:\Estagio_GTR\...\exposicao.asc	☐	Degrees	Constant: 0
Fuel Model:	D:\Estagio_GTR\...\fuelmodel.asc	☐	Class	Constant: 1
Canopy Cover:	D:\Estagio_GT\...\canopycover.asc	☐	Percent	Constant: 50
Crown Fuels				
Include Crown Fuels	☒			
Stand Height:	D:\Estagio_GTF\...\can_height.asc	☐	Meters	Constant: 15
Canopy Base Height:	D:\Estagio_GT\...\can_base_h.asc	☐	Meters	Constant: 1
Canopy Bulk Density:	D:\Estagio_GT\...\crown_dens.asc	☐	kg/m³*100	Constant: 0.2

Description:

Figura 13 - Composição do ficheiro paisagem (Landscape file) no FlamMap 6.2

Após a criação do ficheiro da paisagem, foram introduzidos os dados referentes às condições da humidade dos combustíveis e das condições meteorológicas como já referido anteriormente e utilizada a função de cálculo de tempos mínimos para propagação do fogo (*Minimum Travel Time - MTT*).

Foi criado um ficheiro vetorial com pontos de ignições, através do histórico de pontos de início de incêndios. Para esta simulação foram utilizados alguns desses pontos, o ponto de ignição de 2012 foi localizado perto da localidade de Aldeia de Carvalho, em 2017 foram escolhidos dois pontos nas localidades de Santiago de Cassurrães e outro na Póvoa de Cervães, correspondendo a dois inícios de incêndios no mesmo dia separados por alguns minutos que vieram a afetar zonas com bastante reincidência de incêndios sendo esta uma das zonas a propor alteração de uso e ocupação do solo em locais estratégicos. O outro ponto de ignição foi referente ao ano de 2019 que teve início na localidade de Abrunhosa a Velha Figura 14.

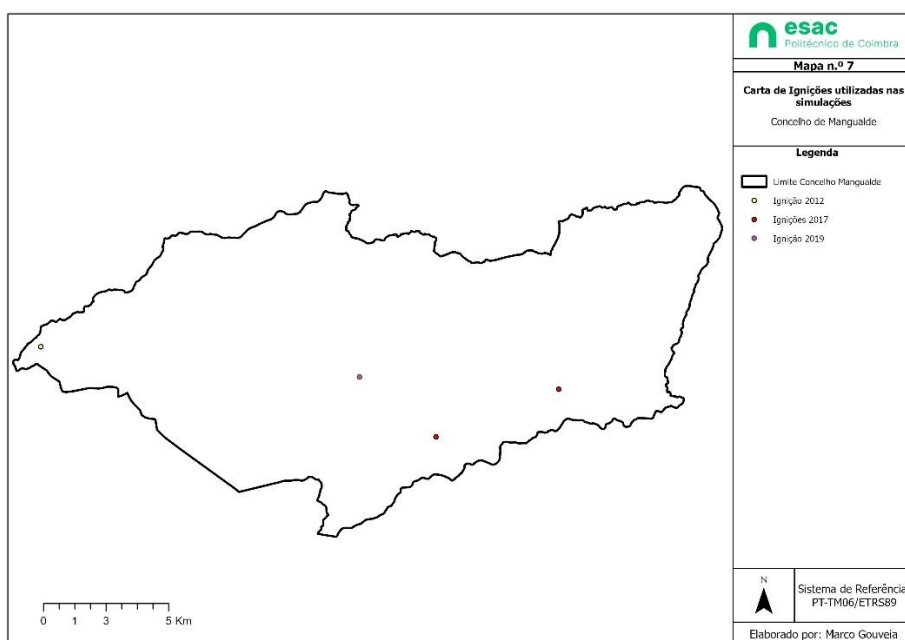


Figura 14 - Carta de Ignições utilizadas nas simulações

Estas ignições foram testadas e comparadas entre si, utilizando a paisagem atual e a paisagem com as alterações propostas, resultado da análise dos eixos principais de propagação, e reincidência de incêndios, como poderá ser verificado no ponto seguinte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se seguidamente os resultados analisando os parâmetros do comportamento do fogo com recurso a opção Fire Behavior. Para além destes foram obtidos também os resultados da taxa de propagação do fogo, tempo de chegada e intensidade da frente de chama recorrendo à função tempo mínimo de percurso, Minimum Travel Time (MTT), separados por os anos correspondentes, refletindo os anos das ignições já referidas anteriormente.

Comparando a paisagem inicial com a paisagem proposta, contemplando também a comparação entre a paisagem proposta com condições meteorológicas menos propícias para a propagação de incêndios.

Foi elaborada a Tabela 7, tendo a mesma sido adaptada de Fernandes (2006) e Alexander & Lanoville (1989), fazendo uma comparação entre os parâmetros do comportamento do fogo e a eficiência dos meios de combate, classificando os mesmos em cinco classes de reduzida a extrema.

Sendo esta uma forma expedita para a comparação entre o uso atual e a proposta, conseguindo assim através das classes identificadas fazer uma ligação com a eficiência no combate.

Tabela 7 -Relação entre os parâmetros do comportamento do fogo, intensidade do incêndio e a eficiência dos meios de combate

Classificação do risco de Incêndio	Comprimento de Chama (m)	Intensidade da frente de chama (Kw/m)	Taxa de propagação (m/min)	Descrição e interpretação	Eficiência Combate
Reduzida	< 1,3	< 500	0 - 0,8	Fogo de superfície de baixa intensidade. Facilmente controlável por ataque direto com equipamento sapador	Material Sapador
Moderada	1,3 - 2,5	500 - 2000	0,8 - 3	Fogo de superfície de intensidade moderada. Controlo moderadamente fácil com meios terrestres.	Material mecânico / água sobre pressão
Elevada	2,5 - 3,6	2000 - 4000	3 - 5	Fogo de intensidade elevada, que em meio florestal pode envolver parcialmente as copas. O controlo é difícil e deve recorrer a meios aéreos.	Necessário apoio de meios aéreos para combate à cabeça
Muito Elevada	3,6 - 5,8	4000 - 10000	5 - 13	Fogo de copas, de intensidade muito elevada. O controlo da frente é muito difícil.	Combate direto à cabeça muito difícil e provavelmente ineficaz
Extrema		> 10000	> 13	Fogo de Intensidade extrema. O controlo da frente é impossível.	Impossível

3.1 Análise uso atual vs proposta,

Com recurso a opção Fire Behavior foram selecionados os parâmetros do comportamento do fogo, comprimento de chama, taxa de propagação e intensidade da frente de chamas.

A Figura 15 apresenta a comparação entre as três simulações em relação ao comprimento de chama. Como pode ser verificado a existência de redução de área em comparação com o uso atual e a proposta, principalmente nas áreas com potencialidade para atingir comprimentos de chama de 6 metros de altura, estando estas áreas classificadas como de risco extremo. Já nas áreas classificadas com comprimento de chama de 1,20 metros existe um aumento em relação ao uso atual, aumento este também resultado da alteração do uso do solo, conseguindo assim um aumento de área para a classificação de risco de incêndio reduzida.

Quanto à proposta com meteorologia amena, já era espectável melhores resultados em comparação com o uso atual.

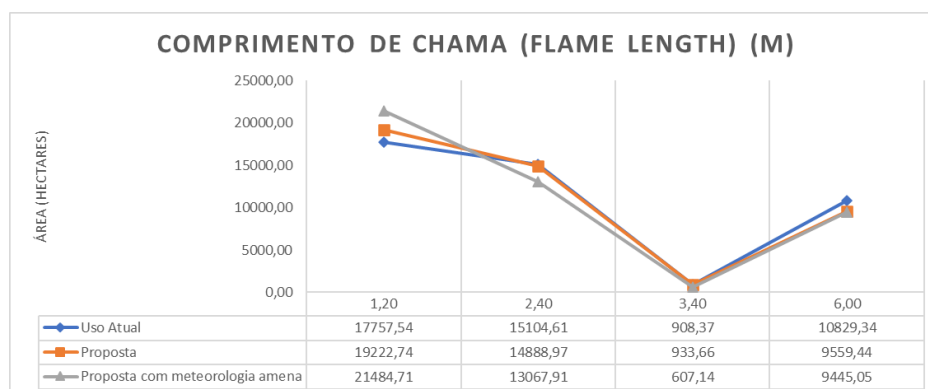


Figura 15 - Fire Behavior output - Comprimento de chama

Quanto à taxa de propagação pode-se verificar reduções das taxas mais altas em comparação quer da proposta como da proposta com meteorologia amena. Existindo um aumento significativo das áreas com taxas mais baixas na proposta com meteorologia amena (Figura 16).

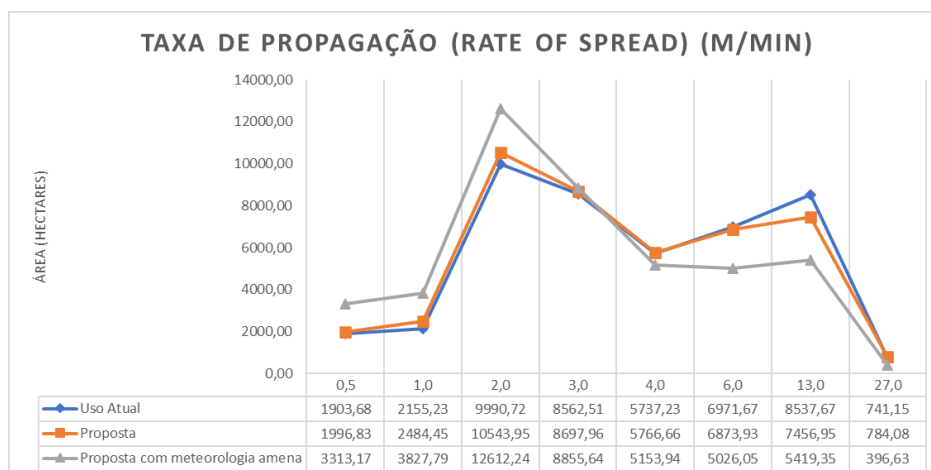


Figura 16 - Fire Behavior output - Taxa de propagação

Os resultados em relação a intensidade da frente de chamas, apresentam uma redução, mas não muito significativa entre as três simulações. Na classe dos 10000 Kw/m é onde se destaca uma melhoria das simulações da proposta e da proposta com meteorologia amena e um aumento de área na classe de 350 Kw/m (Figura 17).

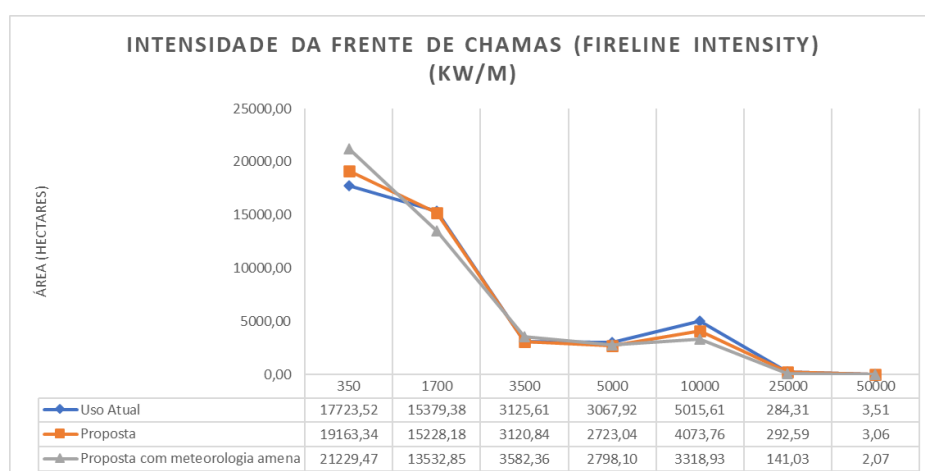


Figura 17 - Fire Behavior output - Intensidade da frente de chamas

3.2 Caso de estudo – Ignições 2012 com MTT

Como já referido anteriormente foi utilizada a função de tempo mínimo de percurso (MTT), utilizando uma ignição ocorrida no ano de 2012, esta com início perto da localidade de Aldeia de Carvalho. Foram analisados os parâmetros a nível da taxa de propagação do fogo, tempo de chegada e intensidade da frente de chama.

A Figura 18, apresenta os resultados a nível da taxa de propagação do fogo, onde se pode verificar que a taxa de propagação quer da proposta assim como da proposta com meteorologia, exhibe reduções da taxa em comparação com o uso atual. Notando-se de forma mais significativa essas reduções nas classes mais altas, conseguindo assim reduzir a área com as classes de risco de incêndio, extrema, muito elevada e elevada.

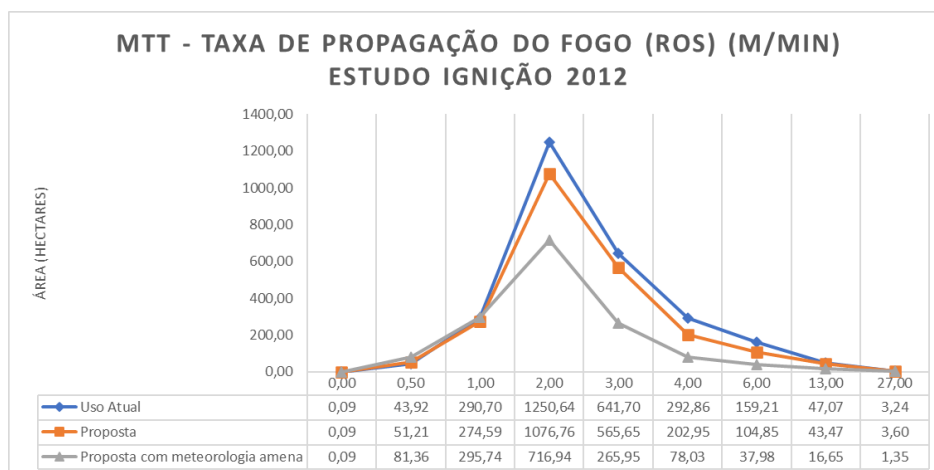


Figura 18 - Caso de estudo 2012 - Taxa de propagação do fogo (MTT)

O tempo de chegada apresenta o tempo decorrido quando o fogo chegou a cada nodo, como era espectável a proposta com meteorologia amena apresenta menor área com tempo de chegada maiores, existindo também redução em comparação entre o uso atual com a proposta (Figura 19).

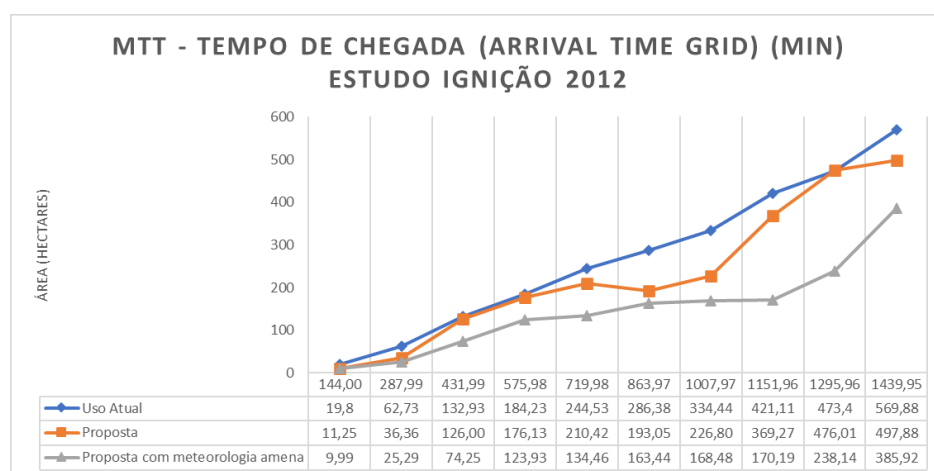


Figura 19 - Caso de estudo 2012 - Tempo de chegada (MTT)

Quanto ao parâmetro da intensidade da frente de chama, pode-se constatar da inexistência de áreas acima dos 10000 Kw/m, ou seja, segundo a Tabela 7, não temos áreas classificadas quanto ao risco de incêndio extremo. Pode-se verificar uma redução quer na proposta como na proposta com meteorologia amena em comparação com o uso atual, conseguindo assim também reduzir as áreas de muito elevada e elevada (Figura 20).

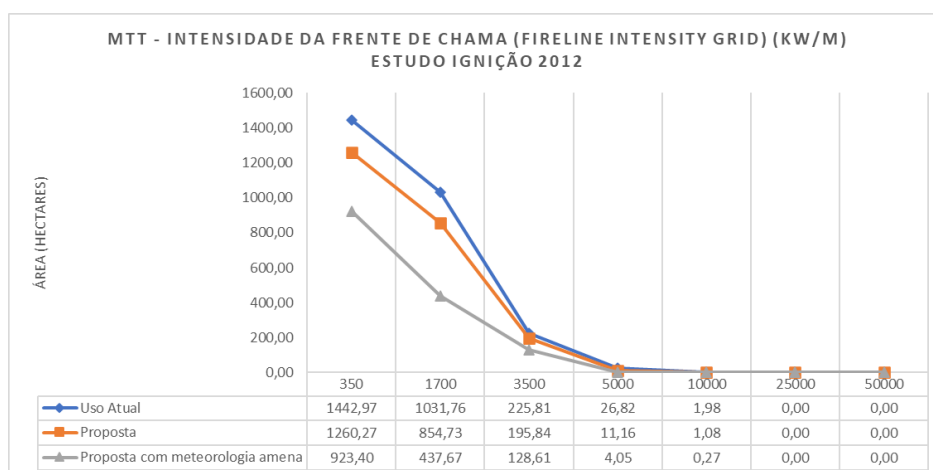


Figura 20 - Caso de estudo 2012 - Intensidade da frente de chama (MTT)

3.3 Caso de estudo – Ignição 2017 com MTT

Foi feito o mesmo procedimento que do ponto anterior, tendo neste caso utilizado duas ignições junto das localidades de Santiago de Cassurrães e Póvoa de Cervães, visto esta ser uma zona de muita reincidência de incêndios e tendo também sido uma zona a ter em conta na proposta.

À semelhança da análise anterior também podemos constatar a redução de área nas classes mais altas e um aumento de área nas classes mais baixas, em relação a taxa de propagação do fogo. Como já referido anteriormente e neste estudo também se confirma melhorias na proposta como na proposta com meteorologia amena (Figura 21).

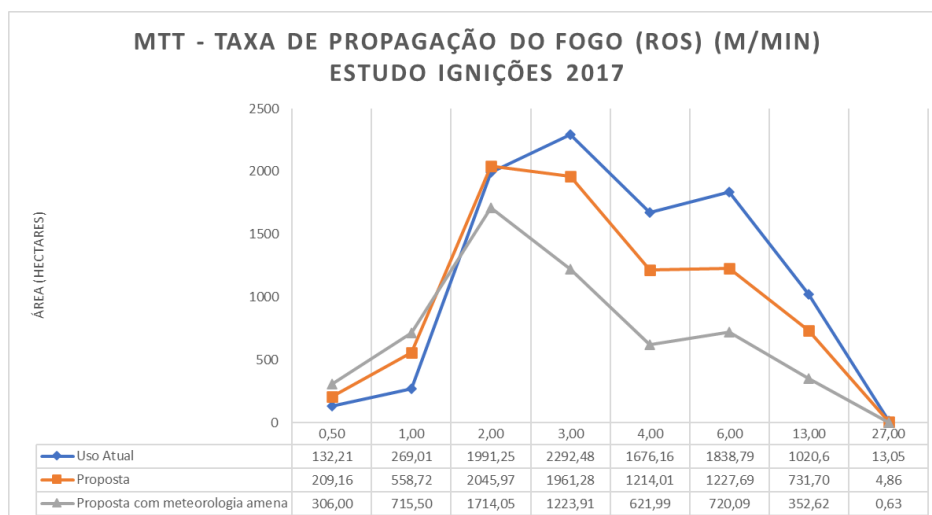


Figura 21 - Caso de estudo 2017 - Taxa de propagação do fogo (MTT)

A Figura 22 apresenta os resultados quanto ao tempo de chegada, onde também se pode verificar uma redução de áreas por todas as classes, sendo que a proposta apresenta só um aumento de área na classe dos 1439,95 minutos.

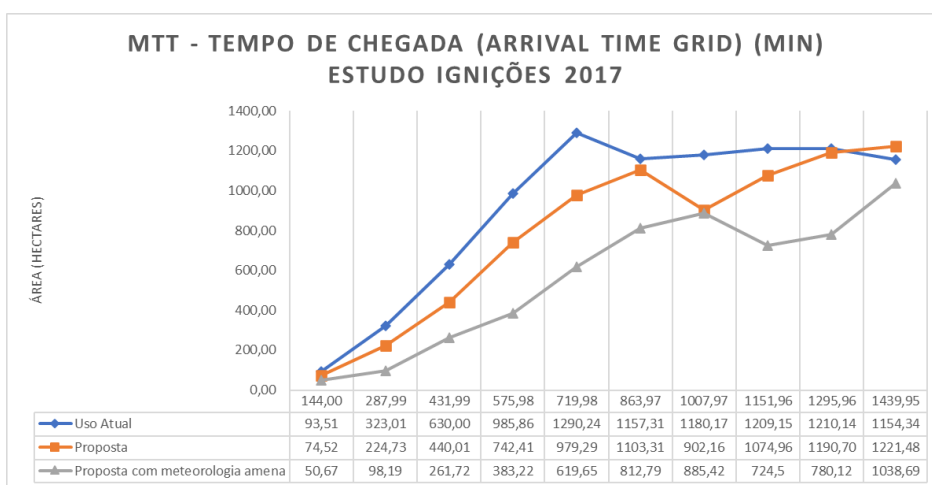


Figura 22 - Caso de estudo 2017 - Tempo de chegada (MTT)

Neste estudo, no uso atual já temos alguma área com intensidades de frente de chama acima dos 10000 Kw/m, estando esta classificada com risco de incêndio extrema, mas esta área de 6,48 hectares já é reduzida para 0,81 hectares em comparação com a proposta e deixa de existir com a proposta com meteorologia amena. Quanto às restantes classes a proposta apresenta sempre melhores resultados, tendo na classe dos 350 Kw/m um aumento em relação ao uso atual (Figura 23).

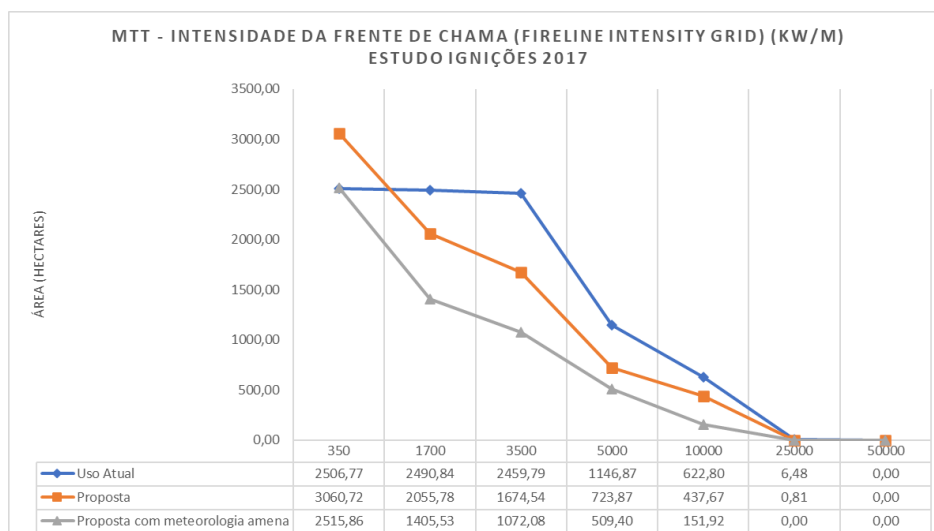


Figura 23 - Caso de estudo 2017 - Intensidade da frente de chamas (MTT)

3.4 Caso de estudo – Ignição 2019 com MTT

Foi utilizada uma ignição na Abrunhosa a Velha sendo esta também uma zona com bastante potencialidade e reincidência de incêndios. Aqui também podemos constatar o que verificamos nos estudos anteriores, onde existe uma melhoria em relação ao uso atual.

Quanto à taxa de propagação conseguimos reduções de áreas nas classes mais altas por vezes para mais de metade da área no uso atual (Figura 24).

A Figura 25, apresenta os resultados em relação ao tempo de chegada onde poderemos verificar reduções significativas nas classes mais baixas, tendo só existido um aumento de área na proposta na classe de tempo de 1007,97 minutos.

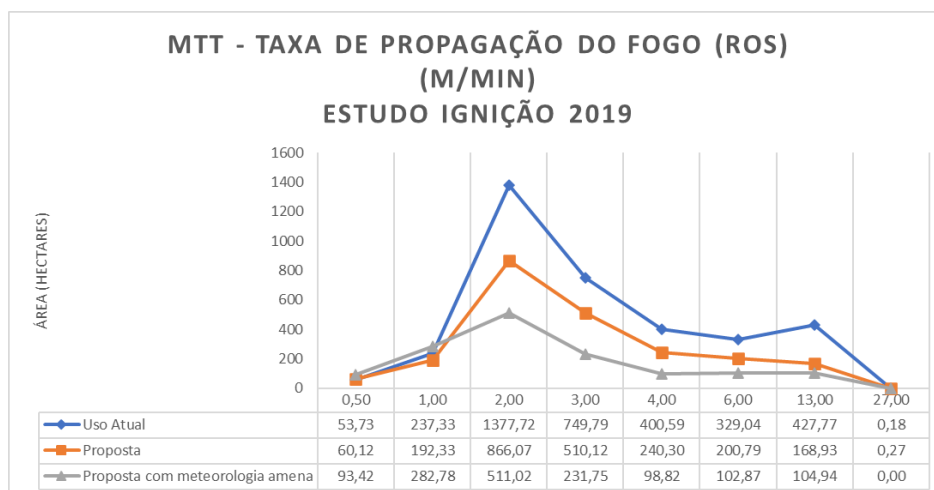


Figura 24 - Caso de estudo 2019 - Taxa de propagação do fogo (MTT)

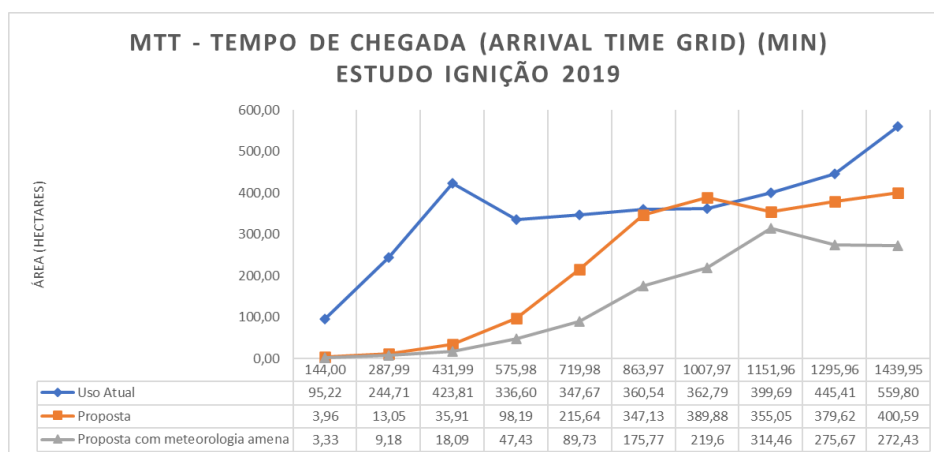


Figura 25 - Caso de estudo 2019 - Tempo de chegada (MTT)

Em relação à intensidade de chama Figura 26, também não temos área afeta às classes acima dos 10000 Kw/m, por todas as outras classes podemos verificar uma redução em relação ao uso atual.

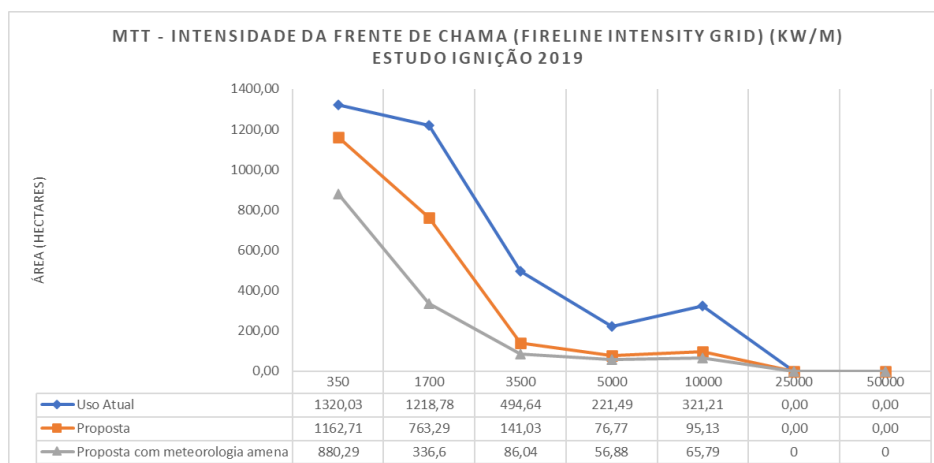


Figura 26 - Caso de estudo 2019 - Intensidade da frente de chama (MTT)

3.5 Estudo Ignições 2012/2017/2019 com MTT

A título de resumo foi feita uma simulação comparativa entre o uso atual e a proposta onde foram utilizadas as ignições ao mesmo tempo. Podemos constatar o que já foi verificado com as ignições de forma individual, a existência de melhorias em comparação com o uso atual.

Nos três parâmetros do comportamento analisados, taxa de propagação Figura 27, tempo de chegada Figura 28 e intensidade da frente de chama Figura 29, os resultados obtidos foram animadores, sendo estes mais baixos em comparação entre o uso atual e a proposta.

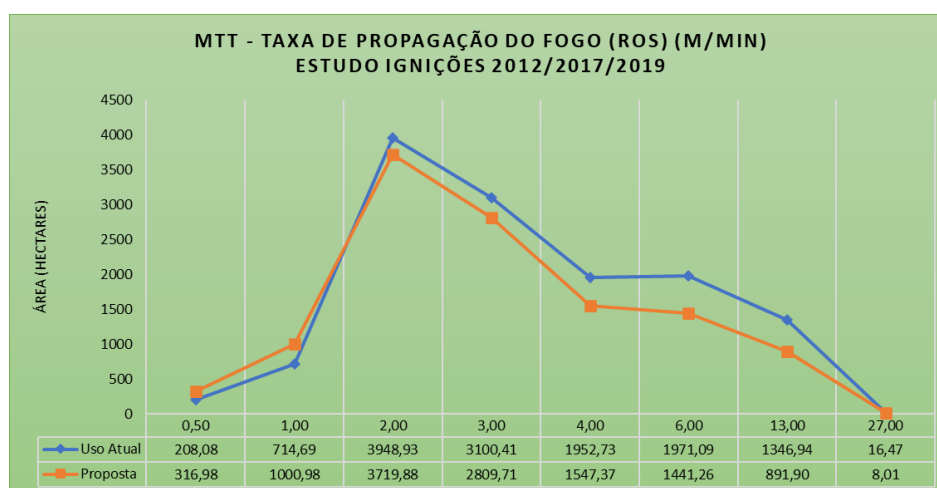


Figura 27 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Taxa de propagação do fogo (MTT)

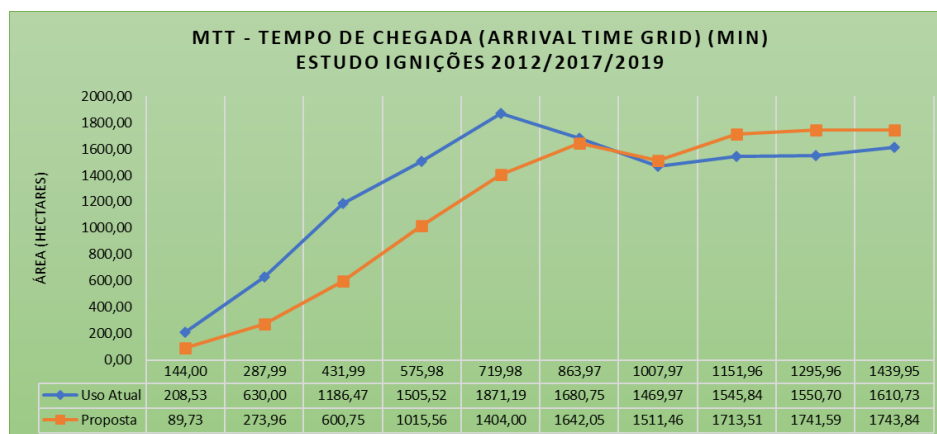


Figura 28 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Tempo de chegada (MTT)

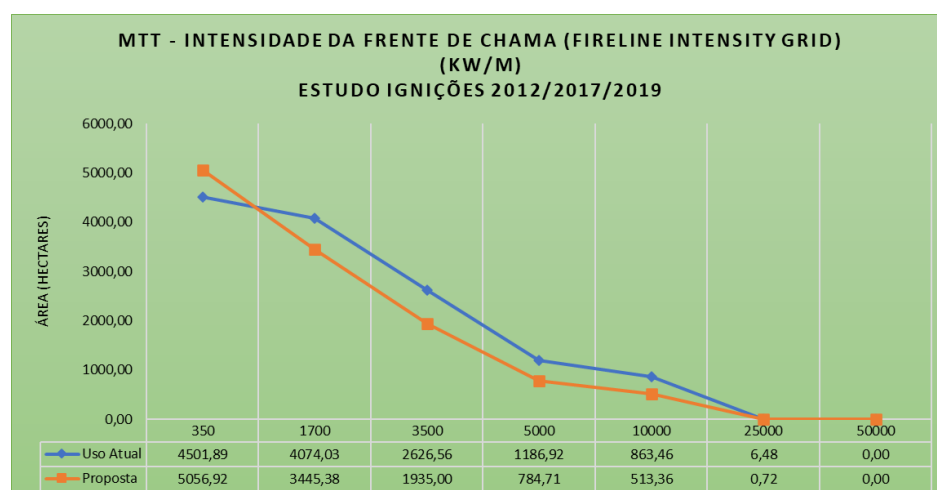


Figura 29 - Casos de estudo 2012/2017/2019 - Intensidade da frente de chama (MTT)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo baseou-se na análise da paisagem atual do concelho de Mangualde, mais propriamente em relação ao uso e ocupação do solo, fazendo a comparação do estado atual e apresentando uma proposta de alteração de uso do solo de forma a minimizar o desenvolvimento dos incêndios.

Para isso recorri ao Arcgis Pro de forma a fazer a preparação dos dados, assim como a sua utilização no Simulador *FlamMap* 6.2, para validar a proposta a apresentar. Foi feita a associação da COS 2018 com os modelos de combustível para Portugal segundo (Fernandes & Loureiro, 2021), para desenvolvimento da carta de combustíveis.

Para a elaboração da proposta foi analisado o histórico de incêndio, sua recorrência e o estudo da Análise da Suscetibilidade de Incêndio Rural em Portugal Continental (Pahl consulting, 2020), este define os eixos principais de propagação dos incêndios, assim como pontos estratégicos de gestão. As parcelas (unidades de intervenção), foram implementadas com o intuito de reduzir, ou até extinguir zonas com elevado potencial de desenvolvimento de incêndios.

Os modelos de combustível foram associados à COS 2018 segundo conhecimento empírico, sendo necessário reter que os modelos de combustível utilizados têm a possibilidade da existência de um certo grau de erro na caracterização dos mesmos. A par destes dados também foram utilizados dados referentes às condições meteorológicas e topografia inseridos no simulador e também sujeitos a um grau de erro devido a vários fatores.

Considero o *FlamMap* 6.2 uma boa ferramenta para simulação do comportamento do fogo, pois com este consegue-se fazer uma análise dos combustíveis presentes tendo como objetivo a prevenção e combate a incêndios.

Os resultados obtidos nas simulações comprovam que fazendo a alteração do uso do solo em locais específicos e estratégicos é uma vantagem para a diminuição da propagação e desenvolvimento dos incêndios neste concelho, tendo também um papel bastante importante no combate, pois as unidades de intervenção contempladas na proposta, foram colocadas em zonas bastante específicas e de forma à minimização, ou até ao confinamento destas zonas com bastante potencial de incêndios. Estas unidades de intervenção também têm um papel de

redução da carga de combustível, podendo estas terem a possibilidade de serem utilizadas para a execução de manobras de fogo tático e ou de supressão.

Por norma é feito um investimento anual excessivo para a execução das faixas de gestão de combustível pelas entidades detentoras, em alguns casos até mais do que uma vez ao ano, assim dentro da minha perspetiva e resultado do estudo podemos verificar que se fizermos a alteração do uso e ocupação do solo em pontos previamente definidos e com recurso a espécies folhosas mais resilientes ao fogo, alteração para atividades silvo pastorícia e agropecuária, o uso da agricultura, bem como a recorrência ao uso do fogo controlado podemos fazer uma gestão mais rentável e eficaz.

Para a operacionalização e concretização da proposta, é importante dinamizar ações de sensibilização de forma a informar a população sobre a importância das ações propostas, propor a redução de taxas municipais para os proprietários aderentes e que demonstrem cumprimento no proposto. Apoio a elaboração de projetos nas áreas a reconverter, as despesas das parcelas identificadas com fogo controlado, na sua execução e preparação fiquem a cargo do município. Por último, proposta de prémios para os proprietários que apresentem projetos de arborização ou rearborização, nas áreas propostas, ou outras que sejam consideradas de interesse, desde que cumpram com os requisitos propostos, tais como, promover a gestão ativa dos territórios florestais e promover uma mudança na atitude no proprietário, religando-o à propriedade.

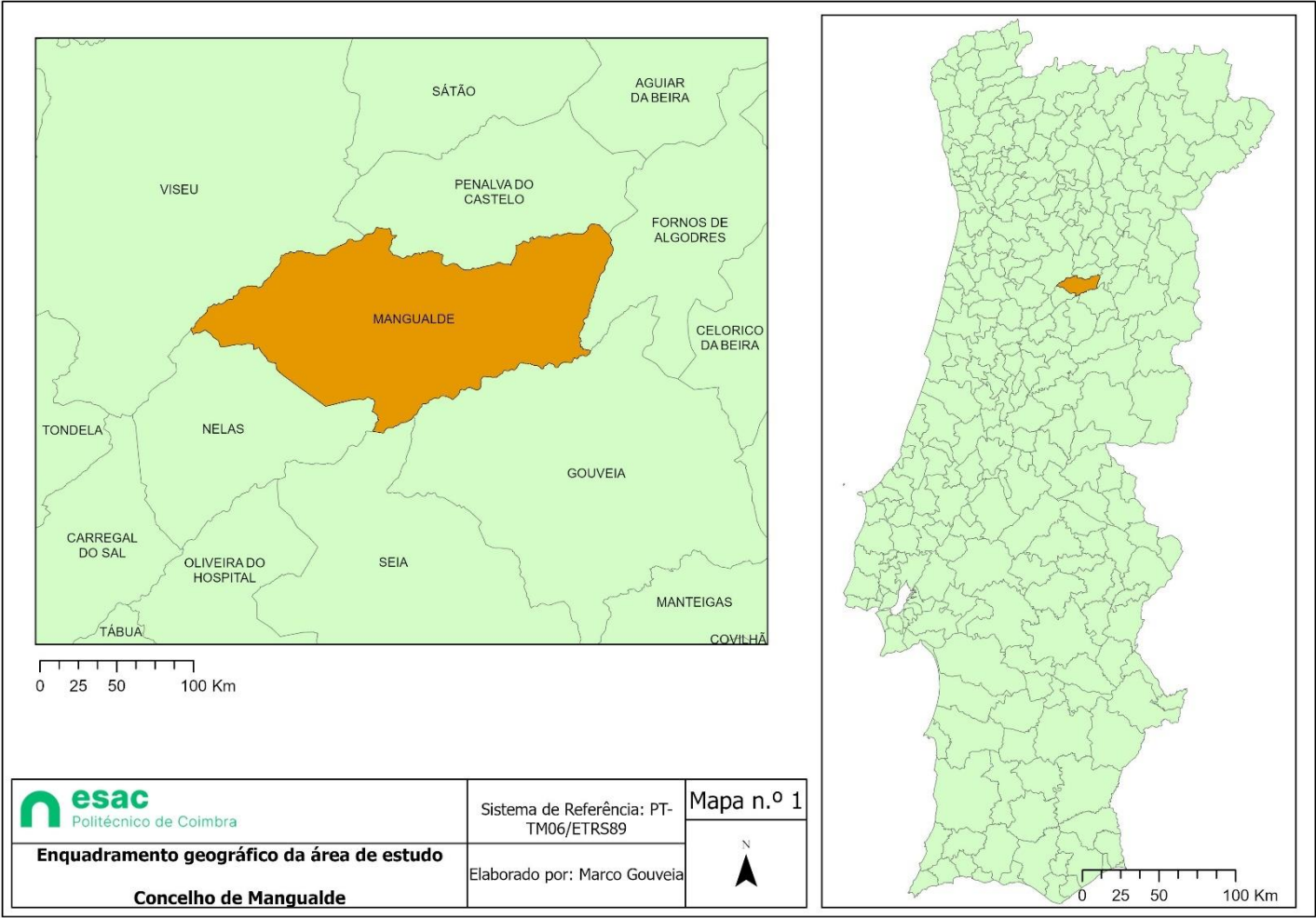
Seria importante e interessante no futuro uma caracterização mais cuidada dos modelos de combustível existente no concelho, para as simulações futuras se aproximarem mais da realidade e até o aumento de unidades de intervenção.

5 BIBLIOGRAFIA

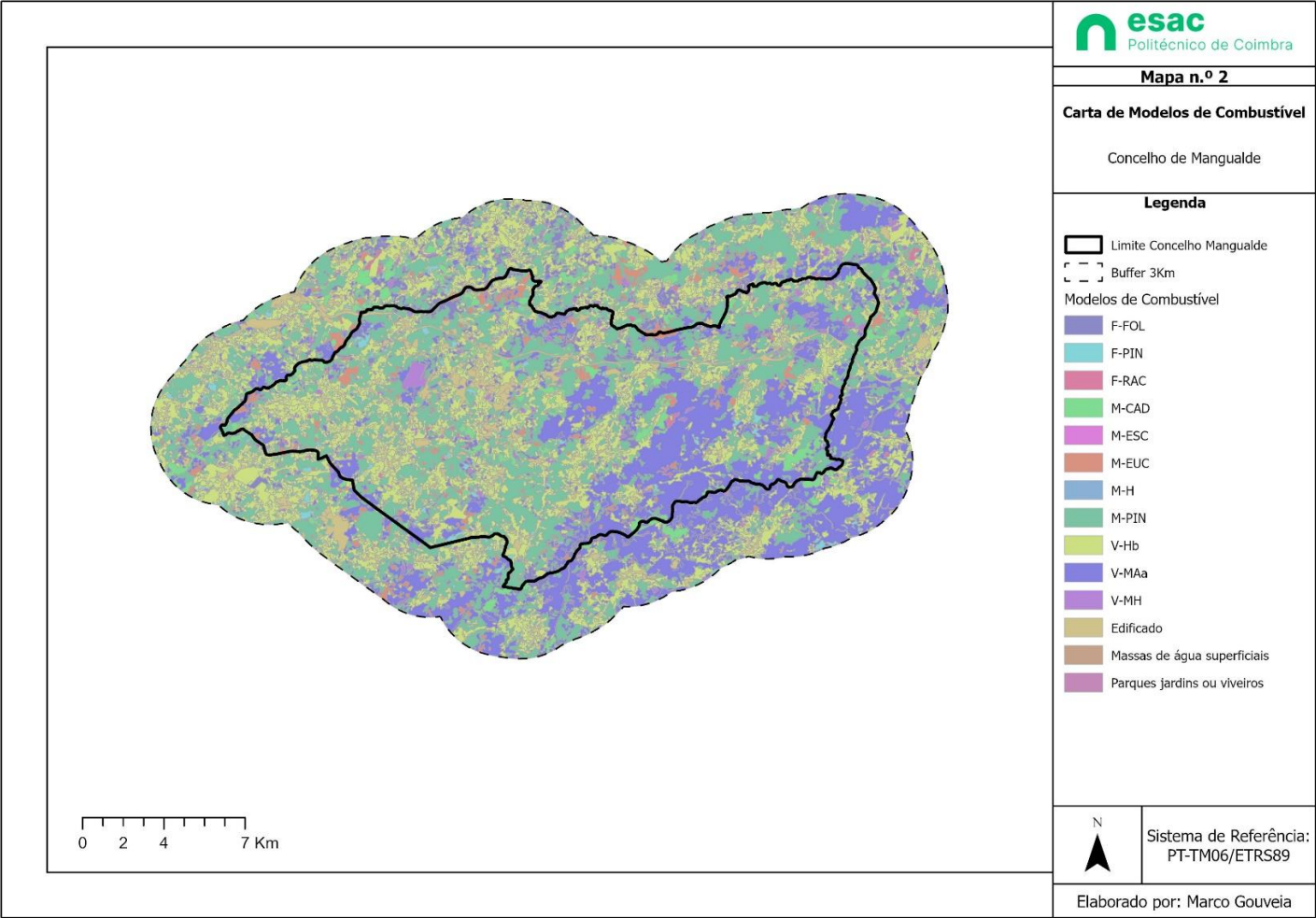
- Alcasena, F., Ager, A., Le Page, Y., Bessa, P., Loureiro, C., & Oliveira, T. (2021). Assessing Wildfire Exposure to Communities and Protected Areas in Portugal. *Fire*, 4(4), 82. <https://doi.org/10.3390/fire4040082>
- Alexander, M. E., & Lanoville, R. A. (1989). Predicting fire behavior in the black spruce-lichen woodland fuel type of western and northern Canada. *For. Cam., Territ. For. Fire Cent., Fort Smith, Northwest Territories*.
- Câmara Municipal de Mangualde. (2022). Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios.
- Copernicus. (2018). Copernicus. <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density/tree-cover-density-2018?tab=metadata&fbclid=IwAR1JlXJbzuLZjCmU0Mzju4EFAqcPmX4G7MNMIO3dWUWfHKjanCUXHnfyH4>
- Fernandes, P. (2006). Uma metodologia expedita de classificação do perigo de incêndio para os Planos de Gestão Florestal. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3660.8888>
- Fernandes, P., & Loureiro, C. (2021). Modelos de combustível florestal para Portugal Documento de referência, versão de 2021.
- ICNF. (2015). IFN6 - Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental: Vol. v1.1. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.
- IPMA. (2022). Boletim climatológico. In Divisão de Clima e Alterações Climáticas.
- Oliveira, E. (2023). Manual de apoio ao uso de ferramentas de análise de incêndios rurais – Simuladores de propagação (E. De Oliveira, Ed.). <https://www.fogosflorestais.pt>
- Pahl consulting, I. I. (2020). Análise da Suscetibilidade de incêndio rural em Portugal continental - Modelo matemático de suporte à otimização da gestão preventiva da floresta (priorização de faixas e de mosaicos de parcelas de gestão de combustível).
- Potapov, P., Li, X., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Hansen, M. C., Kommareddy, A., Pickens, A., Turubanova, S., Tang, H., Silva, C. E., Armston, J., Dubayah, R., Blair, J. B., & Hofton, M. (2021). Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 253, 112165. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112165>
- Scott, J. H., & Burgan, R. E. (2005). Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model.
- eds, J. S., et al. (2007). Proteger a floresta - Incêndios, pragas e doenças, Vol. VIII, Coleção Árvores e Florestas de Portugal, Jornal Público/ Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento/ Liga para a Proteção da Natureza, Lisboa, 8. vol.

ANEXOS

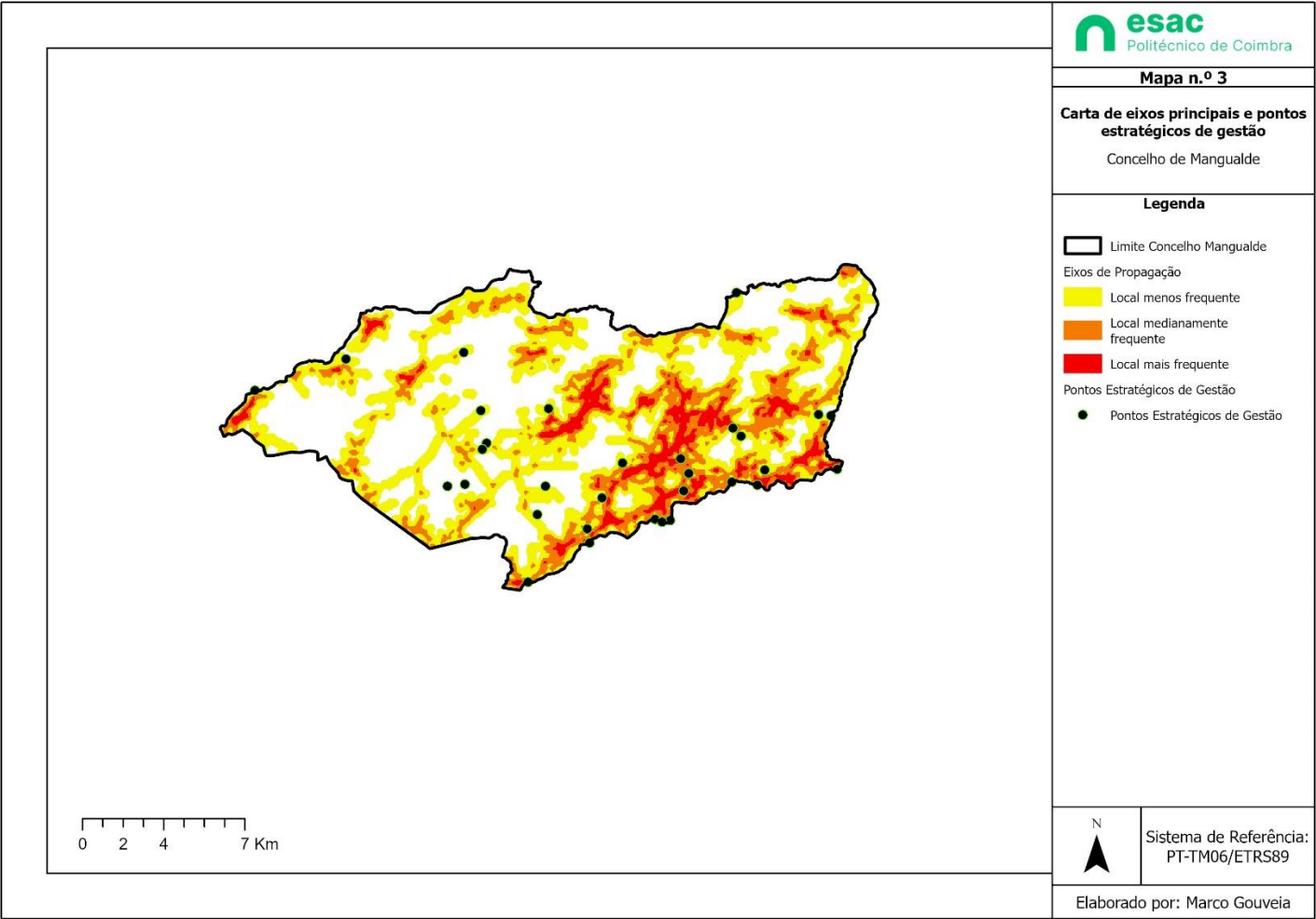
Anexo 1 - Carta de Enquadramento geográfico da área de estudo



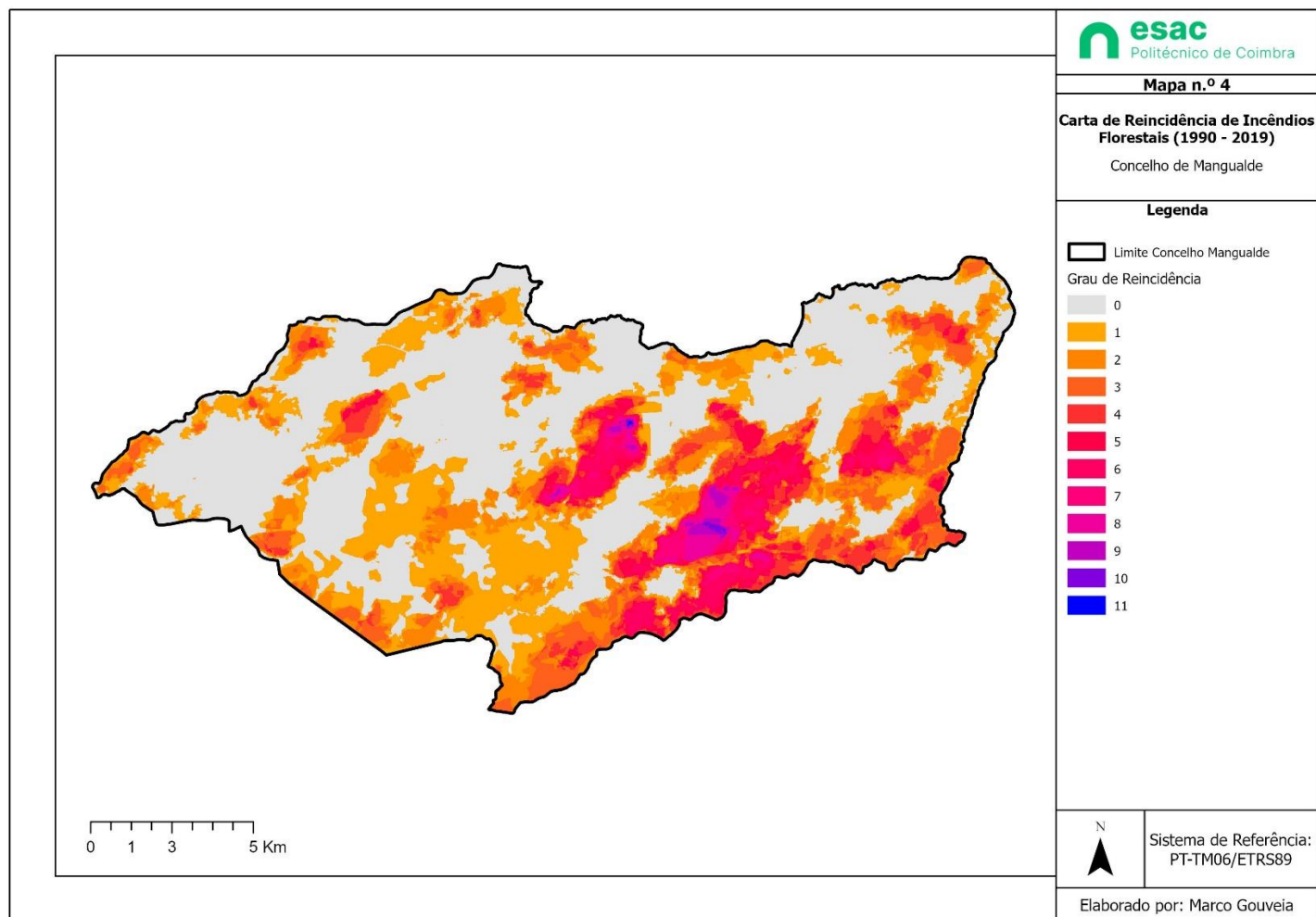
Anexo 2 – Carta de Modelos de Combustível



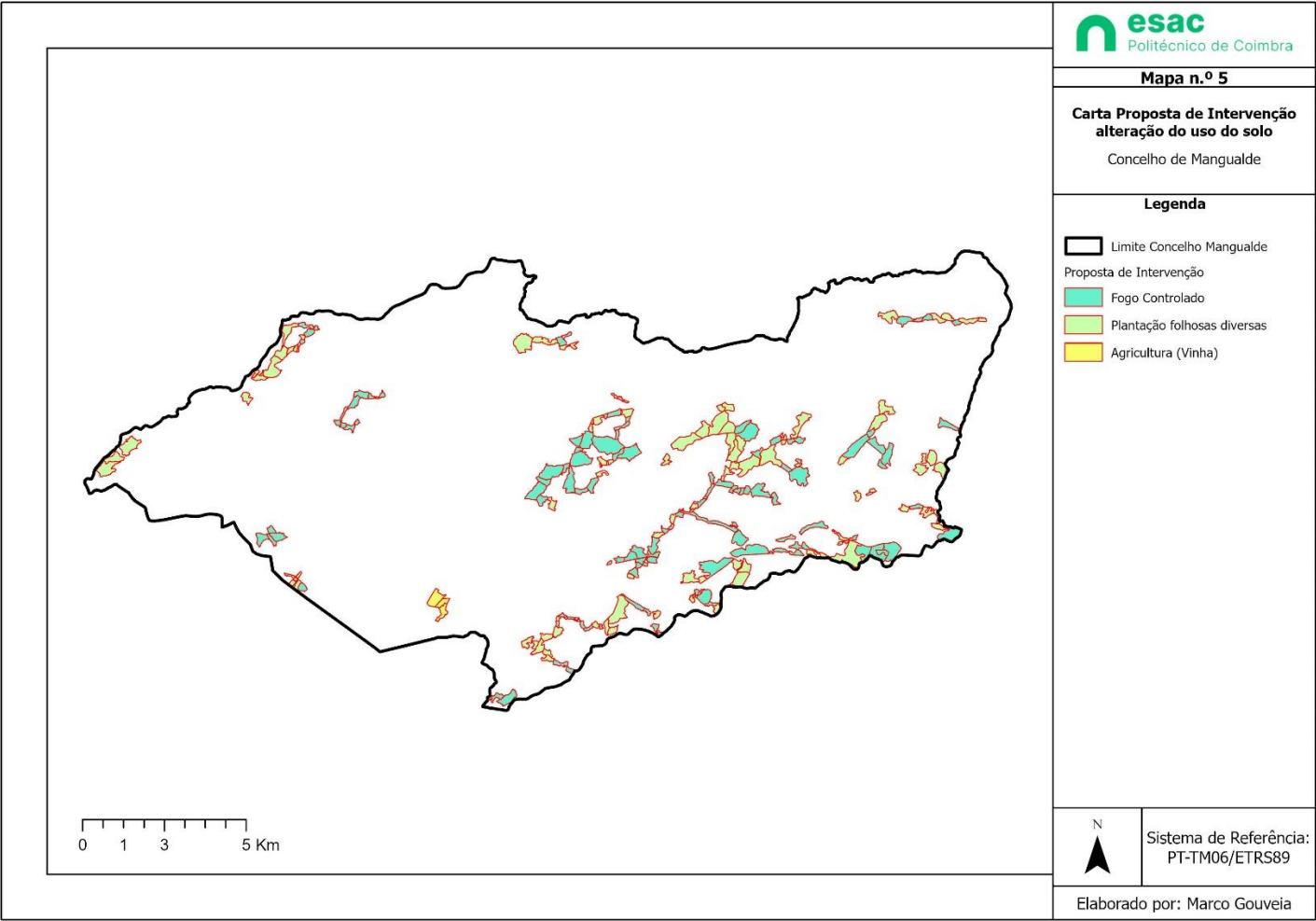
Anexo 3 – Carta de eixos principais e pontos estratégicos de gestão



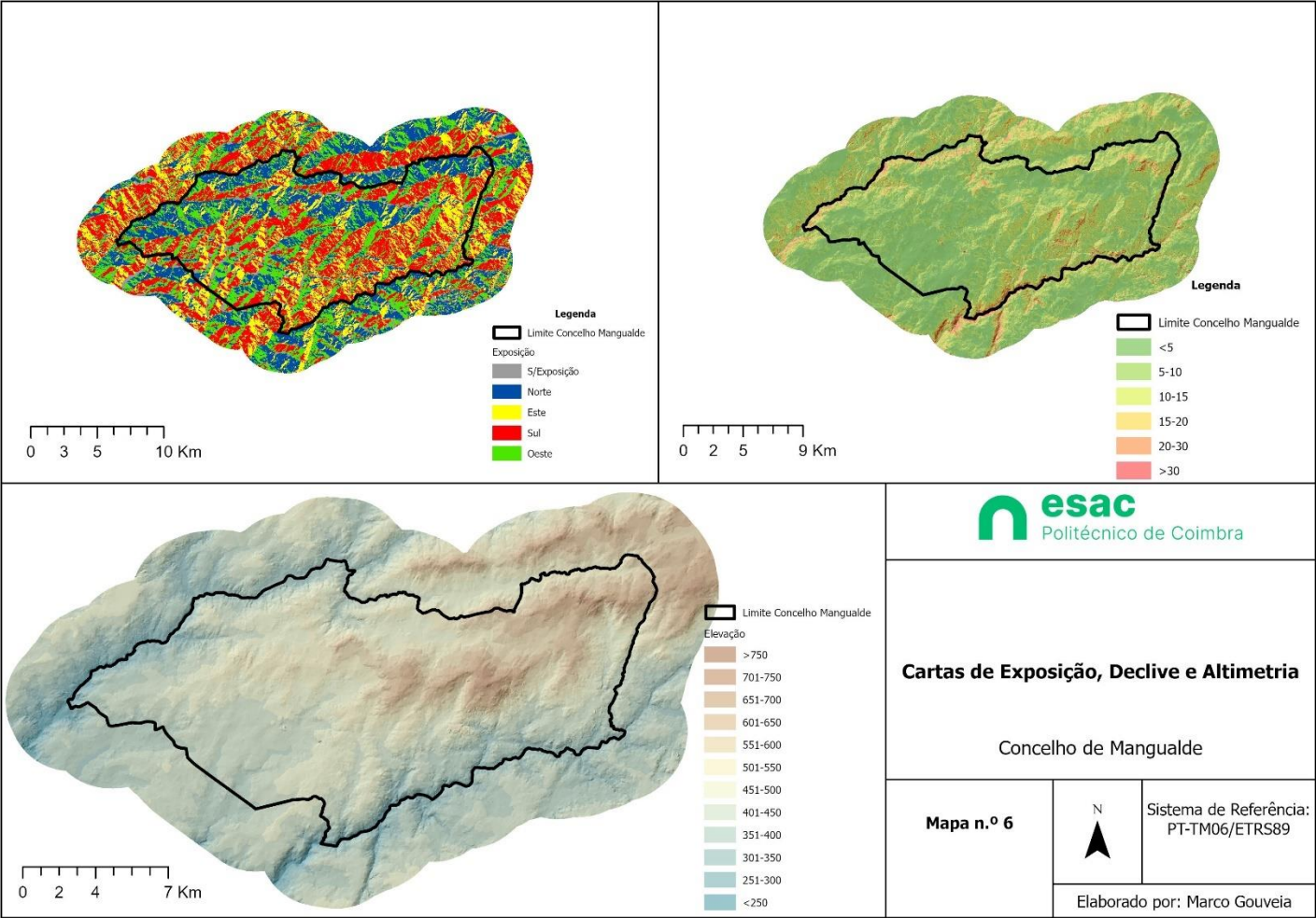
Anexo 4 – Carta de Reincidência de incêndios florestais (1990 – 2019)



Anexo 5 – Carta Proposta de intervenção alteração do uso do solo



Anexo 6 – Cartas de exposição, declive e altimetria



Anexo 7 – Carta de Ignições utilizadas nas simulações

