

Ângela Maria Fernandes Fraga

Incremento da resiliência aos incêndios florestais na
Área Integrada de Gestão da Paisagem de Alva e
Alvoco 2

Orientador: Professor Doutor José de Jesus Gaspar

Coimbra, 2024

Ângela Maria Fernandes Fraga

Incremento da resiliência aos incêndios florestais na
Área Integrada de Gestão da Paisagem de Alva e
Alvoco2

Relatório de Estágio Profissionalizante apresentado 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

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE TABELAS	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1 – Contextualização das estruturas de resiliência no âmbito das AIGP nos Programas de Transformação da Paisagem.....	2
2 – MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1 - Caracterização da área de estudo.....	3
2.2 - Ocupação atual do solo e povoamentos florestais	4
2.3 – Modelos de combustível.....	6
2.4 – Regime do fogo.....	9
2.5 – Análise do histórico de incêndios rurais.....	10
2.6 – Estrutura de Resiliência.....	12
2.6.1 – Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível	13
2.6.2 - Rede Secundária de Faixas de Gestão de Combustível.....	14
2.6.2.1 - Interface urbano florestal (IUF)	15
2.6.2.2 – Condomínios de aldeia.....	20
2.6.3 - Pontos Estratégicos de Gestão	21
2.6.4 – Áreas Estratégicas de Mosaicos de Gestão de Combustível.....	22
3 - METODOLOGIA E DADOS DE ENTRADA	24
3.1 – Software FlamMap.....	25
3.1.2 - Dados de entrada.....	26
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 – CONCLUSÕES.....	70
6 - BIBLIOGRAFIA	72
7 – ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do enquadramento geográfico da área de estudo – AIGP Alva e Alvoco 2.	3
Figura 2 - Mapa da ocupação do solo.	5
Figura 3 - Mapa dos povoamentos florestais.	6
Figura 4 - Mapa dos modelos de combustível presentes na AIGP de Alva e Alvoco 2.....	9
Figura 5 - Mapa dos regimes de fogo (ForestWise).	10
Figura 6 - Área ardida entre 1990 e 2022 (ICNF, 2023).	11
Figura 7 - Recorrência entre 1975-2022 (ICNF, 2023).	12
Figura 8 - Dados de entrada do simulador FlamMap e Farsite (Finney, 2004).	26
Figura 9 - Localização da AIGP Alva e Alvoco 2, com um buffer de 5 km e linhas de ignição.	29
Figura 10 - Caminhos preferenciais do fogo e pontos de abertura com a linha de ignição Norte.	30
Figura 11 - Pontos de abertura de incêndios representando as prioridades de intervenção.	31
Figura 12 - Eixos de propagação dos incêndios e pontos estratégicos de gestão (ICNF, 2020).	32
Figura 13 - Proposta de Áreas Estratégicas de Mosaicos de Gestão de Combustível ou Pontos Estratégicos de Gestão.	33
Figura 14 - Mapa de localização das ignições utilizadas nas simulações.	34
Figura 15 - Dados meteorológica para Oliveira do Hospital - dias 15, 16 e 17 de outubro de 2014 (fonte: IPMA).	35
Figura 16 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição sudoeste.	37
Figura 17 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição sudeste.	37
Figura 18 -Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição noroeste.	38
Figura 19 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição nordeste.	38
Figura 20 - Comprimento de chama (m) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).	40
Figura 21 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).	40
Figura 22 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).	41
Figura 23 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 1 - Ignição Sudoeste.	43
Figura 24 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem atual - Cenário 1.	44
Figura 25 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Cenário 1.	45

Figura 26 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem ideal - Cenário 1.....	47
Figura 27 - Comprimento de chama (m) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).	48
Figura 28 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).	49
Figura 29 – Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).	49
Figura 30 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 2 - Ignição Sudeste.	51
Figura 31 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Sudeste.	52
Figura 32 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Sudeste.....	53
Figura 33 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Sudeste.	54
Figura 34 - Comprimento de chama (m) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).	55
Figura 35 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).	56
Figura 36 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).	57
Figura 37 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 3 - Ignição Noroeste.	59
Figura 38 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Noroeste.	60
Figura 39 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Noroeste.	61
Figura 40 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Noroeste.	62
Figura 41 - Comprimento de chama (m) no Cenário 4 (Ignição Nordeste).	63
Figura 42 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 4 (Ignição Nordeste).	63
Figura 43 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 4 (Ignição Nordeste).	64
Figura 44 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 4 - Ignição Nordeste.	66
Figura 45 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Nordeste.	67
Figura 46 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Nordeste.	68
Figura 47 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Nordeste.	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de descrição dos modelos de combustível na AIGP Alva e Alvoco 2 (situação atual).	8
Tabela 2 - Situações tipo de Interface Urbana Florestal na AIGP Alva e Alvoco 2.....	18
Tabela 3 - Condomínios de Aldeia existente na AIGP Alva e Alvoco 2.	21
Tabela 4 - Humidade dos combustíveis e cenário meteorológico.	28
Tabela 5 - Características dos modelos de combustível.	28
Tabela 6 - Classificação da grelhetares resultante de sobreposição dos pontos de abertura nas quatro simulações.	31
Tabela 7 - Parâmetros de entrada utilizados no Farsite.	36
Tabela 8 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 1.....	42
Tabela 9 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 2.....	50
Tabela 10 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 3.....	58
Tabela 11 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 4.....	65

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste relatório, que exigiu dedicação, empenho e muitas horas de trabalho, não posso deixar de identificar as pessoas que de uma forma ou outra contribuíram para este resultado.

Ao meu orientador Professor Doutor José Gaspar, agradeço pela sua disponibilidade e partilha de conhecimentos e sugestões.

A todos os docentes do Mestrado em Recursos Florestais com os quais tive o privilégio de me cruzar, agradeço por todos os conhecimentos transmitidos e apoio ao longo deste percurso.

A todos os colegas do Mestrado agradeço pela troca de conhecimento, aprendizagem e sobretudo pela boa disposição durante todo este percurso.

Ao Vasco, à Sofia e ao Tiago, colaboradores da Caule – Associação Florestal da Beira Serra, que permitiram a realização deste trabalho, através da aceitação de cedência de informação relevante para a concretização do mesmo. Agradeço também a sua amizade e apoio sempre que deles necessitei.

Ao Ernesto Deus, ao Pedro Venâncio, ao Filipe Antunes e ao Marco Gouveia, por toda a ajuda no esclarecimento de dúvidas, bem como pela sua amizade e apoio.

Ao Luís Pita, enquanto responsável pelo Núcleo de Coordenação Sub-Regional de Coimbra no ICNF, no qual me insiro, por me ter possibilitado ter estado menos presente em algumas tarefas, sobretudo nesta fase final, permitindo-me dedicar-me à conclusão deste trabalho.

Por fim, ao meu marido Tiago e ao meu filho João um agradecimento especial por toda a paciência, confiança e carinho manifestado mesmo nos momentos em que estive menos disponível para eles. Foram e são o meu pilar. Sem eles nada disto fazia sentido.

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

Os incêndios florestais embora ecologicamente necessários para alguns ecossistemas, constituem uma ameaça séria para pessoas, bens e recursos naturais nos países mediterrânicos.

Assumindo a qualidade da paisagem no meio rural como fundamental para a valorização e desenvolvimento dos territórios e para a qualidade de vida dos cidadãos, com a criação do Programa de Transformação da Paisagem, foi possível impulsionar a implementação de Áreas Integradas de Gestão da Paisagem entre as comunidades.

Com este trabalho pretende-se perceber qual o comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2, com o incremento da resiliência na paisagem e apresentar evidências de que com este incremento, que implica alterações no uso/ocupação do solo, e com a implementação de ações de gestão florestal, há uma redução do impacto de incêndios na paisagem.

Esta AIGP insere-se no concelho de Oliveira do Hospital, e atualmente encontra-se ocupada essencialmente por regeneração natural de pinheiro bravo e espécies invasoras lenhosas, onde é evidente o crescimento de medronheiro e outras folhosas.

Foram feitas 12 simulações em quatro cenários de ignição – sudoeste, sudeste, noroeste e nordeste, na paisagem atual da AIGP, na paisagem com incremento da estrutura de resiliência e na paisagem ideal. Estes cenários tiveram por base o histórico de incêndio, e a forma como estes se propagaram e entraram na AIGP de Alva e Alvoco 2.

Analisando os parâmetros de comportamento do fogo em cada um dos cenários de ignição simulados, foi possível verificar que na paisagem atual (sem intervenção), grande parte da AIGP apresentava comprimentos de chama superiores a 3 metros, velocidades de propagação superiores a 3 m/min e, intensidades de frente de chama superiores a 3500 kw/m, traduzindo-se em incêndios de intensidade elevada, onde as ações de combate são difíceis. No caso da paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal, os parâmetros do comportamento do fogo foram inferiores no caso do comprimento de chama, a 1,22 m, no caso da velocidade de propagação, inferiores a 1 m/min e, no caso da intensidade da frente de chama, inferiores a 350 kw/m, onde facilmente o incêndio é controlável por ataque direto com recurso a ferramentas manuais.

PALAVRAS-CHAVE: paisagem, comportamento do fogo, resiliência, gestão florestal.

ABSTRACT

Forest fires, although ecologically necessary for ecosystems, are a serious threat to people, their assets, and natural resources in Mediterranean countries.

Assuming the quality of the landscape in rural areas as fundamental for the valorization and development of the territories and for the quality of life of citizens, with the creation of the Landscape Transformation Programme, it was possible to boost the implementation of Integrated Landscape Management Areas among the communities.

With this work, we intend to understand the behaviour of the fire in AIGP of Alva and Alvoco 2, with the increase of the resilience of the landscape, and to present evidence that this increase implies alterations in the uses of the soil, and with the implementation of forest management actions, there is a reduction of the impact of fires on the landscape.

This AIGP is located in the municipality of Oliveira do Hospital, and is currently found to be occupied essentially by the natural regeneration of the cluster pines and woody invasive species, where there is evident growth of strawberry trees and other hardwood.

12 simulations were done in four different scenarios of ignition in different quadrants, in the current landscape of AIGP, in the landscape with the increase in resilience structure, and in the ideal landscape.

By analyzing the fire behavior parameters in each of the simulated ignition scenarios, it was possible to see that in the current landscape (without intervention), a large part of the AIGP had flame lengths of more than 3 meters, propagation speeds of more than 3 m/min and flame front intensities of more than 3500 kw/m, which translates into a high fire risk class, meaning high intensity fires, which in the forest environment can partially involve the canopies, where combat actions are difficult.

In the case of the landscape where the implementation of the resilience structure was considered and in the ideal landscape, the fire behavior parameters were less than 1.22 m in the case of flame length, less than 1 m/min in the case of propagation speed and less than 350 kw/m in the case of flame front intensity, resulting in a low fire risk classification, where the fire is easily controlled by direct attack using hand tools.

Keywords: landscape, fire behaviour, resilience, land management

LISTA DE ABREVIATURAS

AIGP – Área Integrada de Gestão da Paisagem

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

COS – Carta de Ocupação do Solo

DGT – Direção-Geral do Território

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e Florestas

IUF – Interface urbano-florestal

OIGP – Operação Integrada de Gestão da Paisagem

PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

PTP - Programa de Transformação da Paisagem

PRGP - Programa de Reordenamento e Gestão da Paisagem

RJRP - Regime Jurídico da Reconversão da Paisagem

RPFGC - Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível

RSFGC – Rede Secundária de Faixas de Gestão de Combustível

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os incêndios florestais embora ecologicamente necessários para alguns ecossistemas, constituem uma ameaça séria para pessoas, bens e recursos naturais nos países mediterrânicos (Oliveira et. al, 2023 citando Ergibi & Hessel, 2020). Para Pereira et. al (2006), Portugal é o país do sul da Europa mais afetado, verificando-se um elevado número de ocorrências e grandes áreas ardidas face à sua área territorial.

Os graves incêndios que assolaram o País no ano de 2017, sobretudo na região Centro, revelaram além da vulnerabilidade dos territórios, a fragilidade dos mecanismos de combate aos incêndios rurais, obrigando a sociedade e o poder político a prestar maior atenção a esta problemática.

Houve necessidade de repensar o território e promover medidas de transformação da paisagem, de modo a tornar os territórios menos vulneráveis à passagem dos incêndios rurais. Com a revisão do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) através da publicação da Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro, foi identificada a vulnerabilidade dos territórios florestais, tendo sido estabelecido um conjunto de intervenções de base territorial, que pretendem para além da revitalização de atividades económicas, da prevenção de riscos e adaptação às alterações climáticas, a valorização do território através da gestão da paisagem.

Nesse sentido, com a publicação da Resolução de Conselho de Ministro n.º 49/2020, de 20 de junho, que criou o Programa de Transformação da Paisagem (PTP), foi assumida como fundamental para a valorização e desenvolvimento sustentável dos territórios e para qualidade de vida dos cidadãos, a qualidade da paisagem em meio rural e para assegurar a sustentabilidade, nas suas diversas vertentes, dos territórios rurais.

Sendo uma das medidas programáticas de intervenção do PTP, a implementação de Áreas Integradas de Gestão da Paisagem (AIGP), pretendeu-se com este trabalho, perceber qual o comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2, com o incremento da resiliência na paisagem. Pretendeu-se apresentar evidências de que, com estas medidas, que implicam alterações no uso/ocupação do solo e, a implementação de ações de gestão florestal, contribuem para a diminuição do impacto de incêndios na paisagem e, assim contribuir para a preservação dos ecossistemas.

1.1 – Contextualização das estruturas de resiliência no âmbito das AIGP nos Programas de Transformação da Paisagem

As “Áreas Integradas de Gestão de Paisagem” (AIGP) foram estabelecidas no âmbito do Programa de Transformação da Paisagem (PTP) aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 49/2020, de 24 de junho, com a finalidade de promover a gestão e exploração dos espaços agrícolas e florestais em zonas de elevado minifúndio e risco de incêndio, de forma a garantir uma maior resiliência ao fogo. E constituem uma das quatro medidas programáticas no PTP.

O Regime Jurídico da Reconversão da Paisagem (RJRP), definido no Decreto-Lei nº 28-A/2020 de 26 de Junho, através de programas como o PRGP (Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem) e das Áreas Integradas de Gestão de Paisagem”, confia ao Estado e as Autarquias Locais, a tarefa de assegurar a promoção das medidas necessárias à reconversão das áreas necessárias, integradas em AIGP, cujos objetivos devem contribuir para reduzir a vulnerabilidade do território a fogos rurais, valorizar a aptidão dos solos e melhorar os serviços prestados pelos ecossistemas e, aumentar o valor do território e dinamizar a economia.

O incremento das estruturas de resiliência no desenho da estrutura da paisagem das AIGP, visa precisamente a criação de descontinuidades na paisagem com vista à redução da velocidade e intensidade dos incêndios. Estas estruturas estão normalmente associadas a faixas de gestão de combustível e a áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível, constituindo áreas de diversidade na ocupação e no uso do solo. É nestas zonas onde devem ser aplicadas medidas de gestão de combustível e de alteração da ocupação do solo, de forma a aumentar a resiliência aos fogos florestais e reduzir os seus efeitos e facilitar o combate, protegendo o património natural, material e a população (DGT, 2023).

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização da área de estudo

O presente trabalho incide na Área Integrada de Gestão de Paisagem (AIGP) de Alva e Alvoco 2, que se encontra localizada na sub-região de Coimbra, mais concretamente no concelho de Oliveira do Hospital, encontrando-se distribuída pelas freguesias de São Gião, Alvoco das Várzeas e Aldeia das Dez (Figura 1).

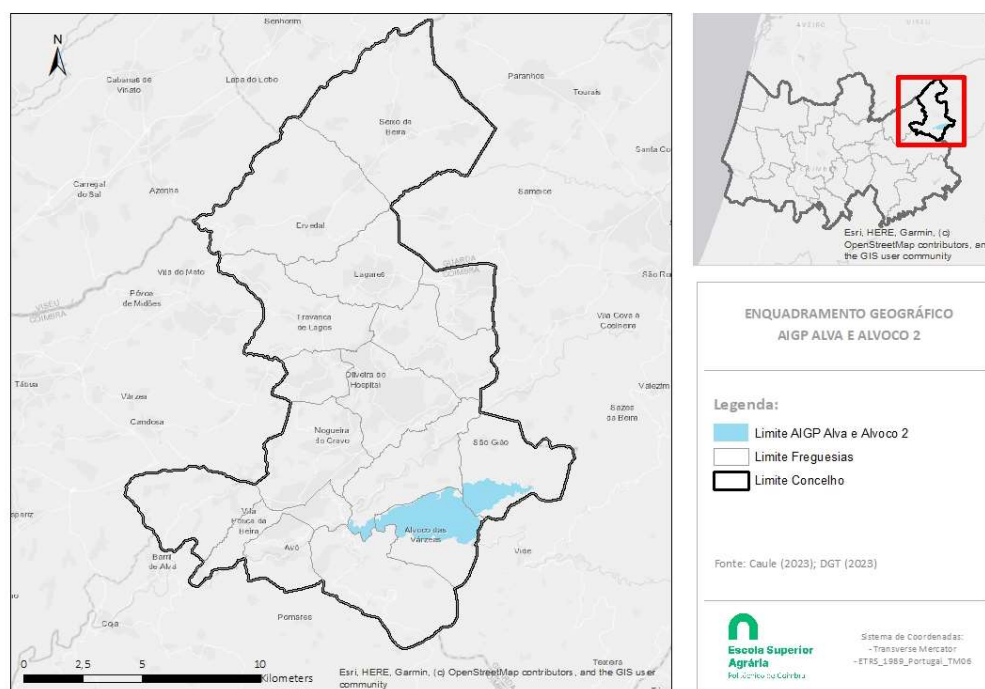


Figura 1 - Mapa do enquadramento geográfico da área de estudo – AIGP Alva e Alvoco 2.

Com uma área total de 916 hectares, a AIGP Alva e Alvoco 2 encontra-se a uma altitude que varia entre as cotas de 235 metros junto à Ribeira de Alvoco e os 663 metros no limite norte, na freguesia de São Gião.

Na área de estudo prevalecem declives acentuados (acima dos 30%) onde o uso florestal domina. As zonas com declives mais suaves localizam-se sobretudo nas zonas próximas ao rio Alvoco e na localidade de Ponte das Três Entradas, onde ainda é evidente a atividade agrícola.

Em termos de exposição à luz solar, as encostas viradas ao quadrante Sul e Este são as mais representativas, conferindo a estas áreas características próprias, tais como menor humidade, maior número de horas de sol, bem como grande predominância de ventos de sul.

De acordo com o Atlas do Ambiente (APA, 2023), a AIGP Alva e Alvoco 2 apresenta diferentes tipos de solo: Leptossolos distrícos com Umbrissolos epilépticos húmicos (0,20%), Fluvisolos distrícos (9%), Cambissolos epilépticos distrícos (28%) e Regossolos epilépticos distrícos (60%) e Cambissolos endolépticos Distrícos (0,23 %).

Em 79% da área da AIGP Alva e Alvoco 2 predomina a classe de uso do solo F (não agrícolas), ou seja, de aptidão florestal. A classe de uso do solo A ocupa 16% da área e é considerada com aptidão agrícola. Os restantes 5% da área são ocupados com solos das classes C+F (Complexos) (APA, 2023).

2.2 - Ocupação atual do solo e povoamentos florestais

A ocupação atual do solo para a área de estudo foi obtida tendo por base a nomenclatura da COS2018, nível 4, produzida pela DGT (2018), a qual foi adaptada à terminologia considerada no Inventário Florestal Nacional, com posterior validação no terreno,

A AIGP de Alva é maioritariamente ocupada por floresta (70,8%), correspondendo a um total de 648,65 hectares. A agricultura representa 14% da área total da AIGP, correspondente a 128,19 hectares. A restante área é ocupada por matos e pastagens (6,7%), superfícies aquáticas (0,8%) e territórios artificializados (7,7%) (Figura 2).

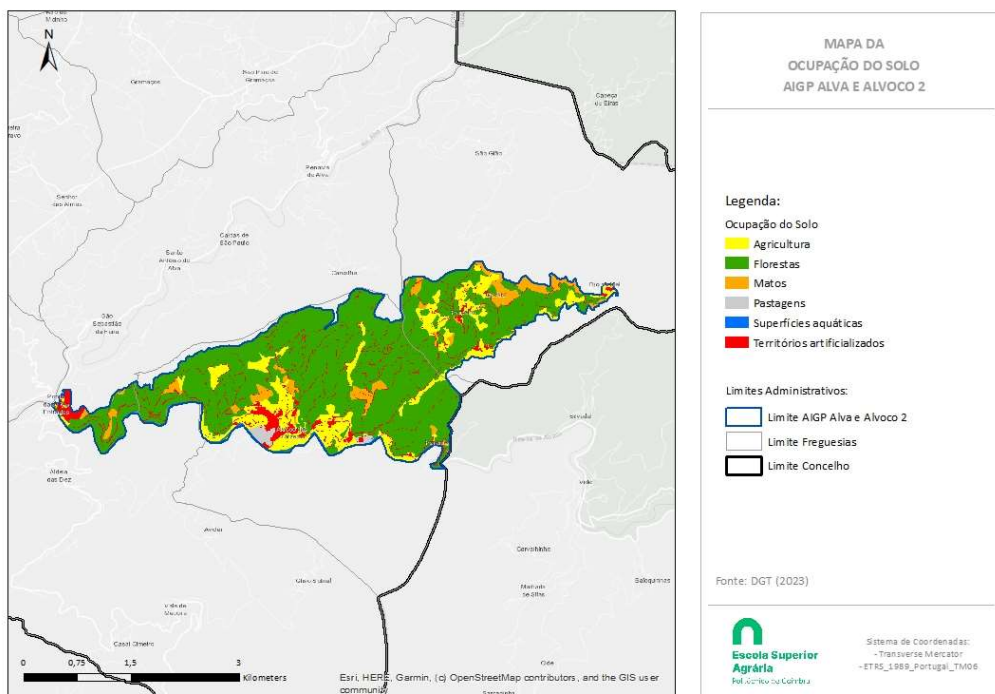


Figura 2 - Mapa da ocupação do solo.

Os povoamentos florestais com maior expressão são os povoamentos de pinheiro bravo (45,1%), seguidos de povoamentos de eucalipto (9,7%). As áreas ocupadas por espécies invasoras representam aproximadamente 9,1% e os povoamentos de outras folhosas 5,2%. É possível ainda verificar a presença de povoamentos de pinheiro manso, representando 1,1% da área da AIGP e povoamentos de sobreiro, que ocupam apenas 06% do território de análise (Figura 3).

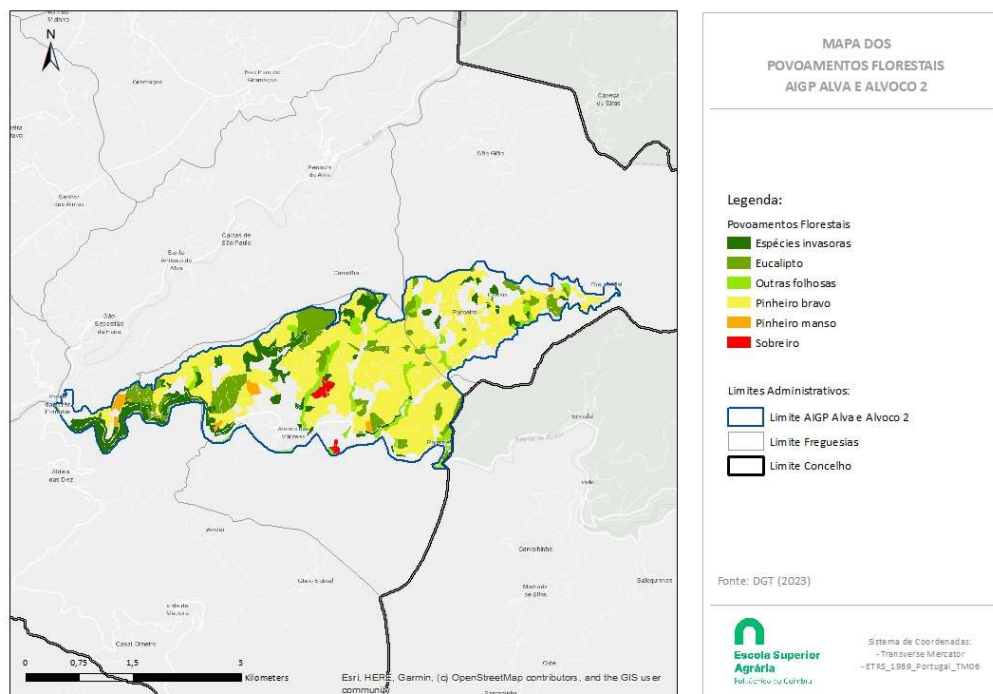


Figura 3 - Mapa dos povoamentos florestais.

2.3 – Modelos de combustível

Os impactes do fogo no ambiente e do Homem sobre o fogo são intermediados e condicionados pela vegetação, o que justifica a sua descrição como um combustível (Fernandes et. al, 2002). Por combustíveis florestais, entende-se todos os materiais vegetais encontrados na floresta, que sejam provenientes das plantas e que estejam disponíveis para arder (Lima, 2021).

Para Chuvieco e Martin (1994), os combustíveis florestais representam a matéria orgânica disponível para a ignição do fogo e combustão, e representam o único fator que pode ser controlado ao nível da gestão e planeamento do território, podendo ser definidos segundo Burgan e Rothermel (1984) pelas características das partículas de biomassa, viva e/ou morta, que contribui para a propagação, intensidade e severidade dos fogos florestais.

De acordo com Fernandes et al. (2009) e Fernandes & Loureiro (2021), é possível classificar a ocupação do solo de acordo com modelos de combustível e consequentemente atribuir características de comportamento do fogo a estas formações vegetais. Estes autores 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 base nos modelos de combustível desenvolvidos por Fernandes & Loureiro (2021) e na classificação efetuada por Sá et al. (2023) foi possível, para o presente trabalho, reclassificar a ocupação do solo obtida através da COS2018 da DGT e adaptada à situação atual, em modelos de combustíveis e consequentemente atribuir características de comportamento do fogo a estas formações vegetais (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela de descrição dos modelos de combustível na AIGP Alva e Alvoco 2 (situação atual).

Grupo	Modelo	N.º Farsite	Descrição
Folhada e vegetação (M)	M-CAD	221	Folhada de folhosas caducifólias com sub-bosque arbustivo, usualmente com bastante combustível vivo. <i>Carga de combustível fino: 8-17 (toneladas/hectares).</i>
	M-ESC	222	Folhada de folhosas esclerófilas com sub-bosque arbustivo. <i>Carga de combustível fino: 7-17 (toneladas/hectares).</i>
	M-EUC	223	Folhada de eucalipto com sub-bosque arbustivo. <i>Carga de combustível fino: 9-18 (toneladas/hectares).</i>
Vegetação (V)	V-Ha	231	Erva alta (>0,5 metros). <i>Carga de combustível fino: 2-4 (toneladas/hectares).</i>
	V-MAa	233	Mato alto (>1 metros) com bastante combustível morto e/ou fino. <i>Carga de combustível fino: 12-27 (toneladas/hectares).</i>
	V-MH	235	Mato baixo (< 1 metros) e verde, frequentemente descontínuo e com herbáceas.
	V-MMb	237	Mato baixo (<1 metros), com pouco combustível morto e/ou com folhagem relativamente grosseira. <i>Carga de combustível fino: 4-8 (toneladas/hectares).</i>
Não combustível		91	Territórios artificializados.
		98	Massas de água superficiais.

A Figura 4 apresenta a distribuição dos modelos de combustível classificados para a paisagem atual da AIGP de Alva e Alvoco 2.

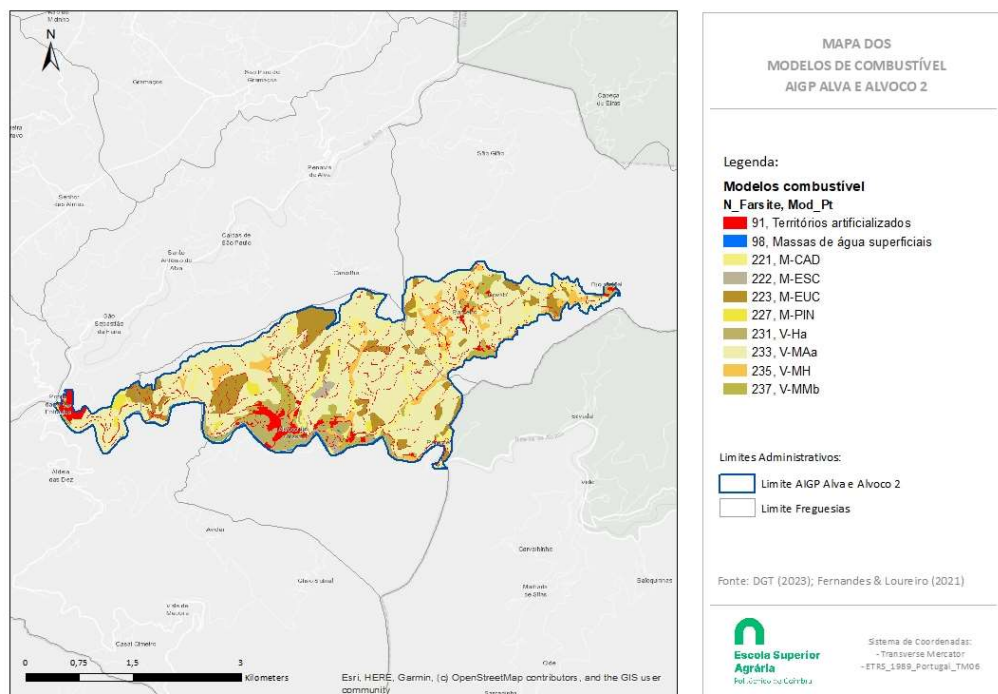


Figura 4 - Mapa dos modelos de combustível presentes na AIGP de Alva e Alvoco 2.

2.4 – Regime do fogo

A caracterização dos regimes do fogo considera uma série de parâmetros essenciais para descrever padrões espaciais, temporais e comportamentais do fogo, tal como a frequência, tamanho, sazonalidade e intensidade (Pereira et. al, 2022). Pode também incluir outras variáveis ou pré-requisitos para a ignição e propagação do fogo (é o caso do clima, da população e do uso da terra), bem como as consequências imediatas do fogo, representadas pelos seus vários impactos (Pereira et. al, 2022 citando Krebs et al., 2010).

Numa situação de gestão da perigosidade, as relações entre os regimes de fogo e os diferentes fatores de controlo têm uma enorme importância devido às perdas humanas, materiais e ambientais causadas pelos incêndios. Daí a necessidade de se perceber que regime do fogo se enquadra a AIGP de Alva e Alvoco 2 e aferir o planeamento a esta realidade.

A AIGP de Alva e Alvoco 2 insere-se em três regimes do fogo (Pereira et. al, 2022):

- 3A: Incêndios muito intensos e esporádicos; em Pinhais e Eucaliptais, sob clima Supratemperado;
- 3B: Mega incêndios e área queimada extensa; em Matos, Pinhais e Eucaliptais de regiões com baixa densidade populacional e em perda demográfica;
- 4A: Fogo muito esporádico e época curta; em Sobreirais e Azinhais e Pastagens, sob climas Seco e Sub-húmido, ambos Termomediterrânicos.

A distribuição geográfica apresenta-se na Figura 5.

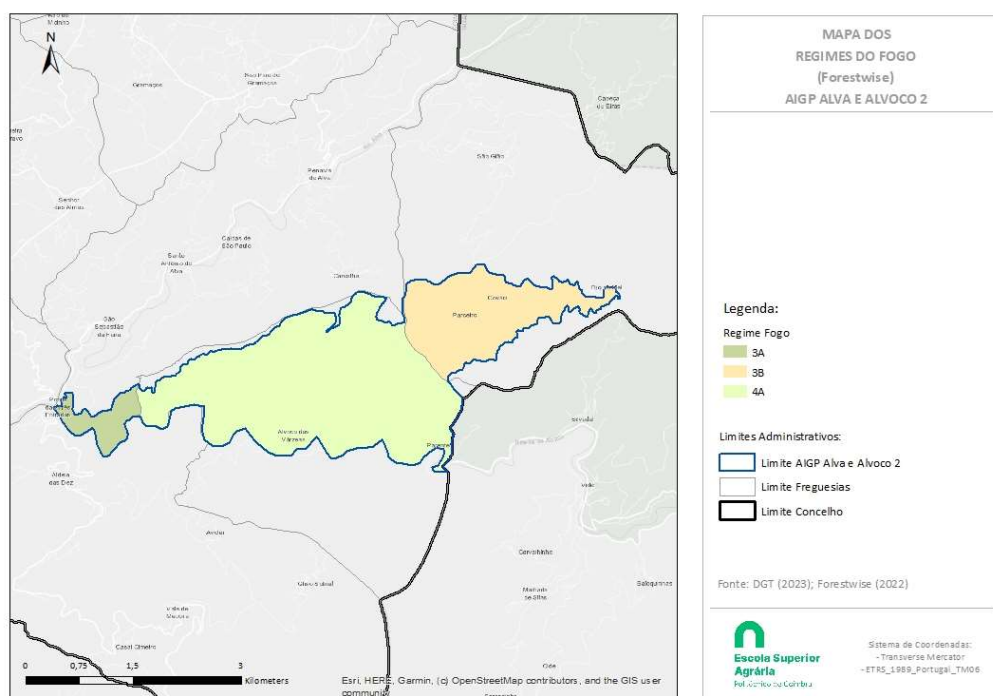


Figura 5 - Mapa dos regimes de fogo (ForestWise).

2.5 – Análise do histórico de incêndios rurais

Nos últimos 32 anos (1990 – 2022) a AIGP de Alva e Alvoco 2 foi afetada, pelo menos uma vez, pela ocorrência de incêndios. Desde 1990, já arderam na AIGP aproximadamente 960 hectares, tendo o ano de 2017 contribuído com a quase totalidade da área ardida. No entanto, nenhum dos incêndios que contribuíram para maior área ardida tiveram início no interior da AIGP.

Em 2012, um incêndio proveniente do concelho de Seia, afetou a AIGP em 42,28 hectares (aproximadamente 5 % da área); em 2017, no grande incêndio de 15 de outubro, arderam 912,06 hectares, ou seja, 99,56% da área; nos restantes anos a área ardida foi pouco significativa, afetando em menos de 2% a área da AIGP (incêndios de 1991, 2013, 2014 e 2015).

Analisando a Figura 6 é possível verificar a extensão de área ardida na AIGP.

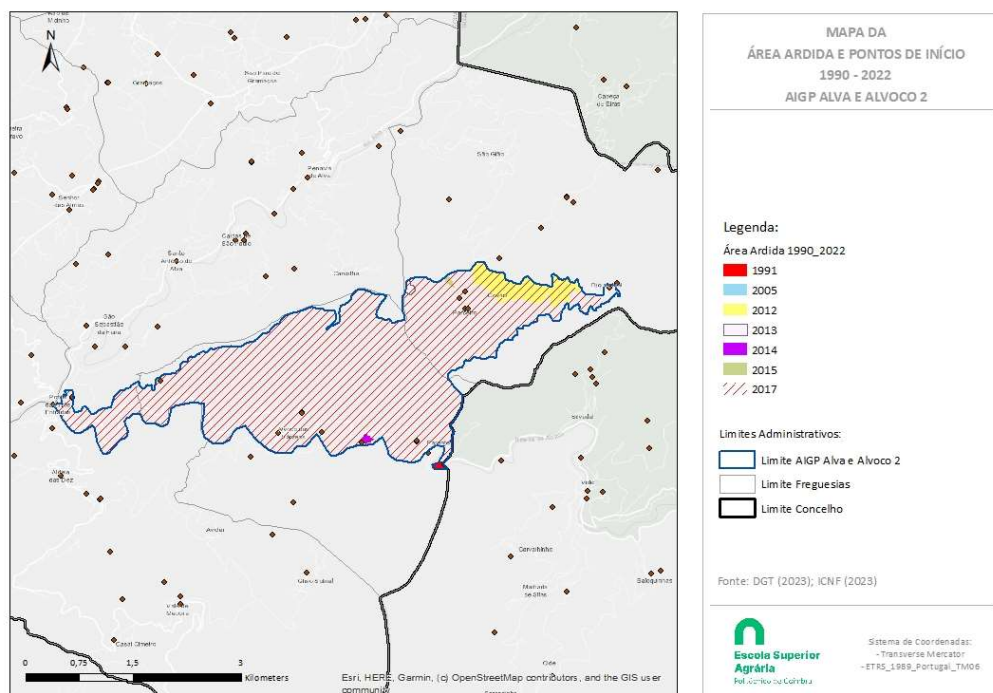


Figura 6 - Área ardida entre 1990 e 2022 (ICNF, 2023).

Relativamente à recorrência de incêndios (Figura 7) verifica-se que, no período entre 1975 e 2021, 18 % da área da AIGP (142,30 hectares) ardeu duas vezes e 84 % (770,87 hectares) ardeu uma vez, revelando períodos longos de retorno (30 anos).

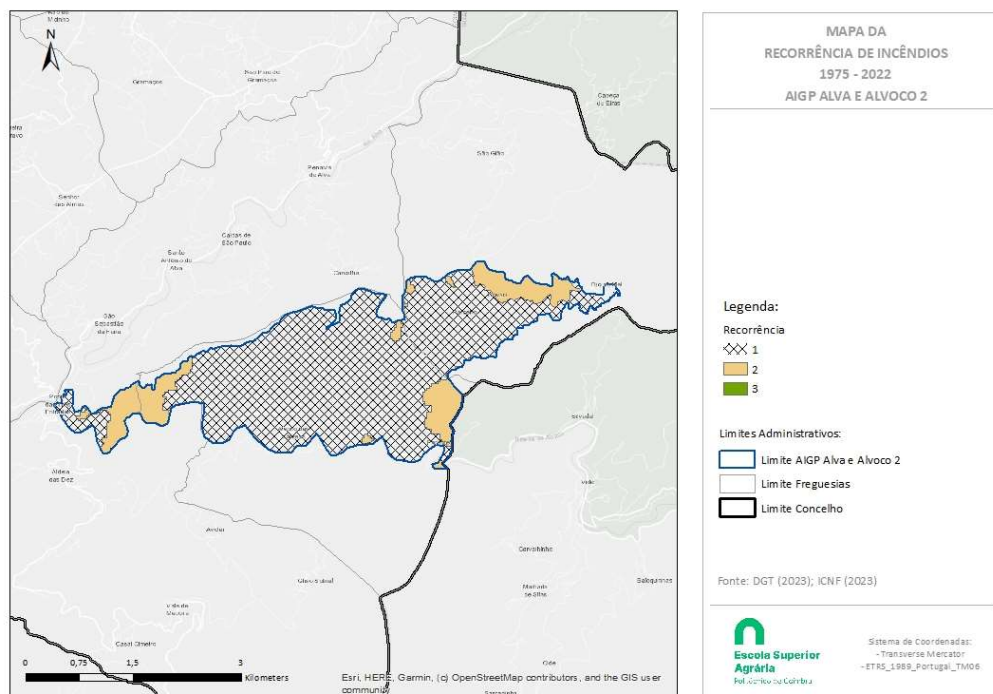


Figura 7 - Recorrência entre 1975-2022 (ICNF, 2023).

2.6 – Estrutura de Resiliência

A resiliência da paisagem aos incêndios pode ser definida como a capacidade de um ecossistema para resistir, recuperar e se adaptar a perturbações causadas pelos incêndios. É determinada por diversos fatores que estão relacionados entre si, como o comportamento do fogo, a combustibilidade das espécies vegetais, as discontinuidades da paisagem e, a interface entre a zona rural e a zona urbana (PRGP SLA, 2022).

Uma paisagem resiliente ao fogo é capaz de manter as suas funções ecológicas essenciais, minimizando danos severos e promovendo a sua regeneração após um incêndio.

Com a integração da estrutura de resiliência nas AIGP's pretende-se desenvolver e evidenciar ambientes que promovam a resiliência dos ecossistemas, lugares e paisagens, criando oportunidades de colocar em ação as capacidades de resiliência como a biodiversidade, conectividade, multifuncionalidade, redundância e adaptação da paisagem.

O objetivo da estrutura de resiliência é “limitar a propagação dos fogos, reduzir os seus efeitos, permitir e facilitar a sua supressão, isolar potenciais focos de ignição e diminuir

a vulnerabilidade do património natural e construído” (Quadro de referência de apoio à elaboração das OIGP, 2023).

A estrutura de resiliência deverá contribuir para a criação de descontinuidade na paisagem, assim como, para a redução da velocidade e intensidade do fogo, sendo que se trata da estrutura maioritariamente associada a faixas de gestão de combustível e áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível.

O Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, refere no n.º 2 do artigo 47º que as faixas de gestão de combustível constituem redes primárias e secundárias consoante as funções que desempenham.

A estrutura de resiliência para a AIGP de Alva e Alvoco 2 foi definida em consonância com os instrumentos de gestão integrada de fogos rurais, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro e o resultado das simulações efetuadas.

Nestas áreas serão implementadas intervenções de gestão de combustível e da alteração da composição, aquando da presença de espécies de maior inflamabilidade e combustibilidade, tais como pinheiro-bravo e eucalipto, assim como nas áreas de matos, que representam áreas de maior inflamabilidade e combustibilidade, onde a recorrência de incêndios é maior. A reconversão destas áreas tem como ocupações propostas sobretudo áreas agrícolas, superfícies agroflorestais, florestas de folhosas e pastagens, ocupações que permitam a criação de um mosaico heterogéneo e diverso, de baixa combustibilidade, que torne o território resiliente.

No Anexo 1 é possível observar o enquadramento da estrutura de resiliência na área da AIGP de Alva e Alvoco 2.

2.6.1 – Rede Primária de Faixas de Gestão de Combustível

A rede primária de faixas de gestão de combustível (RPFGC) funciona como um elemento estruturante da paisagem rural, desempenhando a função de diminuição da superfície percorrida por grandes incêndios, permitindo e facilitando uma intervenção direta de combate ao fogo.

Possui uma largura padrão de 126 metros e compartimenta áreas que devem, preferencialmente, possuir entre 500 a 10 000 hectares.

É definida nos programas regionais de ação e obrigatoriamente integrada nos programas sub-regionais de ação, sendo o ICNF, I. P. a entidade responsável pela execução e monitorização.

Ao abrigo do n.º 3 do artigo 48º do Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro na sua redação atual, o planeamento, a instalação e a manutenção da rede primária de faixas de gestão de combustível deve ter em consideração, designadamente:

- a) A sua eficácia na supressão de incêndios de grande dimensão;
- b) A segurança das forças em operação;
- c) O valor socioeconómico, paisagístico e ecológico dos territórios rurais;
- d) As características fisiográficas e as particularidades da paisagem local;
- e) O histórico dos grandes incêndios na região e o seu comportamento previsível em situações de meteorologia favorável à progressão do fogo;
- f) As atividades que nelas se possam desenvolver e contribuir para a sua sustentabilidade técnica e financeira.

Na AIGP de Alva e Alvoco 2 a RPFGC encontra-se atualmente ocupada por regeneração natural de pinheiro bravo e medronheiro, onde se propõe a reconversão do pinhal privilegiando as pastagens espontâneas e os sistemas agroflorestais de medronheiro. A informação considerada neste trabalho teve como base o trabalho desenvolvido pelo ICNF no âmbito do Plano Regional de Ação, referente ao planeamento desta infraestrutura no território.

2.6.2 - Rede Secundária de Faixas de Gestão de Combustível

A rede secundária de faixas de gestão de combustível (RSFGC) desempenha as funções de redução dos efeitos da passagem de incêndios, protegendo de forma passiva vias de comunicação, infraestruturas e equipamentos sociais, zonas edificadas e formações florestais e agrícolas de valor especial e, de isolamento de potenciais focos de ignição de incêndios, desenvolve-se na envolvente: a) da rede rodoviária; b) das linhas de transporte e distribuição de energia elétrica; c) das áreas dos aglomerados populacionais.

Após sobreposição da área de estudo com o Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) do concelho de Oliveira do Hospital (2020-2029) a RSFGC que a interceta corresponde a:

- a) 17,74 hectares, na envolvente da rede rodoviária, da responsabilidade do Município de Oliveira do Hospital e Infraestruturas de Portugal, cumprindo uma largura padrão de 10 metros. Será feito o controlo da vegetação espontânea e o abate de árvores menos resistentes ao fogo nomeadamente pinheiro-bravo, eucalipto e espécies invasoras, sendo posteriormente privilegiado a manutenção de pastagens espontâneas.
- b) 6,34 hectares, nas linhas de transporte e distribuição de energia elétrica em média tensão, da responsabilidade da e-Redes, cumprindo uma largura não inferior a 7 metros para cada um dos lados.
- c) 106 hectares, nas áreas dos aglomerados populacionais, da responsabilidade dos proprietários, cumprindo uma largura padrão de 100 metros a partir da interface das áreas edificadas. Pretende-se a sua manutenção através de áreas agrícolas existentes, aumento de espécies frutícolas e espécies florestais como o sobreiro e o medronheiro, bem como a eliminação do pinheiro bravo e do eucalipto existente. Estas áreas estão inseridas em candidaturas aos Condomínios da Aldeia aprovadas/apresentadas pelo Fundo Ambiental.

2.6.2.1 - Interface urbano florestal (IUF)

Os incêndios florestais na Interface Urbano Florestal (IUF), constituem uma ameaça crescente em todo o mundo, sobretudo onde tendem a coexistir com frequência e severidade cada vez maiores, com a presença humana em habitações isoladas ou aglomerados populacionais (Ribeiro, 2016).

A primeira abordagem ao conceito de interface urbano-florestal (IUF) apareceu por volta de 1880 nos Estados Unidos da América e no Canadá, após os acontecimentos catastróficos que provocaram um número elevado de vítimas. Foi o caso por exemplo, dos eventos de 1894 em Hinckley, Pine County, Minnesota, que provocaram 400 vítimas, ou os eventos de 1910, na Grande Explosão, Idaho-Montana, com 97 mortos (Bouillon & Tedim, 2019).

Em Portugal, Lourenço (2021) menciona o exemplo de um incêndio que ocorreu no dia 28 de agosto de 1961 e, que consumiu duas aldeias do concelho de Figueiró dos Vinhos: Vale do Rio, onde foram destruídas 49 habitações e Casalinho, com 5 casas totalmente queimadas (total de habitações daquela aldeia). Fernandes (2013) refere ainda que neste incêndio morreram duas pessoas, uma em Vale do Rio e, a outra, em Chavelho.

A definição atual deste conceito aparece novamente em 1985 após um aumento do interesse da construção no interior e/ou na envolvente das zonas rurais nos Estados Unidos da América (Bouillon & Tedim, 2019), sendo que só posteriormente chegou aos países da Bacia Mediterrânica (Fidalgo, 2011/2012).

Para Butler (1974) o conceito urbano-florestal (IUF) descreve-se como sendo “qualquer ponto onde o combustível consumido por um incêndio passa de combustível natural (árvores, arbustos e gramíneas) a combustível artificial ou criado pelo homem (casas, anexos, ...)”.

Lourenço (2021) define-o como sendo a área de contacto entre o espaço com potencial aptidão florestal, independentemente da sua atual ocupação (florestal, agrícola ou inculto), e o espaço edificado (urbano). Tratando-se de um espaço com ocupação dinâmica, resultante das diversas atividades que nele se vão desenvolvendo, bem como dos diferentes usos que o homem lhe vai dando ou do crescimento das áreas edificadas para os espaços rurais (agrícolas e florestais) que as envolvem, é de difícil delimitação (Lourenço, 2021).

Caballero & Beltrán (2003) referem que a “interface urbano-florestal é um cenário complexo e multiforme no que respeita aos incêndios florestais.”

Para Lourenço (2021) os incêndios florestais que afetam a interface podem ser de dois tipos, consoante a sua progressão: (i) tiveram início em áreas urbanas confinantes com espaços florestais ou com aptidão florestal nos quais, depois, passaram a desenvolver-se, ou (ii) tiveram início e lavraram em espaços florestais ou com aptidão florestal e que, posteriormente, atingiram áreas urbanas com eles confinantes. Sendo normalmente, os primeiros menos problemáticos que os segundos, uma vez que os sentidos de progressão são contrários.

Tendo em conta que este trabalho tem como objetivo perceber o incremento da implementação das faixas de gestão de combustível no ordenamento do território, torna-se crucial fazer uma abordagem a este tema para melhor entender a questão da propagação dos incêndios rurais de e para os aglomerados urbanos.

Nos últimos anos tem-se verificado uma maior aproximação dos incêndios florestais aos aglomerados populacionais, e isto, quer pelo aumento do número de casas e infraestruturas localizadas dentro ou perto de áreas florestais onde eles se desenvolvem

(Ribeiro, 2016), quer pela falta e tomada de medidas de prevenção de incêndios florestais, tornando os territórios extremamente vulneráveis à passagem destes incêndios.

No caso concreto da AIGP de Alva e Alvoco 2 é possível observar a existência de pequenos aglomerados inseridos no espaço rural (Ponte das Três Entradas, Alvoco das Várzeas, Parente, Alentejo, Parceiro, Covão e Rio de Mel) bem como, habitações dispersas e isoladas no meio da floresta. Além disso, a não implementação das faixas de gestão de combustível em redor desses aglomerados e edifícios isolados, como previsto no Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, constituem um problema na defesa de pessoas e bens, exigindo uma maior mobilização de recursos numa eventual situação de incêndio florestal.

Nos termos do Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, a gestão de combustíveis consiste na criação e manutenção da descontinuidade horizontal ou vertical da carga combustível, através da modificação ou da remoção parcial ou total da biomassa vegetal e da composição das comunidades vegetais, empregando as técnicas mais recomendadas com a intensidade e frequência adequadas à satisfação dos objetivos dos espaços intervencionados.

Na envolvente das áreas edificadas (aglomerados populacionais), quando confinante com territórios florestais, os proprietários, arrendatários, usufrutuários ou entidades que, a qualquer título, aí detenham terrenos asseguram a gestão de combustível numa faixa envolvente com largura padrão de 100 metros a partir da interface de áreas edificadas. Na envolvente de casas isoladas, deve assegurar-se a gestão de combustíveis numa faixa de largura padrão de 50 metros, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, caso esta faixa abranja territórios florestais ou, deve assegurar-se a gestão de combustíveis numa faixa de largura padrão de 10 metros, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, caso a faixa abranja territórios agrícolas.

A Tabela 2 faz uma breve análise ao tipo de situações verificadas na interface urbano florestal da AIGP de Alva e Alvoco 2, e tendo como referência o trabalho desenvolvido por Ribeiro (2016) e por Caballero et al. (2007).

Tabela 2 - Situações tipo de Interface Urbana Florestal na AIGP Alva e Alvoco 2.

A. MODELOS EM POVOAMENTOS FLORESTAIS

A1. Casa isolada dentro de uma área florestal

Edifício ou pequeno grupo de edifícios isolados dentro de manchas florestais. Tanto as edificações como as vias de acesso estão potencialmente expostas ao fogo, não contando com nenhuma infraestrutura de defesa em comum com outras edificações. Planos de proteção individual deveriam ser executados, com relevo para a redução de combustíveis em volta dos edifícios, identificação e manutenção das vias de fuga, preparação de elementos passivos e ativos de combate. Idealmente o edifício deveria servir de zona de refúgio do fogo em caso de encurralamento. **Risco: ALTO**



A6. Interface de pequena povoação com área florestal

Povoação rural em ambiente florestal com interface não muito bem definida. As casas na parte exterior estão em contacto ou misturadas com a vegetação florestal e muitas vezes com campos agrícolas. Estas estão mais expostas que as do interior da povoação, que ainda assim podem ser afetadas por projeções de partículas incandescentes. As casas são normalmente de construção resistente ao fogo, embora tenham como ponto fraco os telhados que são na grande maioria assentes em estruturas de madeira. Os fogos aproximam-se de superfície ou pelas copas e muitas vezes pelos arbustos e ervas encostados às casas. Raramente entram dentro das povoações, que podem servir de refúgio em caso de encurralamento. A evacuação em caso de incêndio é recomendável caso haja tempo, caso contrário podem servir de áreas de refúgio. É necessária atenção às partículas incandescentes que podem incendiar as casas no interior, bom como ao fumo libertado pelo incêndio. **Risco: ALTO**



C. MODELOS EM MOSAICO AGRO-FLORESTAL

C3.B. Povoação em mosaico agroflorestal de regadio

Grupos de casas com terrenos agrícolas de baixa combustibilidade. Situação muito frequente em Portugal, parecido com C3 mas com terrenos agrícolas de regadio na envolvência das casas. Ao contrário de C2 não existe um “anel” de campos agrícolas na envolvência das casas. É muito frequente observar campos agrícolas de um dos lados das povoações e manchas florestais na(s) outra(s). O fogo pode propagar-se com alguma intensidade nas zonas florestadas, mas existem muitas hipóteses de proteção nas zonas agrícolas e de descontinuidade. As casas diretamente em contacto com as áreas florestadas são as mais vulneráveis. Em caso de incêndio podem existir projeções de partículas incandescentes que podem afetar as habitações, normalmente pelo telhado e com diferentes graus de severidade, dependendo do tipo de construção. As casas separadas da floresta e os campos agrícolas oferecem condições de proteção em caso de encurralamento pelo fogo. Planos de proteção individuais deveriam ser executados, com relevo para a redução de combustíveis em volta dos edifícios em contacto com a floresta. **Risco: MODERADO**



Adaptado de Ribeiro (2016).

Neste contexto e face ao risco associado aos diferentes tipos de interface identificados, importa promover a gestão de combustível em redor quer dos aglomerados populacionais quer das casas isoladas, sobretudo nas áreas que limitam com espaço florestal. Por outro lado, e percebendo a ocupação atual destes espaços (sobretudo povoamentos de pinheiro bravo provenientes de regeneração natural pós incêndio 2017 e de espécies invasoras lenhosas), poderá pensar-se em outros usos compatíveis com este tipo de infraestruturas, e que tornem estes territórios menos vulneráveis à passagem dos incêndios contribuindo para uma maior segurança de pessoas e bens.

2.6.2.2 – Condomínios de aldeia

Importa também mencionar uma das medidas programáticas de intervenção previstas no programa de transformação da paisagem (PTP), que consiste na implementação dos “Condomínios de Aldeia”. Trata-se de um Programa Integrado de Apoio às Aldeias localizadas em territórios de floresta, com o objetivo de assegurar a gestão de combustíveis em redor dos aglomerados populacionais nas áreas de grande densidade florestal e elevado número e dispersão de pequenos aglomerados rurais, com um nível de exposição mais severo a potenciais consequências resultantes da ocorrência de um incêndio rural (RCM n.º 49/2020, de 24 de junho).

Trata-se assim de um programa de proteção aos aglomerados localizados na interface urbano-florestal, através de ações de gestão, ordenamento e reconversão florestal para outros usos, de modo a maximizar a resiliência da população e a eficácia e eficiência da ação concertada quer para a defesa contra incêndios rurais, quer para a proteção de pessoas e bens.

Pretende-se que para além da gestão de combustíveis em redor deste aglomerados, o proprietário obtenha rendimento adicional, quer em espécie, quer monetário, optando por usos agrícolas (fruticultura, horticultura, olival, vinha, entre outros), silvopastoris ou outros.

O PTP prevê que no caso de haver necessidade de reconversão de áreas florestais para novos fins, serão disponibilizados apoios financeiros aos proprietários, os quais deverão estar enquadrados em projetos agregados de modo a garantir que não se tratem de ações

isoladas, mas que envolvam a comunidade/aldeia no seu todo. Está ainda considerada a possibilidade de incumbir nas autarquias a dinamização deste processo, enquanto conhecedoras do território, promovendo sinergias entre as diferentes entidades e a população.

Nesse sentido, percebendo as diferentes situações de interface existentes na AIGP Alva e Alvoco 2, tendo em consideração os apoios previstos no âmbito do Fundo Ambiental e com intenção de reduzir a vulnerabilidades deste território, estão previstos os condomínios de aldeia identificados na Tabela 3, sendo que o condomínio de aldeia de “Parceiro” já foi executado, estando os restantes em fase de implementação.

Tabela 3 - Condomínios de Aldeia existente na AIGP Alva e Alvoco 2.

AIGP	Condomínio de Aldeia	Proponente	Estado
AIGP Alva e Alvoco 2	Parceiro	Município	Executada
	Ponte das Três Entradas	Município	Aprovada
	Barroca	JF S. Gião	Candidatada
	Alentejo	JF S. Gião	Candidatada
	Parente	JF Alvoco	Candidatada
	Alvoco das Várzeas	JF Alvoco	Candidatada

Fonte: CM Oliveira do Hospital (2023).

2.6.3 - Pontos Estratégicos de Gestão

Costa et al. (2011) define pontos estratégicos de gestão (PEG) como locais do território onde a modificação do combustível e/ou a implementação de infraestruturas permitem às equipas de combate fazer manobras seguras para limitar o potencial de um grande incêndio.

Pahl Consulting (2020), num trabalho desenvolvido para o Instituto da Conservação da Natureza e Florestas sobre análise da suscetibilidade de incêndio rural, adota a mesma definição. Refere que estes pontos são pontos-chave onde são necessárias ações de criação ou manutenção de infraestruturas para o combate ao fogo de gestão, com uma

dimensão que permita demonstrar a sua eficácia na diminuição da intensidade da frente de chama, na redução da velocidade de propagação e na severidade.

Para o mesmo autor, a definição de PEG implica a identificação prévia de áreas em que se verifica uma mudança de comportamento do incêndio (tanto positiva como negativa), sendo esta a base para determinar a prioridade dos tratamentos de combustível e a criação de infraestruturas de prevenção. Estes pontos são classificados com intervenção prioritária, quando o comportamento do incêndio não excede a capacidade de extinção, mas coloca a organização dos sistemas de combate no limite.

Os PEG têm como objetivos principais: atenuar a propagação de um grande incêndio, limitar o efeito multiplicador da propagação de frentes, evitar incêndios nas copas das florestas adultas estratificadas, facilitar a ancoragem de caudas e flancos, auxiliar as manobras com fogo técnico, proteger pontos mais vulneráveis do território, facilitar a acessibilidade e garantir o acesso e localização de veículos em áreas seguras, bem como melhorar a acessibilidade a um flanco muito longo (Costa et al., 2011).

Os pontos estratégicos de gestão considerados no âmbito deste trabalho tiveram por base o cruzamento dos dados do relatório de análise da suscetibilidade de incêndio rural em Portugal (Pahl Consulting, 2020), com o histórico das áreas ardidadas e com os eixos de propagação dos incêndios para a área de estudo.

O cruzamento de toda esta informação deveu-se ao facto de na área de estudo não haver grande recorrência de incêndios, onde seja evidente quais as áreas mais suscetíveis, e onde possam ser preconizadas ações de alteração da ocupação, tornando o território menos vulnerável a este flagelo.

2.6.4 – Áreas Estratégicas de Mosaicos de Gestão de Combustível

Para Romero-Vivó et al. (2019) as áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível (AEMGC) são áreas do território definidas e priorizadas tendo em conta o risco de incêndio, o comportamento do fogo, a vulnerabilidade dos valores naturais e, as áreas rurais ou urbanas a serem protegidas, podendo constituir oportunidades de extinção e antecipação de estratégias de defesa eficazes e seguras em grandes incêndios rurais.

Têm como função, minimizar os efeitos e dimensão dos incêndios rurais, através da sua implementação em locais estratégicos, condicionando o comportamento e propagação do

fogo na paisagem e minimizando os seus impactos; possuem uma dimensão variável e correspondem aos locais onde os tratamentos têm o maior efeito na redução da propagação do fogo na paisagem.

O n.º 3 do artigo 52º do Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro na sua redação atual prevê que o planeamento, a instalação e a manutenção de áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível deve ter em consideração:

- a) O histórico e tipologia dos grandes incêndios e o seu comportamento previsível em situações de meteorologia que favorece a progressão do fogo;
- b) A localização de pontos críticos de abertura do fogo na paisagem;
- c) As características fisiográficas e as particularidades da paisagem local.

A alteração da paisagem para as áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível foi planeada tendo por base as características biofísicas e edafoclimáticas do território, bem como a aptidão do solo. Foram ainda considerados outros fatores, como a redução da vulnerabilidade, o aumento da resiliência do território aos fogos rurais, a valorização dos solos e adaptabilidade das espécies, a preservação e aumento da biodiversidade, a melhoria dos serviços de ecossistema, assim como ao aumento do valor do território e dinamização da economia do mundo rural.

Num território caracterizado por uma estrutura fundiária de minifúndio, a AIGP de Alva e Alvoco 2 regista atualmente no sistema cadastral 1937 prédios rústicos, perfazendo 900,49 hectares. Estes valores correspondem a 98,3% da área total da AIGP. Em média a dimensão da propriedade é de 0,46 hectares.

A adesão dos proprietários a este instrumento territorial é de cerca de 90%, os quais delegaram na entidade gestora a gestão das suas propriedades. Para isso, contribuíram as ações de sensibilização promovidas pela entidade gestora, aquando da apresentação do modelo de gestão aos proprietários/produtores florestais, no sentido de compatibilização das suas pretensões com as propostas previstas, implicando assim, um esforço acrescido na agregação e integração da gestão conjunta dos espaços rurais.

A proposta de alteração da paisagem para as áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível na AIGP de Alva e Alvoco, prevê um investimento inicial de 369 142,58 euros, a realizar até ao final do ano de 2025, o qual será financiado através do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR). Para além deste apoio, estão ainda previstos apoios

anuais à manutenção com gestão a 20 anos e, apoio anual à remuneração dos serviços de ecossistemas durante um período de 20 anos.

Para mobilizar a população para a redução do perigo, é necessário que se reconheça o valor presente e futuro dos bens e serviços gerados nos espaços rurais e naturais e que se tenha consciência das perdas diretas e indiretas provocadas pelos incêndios, nomeadamente ao nível da produção de madeira e outros produtos florestais.

A insuficiência de valores de referência da produção anual por hectare das espécies propostas para reconversão, da mão-de-obra necessária, assim como dos proveitos daí resultantes, não permitiu a elaboração de um estudo da viabilidade económica da proposta apresentada. Tentou optar-se por espécies e usos geradores de rendimento para os aderentes a este modelo de gestão territorial, considerando a produção de medronho e outros produtos dele derivados, a produção de cortiça através de reconversão para povoamentos de sobreiro, e produção de madeira através de reconversão/valorização para povoamentos de folhosas diversas.

Importa criar valor na gestão dos espaços rurais, pois só assim, será possível a manutenção desses mesmos espaços, contribuindo desta forma para a minimização do risco e da vulnerabilidade nestes territórios.

3 - METODOLOGIA E DADOS DE ENTRADA

Para o presente trabalho considerou-se a seguinte metodologia:

- Preparação de dados de entrada em ambiente SIG (arcgis 10.8);
- Determinação dos caminhos preferenciais do fogo para a paisagem atual, recorrendo à ferramenta Minimum Travel Time (MTT) no software FlamMap;
- Avaliação de pontos de abertura dos incêndios para a paisagem atual, com base nos resultados do ponto anterior e com base na metodologia adotada pelo ICNF no âmbito do relatório de análise da suscetibilidade de incêndio rural em Portugal;
- Desenho de pontos estratégicos de gestão/áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível;

- Aferição do incremento da resiliência e da gestão florestal na AIGP de Alva e Alvoco 2 no comportamento potencial do fogo, recorrendo ao módulo Farsite do FlamMap, através da realização de simulações de quatro incêndios com base no histórico.

As simulações de comportamento do fogo foram efetuadas para a paisagem atual, para a paisagem atual com incremento da estrutura de resiliência e, para uma paisagem ideal (onde se considerou para além da estrutura da resiliência, a gestão florestal dos povoamentos existentes e a instalar).

3.1 – Software FlamMap

O FlamMap é um software de análise espacial desenvolvido pelos Serviços Florestais dos Estados Unidos da América, que permite a modulação de parâmetros do comportamento do fogo, como, a velocidade de propagação, o comprimento de chama, a intensidade da frente de chamas, caminhos preferenciais do fogo, probabilidade de ignição e de arder, entre outros parâmetros.

O FlamMap 6.2 incorpora os seguintes modelos de comportamento do fogo:

- Modelo de fogo de superfície de Rothermel (1972);
- Modelo de iniciação de fogo de copas de Van Wagner (1977);
- Modelo de projeções de Albini (1979);
- Modelo de propagação de fogo de copas de Rothermel (1991);
- Método de cálculo de fogo de copas de Finney (1998) ou de Scott e Reinhardt (2001);
- Modelo de humidade do combustível morto de Nelson (2000)

Trata-se de um sistema determinístico de simulação da propagação e comportamento do fogo, tendo como base a elaboração de cálculos do comportamento do fogo para cada ponto da paisagem, com vento e humidade do combustível constantes no tempo (Oliveira, 2023).

Com a inclusão do FARSITE, este software permite determinar o desenvolvimento e o comportamento dos incêndios florestais por períodos de tempo mais longos sob condições heterogêneas de terreno, combustíveis, humidade dos combustíveis e meteorologia. Este software permite responder a questões essenciais nos teatros de operações, como prever

para onde é que o incêndio poderá ir, qual é que será a sua dimensão, e o tempo que demorará ou que pode chegar a um determinado local.

3.1.2 - Dados de entrada

Landscape

Para a preparação da Landscape (Anexo 2) procedeu-se à criação de um projeto em ambiente SIG, recorrendo ao software Arcgis 10.8 utilizando o sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89.

Os dados de entrada necessários para a criação da Landscape dizem respeito à informação espacial dos fatores ambientais que afetam o comportamento do fogo (Figura 8): topografia (altitude (metros), declive (graus) e exposição (graus)); a vegetação (modelos de combustíveis florestais e coberto arbóreo); a meteorologia.

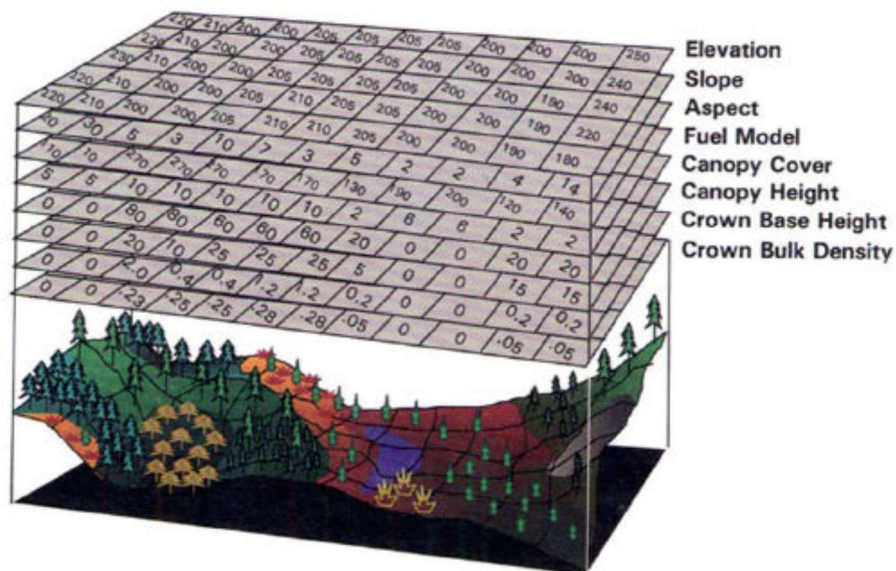


Figura 8 - Dados de entrada do simulador FlamMap e Farsite (Finney, 2004).

O modelo digital do terreno (DEM) foi obtido com uma resolução de 25 metros a partir da página web do Programa de Observação da Terra da União Europeia – Copernicus, cujos dados obtidos por satélite estão acessíveis aos utilizadores de forma gratuita e aberta, após o prévio registo: <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0-and-derived-products> (consulta em setembro de 2023), a partir do qual se procedeu

à reprojeção do raster para o sistema de referência de coordenadas ETRS_1989_Portugal_TM06, bem como à alteração da resolução para 30 metros. A informação geográfica referente aos declives e à exposição foi obtida a partir deste raster.

Os modelos de combustíveis foram obtidos através da reclassificação da ocupação do solo com base na classificação apresentada por Sá et. al (2023) e Alcasena et. al (2021), considerando os modelos de combustível de Fernandes & Loureiro (2021).

O coberto arbóreo foi trabalhado para um pixel de 30 metros através da informação disponível do Tree Cover Density de 2018 disponível no Copernicus – Programa Europeu de Observação da Terra (EU Copernicus Land Monitoring Service, 2018).

Para os dados de entrada não obrigatórios - altura da árvore, altura da base da copa e densidade da copa foram utilizados os dados raster fornecidos pelo colega Pedro Venâncio no âmbito de um trabalho de preparação de uma Landscape para Portugal Continental.

Obtidos todos os rasters necessários para a criação da Landscape procedeu-se à sua conversão para o formato ASCII Raster Grid para serem suportados no simulador.

3.1.3 - Parâmetros de simulação

Determinação dos caminhos preferenciais do fogo

Os caminhos preferenciais do fogo consistem na identificação dos locais mais prováveis de propagação principal de um incêndio, e são apresentados sob a forma de um conjunto de vetores. Quando uma linha de propagação principal encontra as condições necessárias para dar origem a duas ou mais linhas, diz-se que esse ponto é um ponto de abertura do incêndio.

Sendo um dos objetivos deste trabalho a determinação de caminhos preferenciais do fogo, de pontos estratégicos de gestão/áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível para incremento na proposta de uma paisagem menos vulnerável aos incêndios rurais, foram introduzidos no FlamMap dois ficheiros:

- O ficheiro FMS – Initial Fuel Moisture - descrição da humidade dos combustíveis nos parâmetros de 1 hora, 10 horas, 100 horas, vivos herbáceos e vivos arbustivos;

- O ficheiro FMD – Custom Fuel Model - informação referente à carga combustível, rácio superfície/volume, profundidade (depth bed), humidade de extinção, poder calorífico e percentagem de combustível vivo e morto.

O ficheiro FMS utilizado foi construído a partir de Alcasena et al. (2021), correspondendo à Macro Área 8 (Tabela 4), tendo-se simplificado o cenário de vento utilizando o valor de velocidade correspondente à observação mais frequente, que é de 18km/h (cenário 315°, com uma frequência de 25%).

Tabela 4 - Humidade dos combustíveis e cenário meteorológico.

Macro Área (código)	Velocidade do vento (km/h) e frequência (%) para cada cenário de direção								Teor de humidade dos combustíveis por classe (%)				
	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°	1 h	10 h	100 h	LH	LW
EBS (8)	19 (8)	-	-	23 (10)	23 (10)	18 (14)	18 (25)	18 (23)	6	8	10	37	66

Fonte: Alcasena et. al (2021).

O ficheiro FMD utilizado foi adaptado dos resultados do Projeto *Fire Engine* (Fernandes & Loureiro, 2021) (Tabela 5).

Tabela 5 - Características dos modelos de combustível.

Modelo	Espess. (m)	Carga (t ha ⁻¹)					SVR (m ⁻¹)			PC (kJ kg ⁻¹)	Hx (%)
		1hr	10hr	100hr	arb.	herb.	1hr	herb.	arb.		
F-RAC	0.05	3,75	2,00	1,00	1,18	0,00	6500	-	4500	20500	28
F-FOL	0.15	2,67	1,27	0,69	1,16	0,00	4500	-	5000	20500	25
F-PIN	0.10	6,50	1,50	0,00	0,00	0,00	5500	-	-	20500	45
F-EUC	0.32	4,63	2,96	1,27	1,12	0,00	4200	-	5000	21000	26
M-CAD	0.63	4,54	1,87	0,61	9,08	0,00	6000	-	5000	20000	30
M-ESC	0.50	5,65	1,50	0,48	7,89	0,00	5000	-	5500	20500	25
M-PIN	0.50	7,21	3,00	0,00	6,89	0,00	5500	-	6000	21000	40
M-EUC	0.64	8,37	3,81	0,00	4,51	0,00	4700	-	5000	21000	32
M-EUCd	0.40	1,37	2,89	1,59	1,84	0,00	4500	-	5000	21000	26
M-H	0.10	2,71	1,00	0,00	0,10	0,66	5500	8000	4500	20500	30
M-F	0.30	4,50	1,50	0,50	0,48	2,35	6000	8000	4500	19500	35
V-MAb	0.50	6,00	0,50	0,00	7,50	0,00	4500	-	4500	21000	35
V-MAa	1.05	9,50	2,50	0,00	14,50	0,00	3500	-	4000	21000	35
V-MMb	0.90	4,00	0,50	0,00	7,00	0,00	3000	-	3000	20500	20
V-MMa	1.70	6,00	4,00	0,00	13,00	0,00	2500	-	3000	20500	25
V-MH	0.55	1,00	1,00	0,00	5,50	1,50	4500	8500	4000	19500	25
V-Hb	0.35	0,30	0,00	0,00	0,00	1,20	6000	6000	-	19000	24
V-Ha	0.60	0,65	0,15	0,00	0,40	2,35	4000	5500	4000	19000	24

SVR – relação entre superfície e volume. PC – conteúdo calorífico. Hx – humidade de extinção do combustível 1hr.

Efetuarão-se simulações correspondentes a quatro cenários distintos, considerando linhas de ignição com a mesma dimensão e distância ao limite da AIGP, mas com variações da proveniência do vento: Norte, Sul, Este e Oeste (Figura 9).

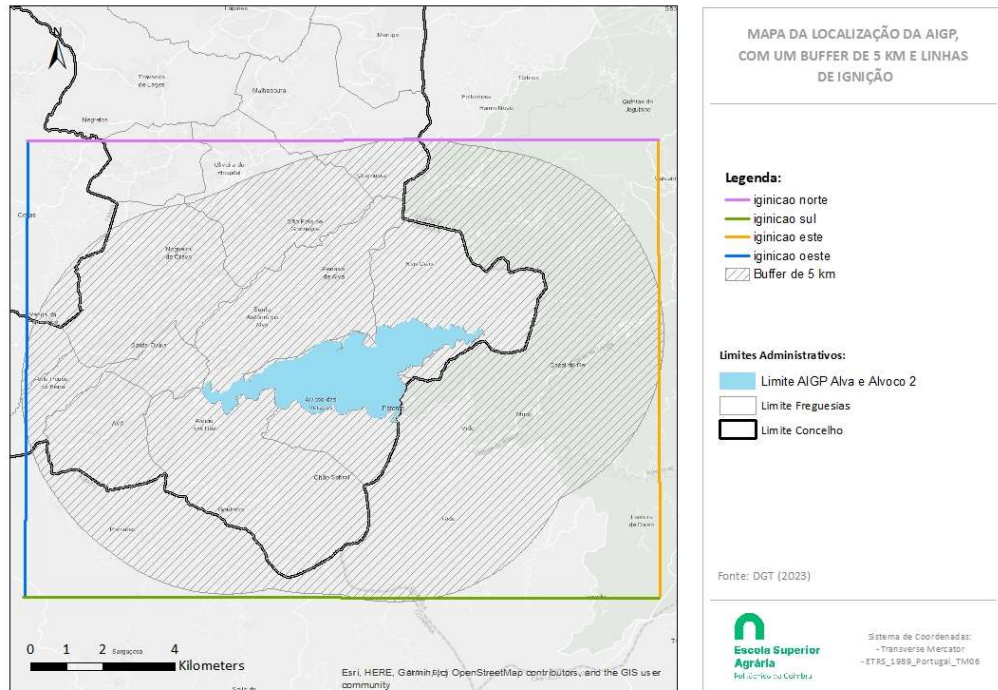


Figura 9 - Localização da AIGP Alva e Alvoco 2, com um buffer de 5 km e linhas de ignição.

Relativamente à parametrização do FlamMap e, uma vez que o principal objetivo desta análise consistiu na determinação dos caminhos preferenciais de propagação e dos pontos de abertura de incêndios, não foi incluída a probabilidade de existência de focos secundários. A resolução do cálculo utilizada foi 30 metros e a distância ou intervalo mínimo para o cálculo dos caminhos preferenciais definiu-se como 200 metros.

Avaliação dos pontos de abertura

Para permitir uma análise conjunta, os pontos de abertura foram marcados com um buffer de 100 metros de raio e centro no ponto de abertura, conforme demonstra o exemplo da Figura 10.

Para além de ser possível analisar cada um dos pontos de abertura, foi igualmente possível avaliar a sua área de influência mais próxima.

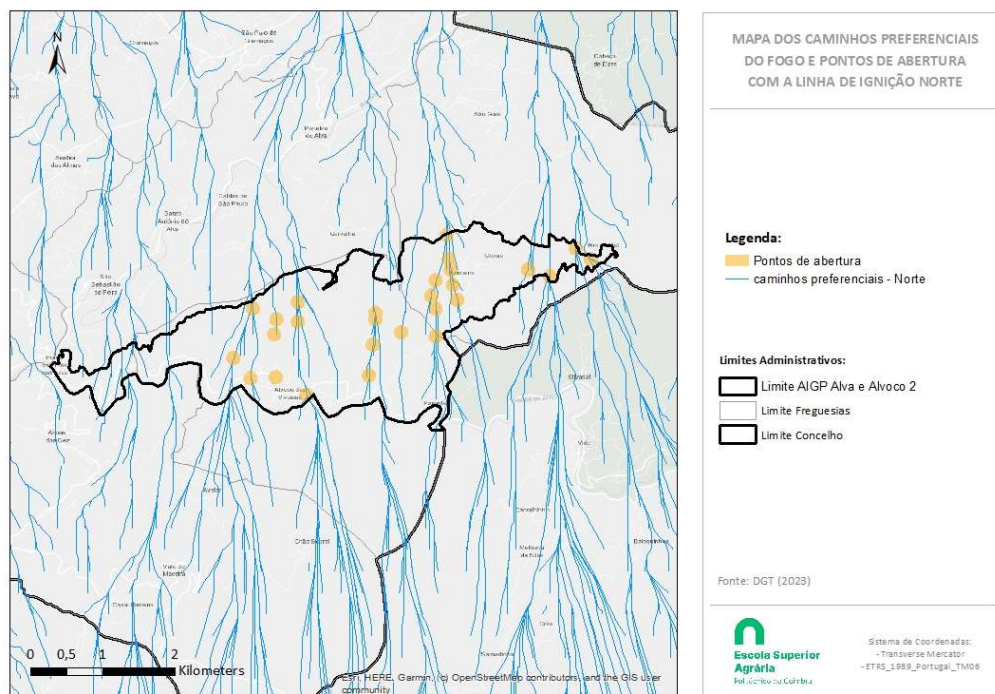


Figura 10 - Caminhos preferenciais do fogo e pontos de abertura com a linha de ignição Norte.

Posteriormente, foi criado um mapa com a integração dos resultados de todos os pontos de abertura. O resultado foi uma grelha de sobreposição de pontos de abertura, com resolução de 30 metros, em que se obteve para cada célula um valor de 0 a 4, consoante o número de pontos de abertura (contando o raio de influência de 100 metros) que nela foram identificados nas quatro simulações.

Assim, um pixel identificado com o valor “4” foi classificado como estando na área de influência de um ponto de abertura em cada uma das quatro simulações (vento proveniente de Norte, Este, Sul e Oeste), enquanto uma célula com o valor “2” resultou da identificação de pontos de abertura em duas das quatro simulações. Células com valor “0” não tiveram pontos de abertura em nenhuma simulação (Tabela 6).

Tabela 6 - Classificação da grelha resultante de sobreposição dos pontos de abertura nas quatro simulações.

Valor	Classificação	Prioridade
1	Um ponto de abertura nos quatro cenários	Baixa
2	Dois pontos de abertura coincidentes nos quatro cenários	Média
3	Três pontos de abertura coincidentes nos quatro cenários	Alta
4	Quatro pontos de abertura coincidentes nos quatro cenários	Muito alta

Adaptado de ADAI (2023).

A combinação dos pontos de abertura referentes às simulações nos quatro cenários de ignição resultou, conforme descrito anteriormente, num raster (ou grelha), dando a indicação da prioridade de intervenção (Figura 11).

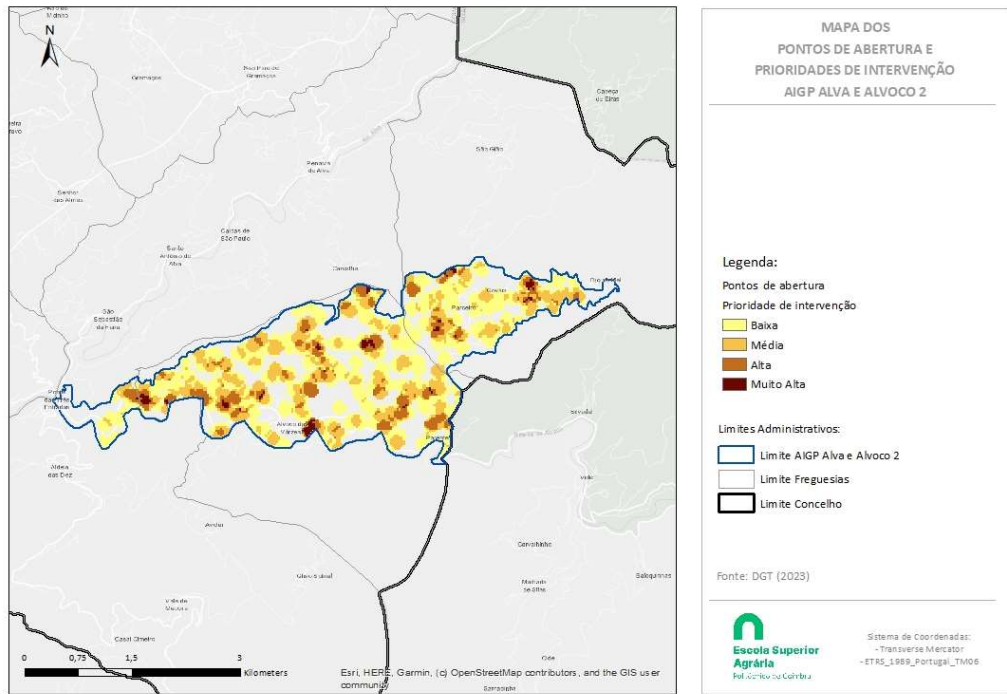


Figura 11 - Pontos de abertura de incêndios representando as prioridades de intervenção.

Analisaram-se os pontos de abertura obtidos e comparou-se com os eixos de propagação dos incêndios e os pontos estratégicos de gestão obtidos através da metodologia adotada

pelo ICNF (Figura 12) no âmbito do relatório de análise da suscetibilidade de incêndio rural em Portugal.

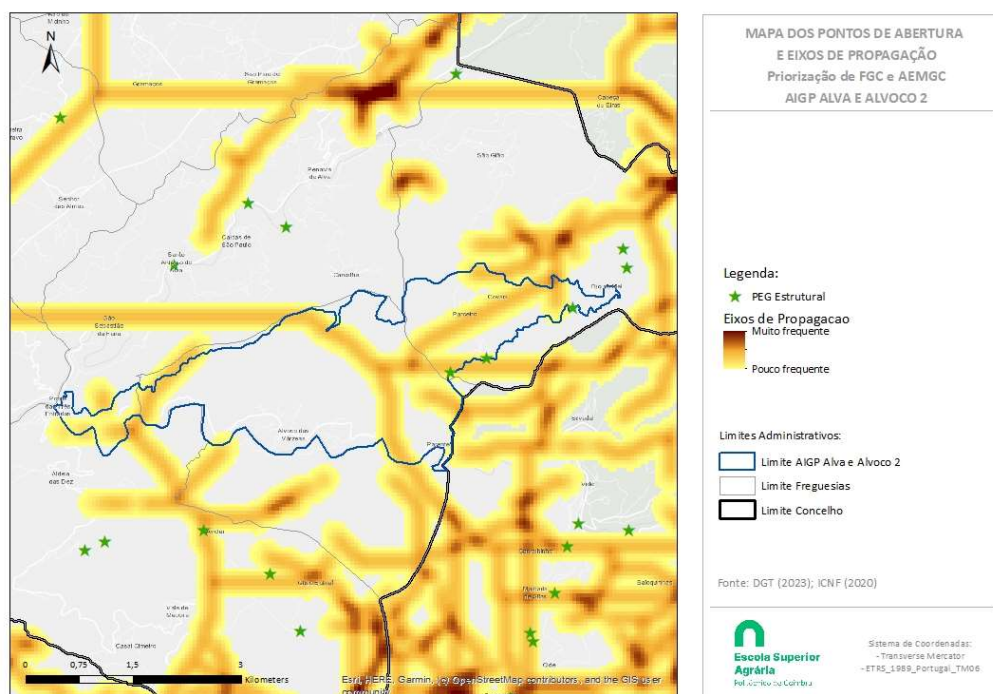


Figura 12 - Eixos de propagação dos incêndios e pontos estratégicos de gestão (ICNF, 2020).

Desenho de pontos estratégicos de gestão/áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível

Com base na análise anterior foram delimitadas as áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível ou pontos estratégicos de gestão, onde se preconizou a alteração da paisagem (Figura 13). Propôs-se a reconversão de áreas ocupadas com espécies invasoras, regeneração natural de pinheiro bravo ou com eucalipto, para folhosas diversas, sobreiro ou medronheiro, bem como a valorização de agricultura existente e em uso na área da AIGP. Uma vez que a área da AIGP se encontra atualmente praticamente coberta com regeneração de pinheiro bravo, com bons crescimentos, mas com elevada carga combustível, as intervenções propostas incidem sobretudo em intervenções mecânicas e motomanuais.

A escolha das espécies onde se preconizará a alteração do uso do solo, prendeu-se sobretudo devido à sua aptidão naquela área, de modo a valorizar a biodiversidade

existente em termos ecológicos, tendo em conta a proteção do solo e da água, tendo presente os usos compatíveis conforme previsto no Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro.

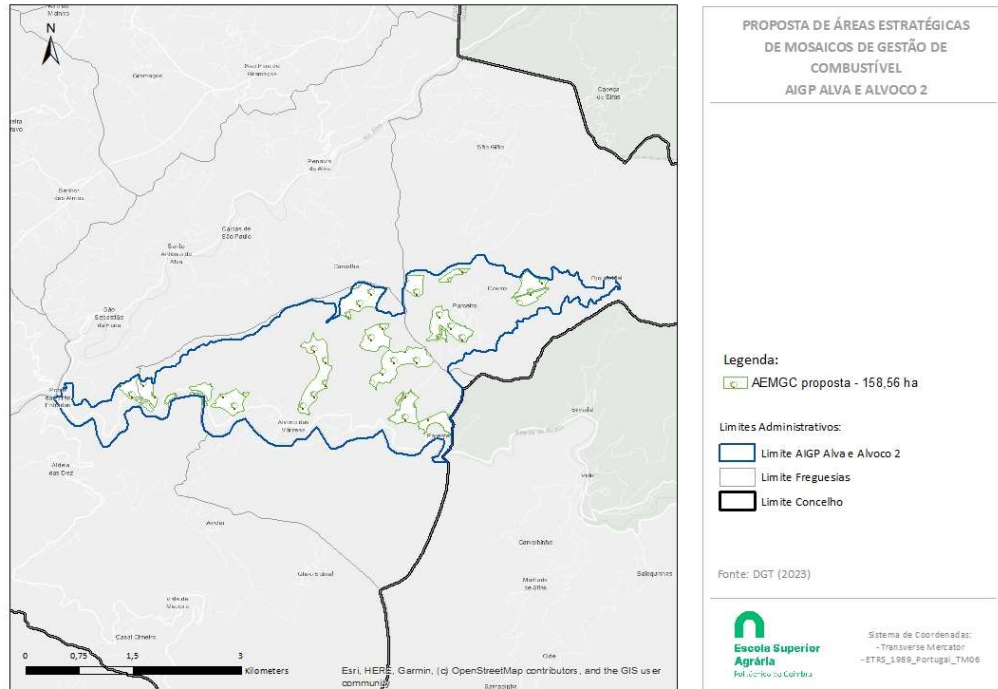


Figura 13 - Proposta de Áreas Estratégicas de Mosaicos de Gestão de Combustível ou Pontos Estratégicos de Gestão.

Aferição do incremento da resiliência e da gestão florestal na AIGP de Alva e Alvoco 2 no comportamento potencial do fogo

Recorrendo ao algoritmo Farsite do FlamMap pretendeu-se aferir o incremento da resiliência ou estrutura da resiliência (faixas e áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível) na paisagem atual, bem como as propostas de transformação da paisagem (paisagem ideal) na AIGP de Alva e Alvoco 2 apresentadas pela entidade gestora aos proprietários florestais que integram aquela AIGP.

Tendo presente que se pretendia perceber o comportamento do fogo na área da AIGP na paisagem atual, na paisagem atual com o incremento da resiliência e, com o incremento da proposta de transformação da paisagem onde se inclui a gestão florestal, numa primeira fase fez-se uma análise ao histórico de ignições na área de estudo.

As ignições que contribuíram para maior área ardida tiveram origem na sua totalidade, fora da AIGP de Alva e Alvoco 2. Então, tentou perceber-se qual a direção desses incêndios, a forma de propagação e por onde entraram na AIGP, tendo-se selecionado quatro ignições (cenários) que foram testadas e comparadas entre si (Figura 14).

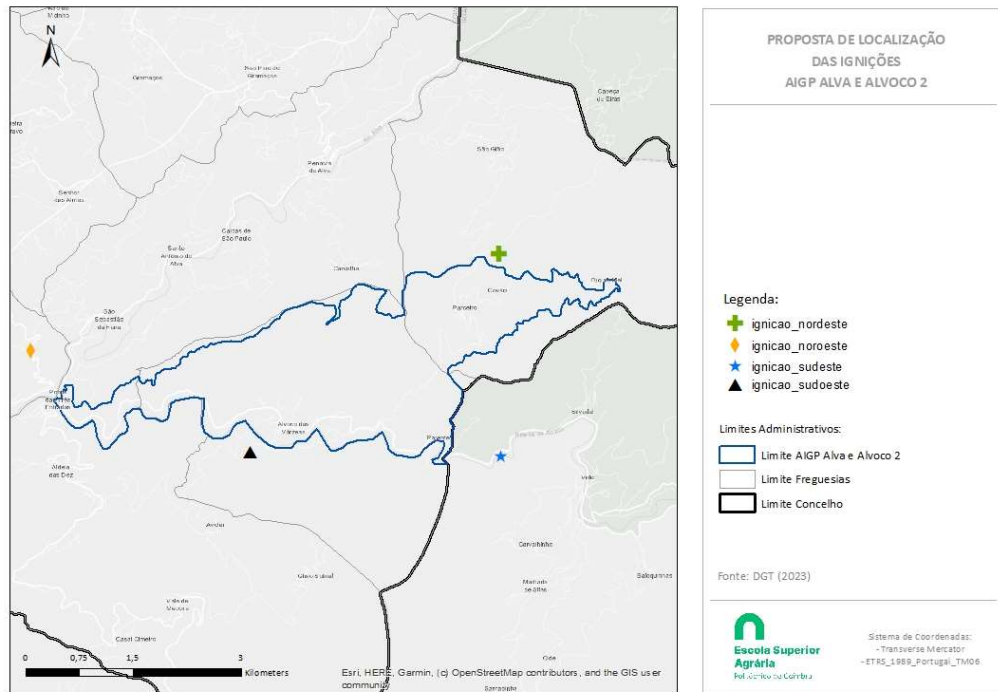


Figura 14 - Mapa de localização das ignições utilizadas nas simulações.

O ficheiro FMS utilizado foi o construído a partir de Alcasena et al. (2021), correspondendo à Macro Área 8. O ficheiro FMD utilizado foi adaptado dos resultados do Projeto *Fire Engine* (Fernandes & Loureiro, 2021).

Relativamente ao cenário meteorológico considerado, procurou-se um cenário representativo de condições severas, sob o qual aconteceu um fogo severo. Assim, as simulações realizadas tiveram como base os dados meteorológicos registados no dia 15 de outubro de 2017, onde um incêndio severo deflagrou na área da AIGP de Alva e Alvoco 2, e em praticamente toda a região Centro (Figura 15).

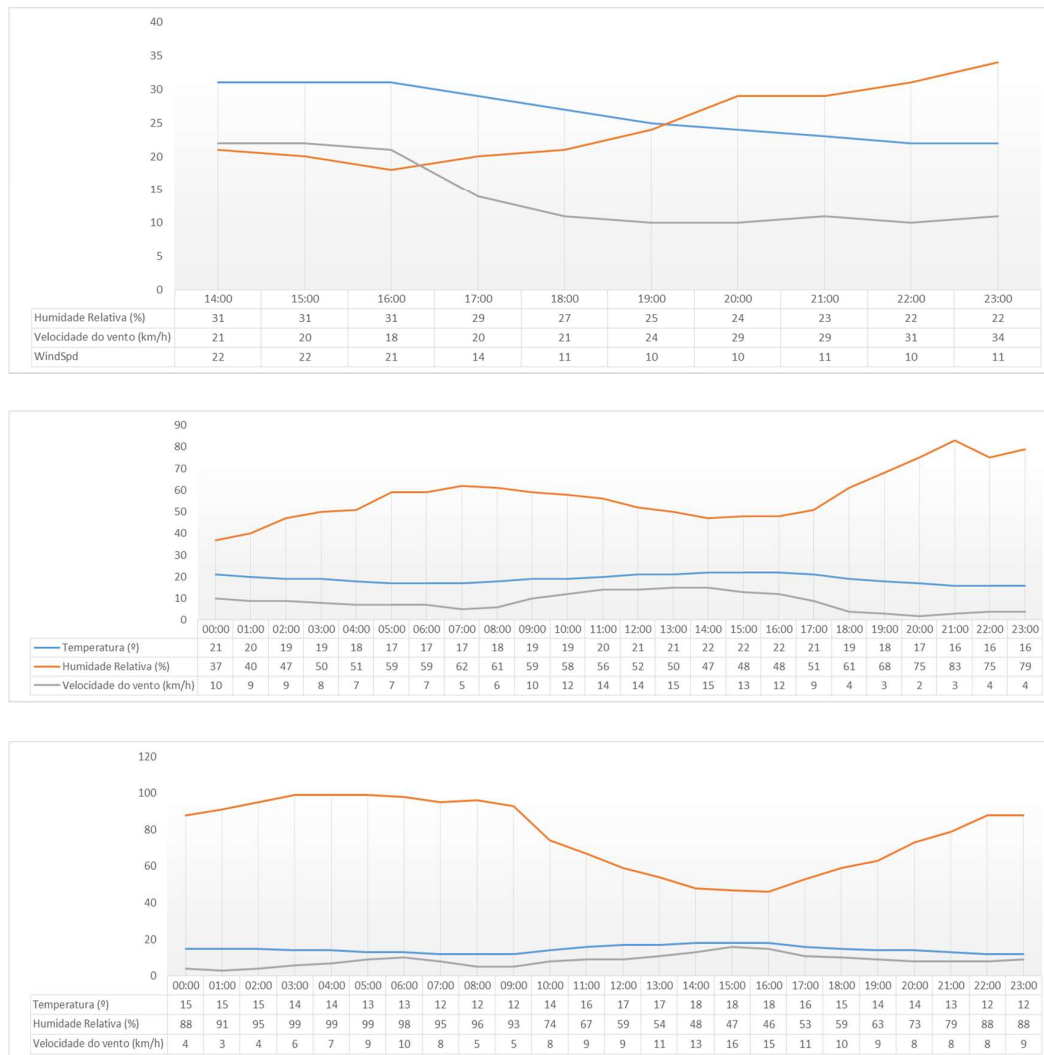


Figura 15 - Dados meteorológica para Oliveira do Hospital - dias 15, 16 e 17 de outubro de 2014 (fonte: IPMA)

Os dados meteorológicos foram retirados do Copernicus Climate Data Store – ERA5, o qual constitui um repositório de dados meteorológicos horários de reanálise desde 1940. Este arquivo disponibiliza diversas variáveis meteorológicas, como a temperatura, ponto de orvalho, intensidade do vento e direção do vento e precipitação.

Os modelos de combustível quer para a paisagem com incremento da estrutura de resiliência e para a paisagem ideal, foram adaptados/reclassificados considerando as propostas de alteração da paisagem para a AIGP de Alva e Alvoco 2. No caso da paisagem com incremento da resiliência optou-se por espécies menos vulneráveis à passagem dos incêndios, nomeadamente medronheiro (F-FOL, 212), sobreiro (M-CAD, 226) e outras folhosas (F-FOL, 212). Na paisagem ideal também se adotaram modelos de combustível

com cargas de combustível mais reduzidas, ilustrando a gestão dos povoamentos florestais.

Para o coberto de copas recorreu-se ao produto Tree Cover Density de 2018 disponível no Copernicus – Programa Europeu de Observação da Terra (EU Copernicus Land Monitoring Service, 2018), ao qual foi aplicado o Zonal Statistics do Spatial Analyst Tools do Arcgis 10.8, de forma a calcular o valor das células e assim atribuir o valor correspondente a cada uma.

Não se teve em conta nesta análise, as alterações ao nível do coberto de copa e da altura da base da copa da árvore, uma vez que não se encontraram dados disponíveis na pesquisa bibliográfica.

Na Tabela 7 apresentam-se os parâmetros de entrada utilizados no Farsite.

Tabela 7 - Parâmetros de entrada utilizados no Farsite.

Perímetros	60 m
Distância	30 m
Intervalo de tempo	60 min
Hora da ignição	14 horas
Duração da simulação para a paisagem atual	48 horas
Duração da simulação para a paisagem com incremento da estrutura de resiliência e com incremento da gestão florestal*	51 horas
Projeção de focos secundários	0,15

*De um modo geral é necessário mais tempo de simulação para percorrer a área de estudo. Em alguns cenários, algumas áreas não “ardem”, mesmo aumentando a duração da simulação.

Foram produzidos para cada uma das 12 simulações os outputs que se descrevem:

1. Comprimento de chama (m);
2. Intensidade linear (kw/m);

3. Velocidade de propagação (m/min).
4. Propagação do fogo a cada 60 minutos e tempos de chegada;

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados resultam de um total de 12 simulações, correspondentes aos quatro cenários de ignições previamente identificadas do histórico de incêndios observados na envolvente da área de estudo, para a paisagem atual, para a paisagem com o incremento da estrutura da resiliência e para a paisagem ideal (que contemplou para além do incremento da estrutura de resiliência, a transformação da paisagem proposta pela entidade gestora da AIGP de Alva e Alvoco 2).

Analisando a progressão horária do fogo no cenário 1 (Figura 16), no cenário 2 (Figura 17), no cenário 3 (Figura 18) e no cenário 4 (Figura 19), foi possível identificar diferenças significativas na progressão do mesmo, nos cenários onde se propôs alteração do modelo de combustível, comparativamente à paisagem atual. Esta diferença é possível perceber pela diminuição do espaçamento entre isolinhas consecutivas.

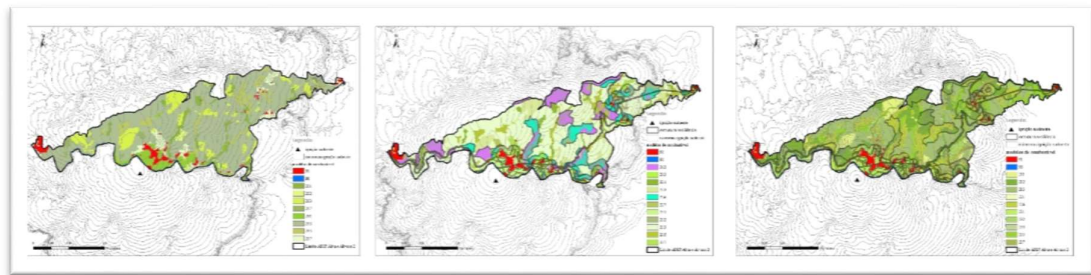


Figura 16 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição sudoeste.

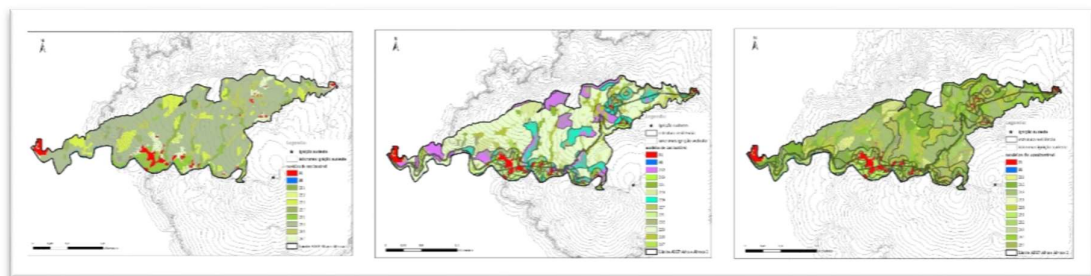


Figura 17 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição sudeste.

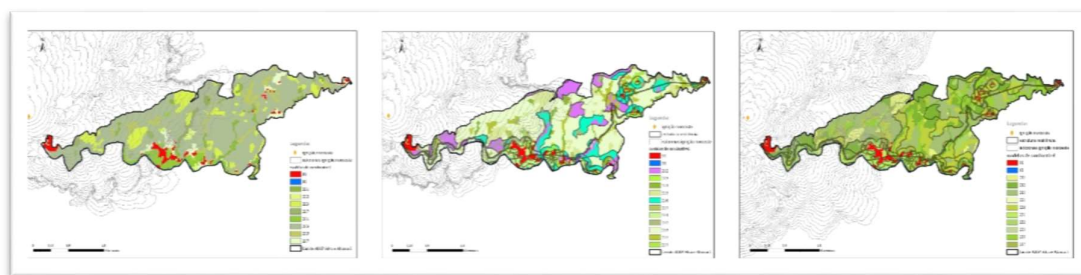


Figura 18 -Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição noroeste.

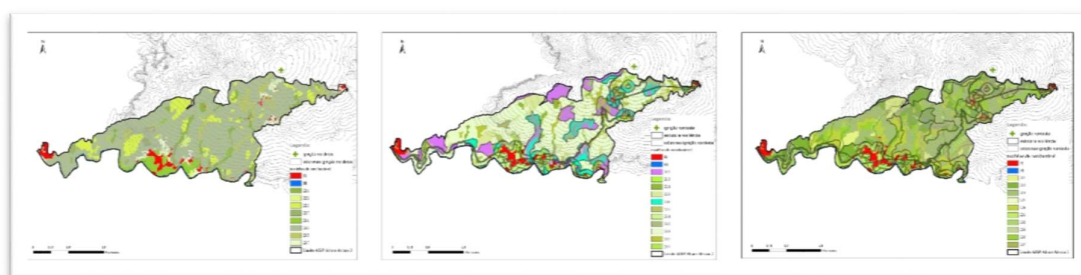


Figura 19 - Progressão do fogo na paisagem atual, na paisagem com estrutura da resiliência e na paisagem ideal - Ignição nordeste.

Tentou ainda perceber-se, se esta diminuição apenas dependeu do modelo de combustível ou se a meteorologia teve alguma influência nos resultados. Efetivamente, nas primeiras horas do incêndio a progressão foi muito rápida, quer na paisagem atual quer na paisagem com estrutura de resiliência, registando velocidades do vento superiores a 20 km/h e temperaturas acima dos 30 graus. À medida que o incêndio evolui e há uma alteração do modelo de combustível, o que acontece de madrugada, onde a meteorologia era mais favorável, o incêndio evoluiu muito mais lentamente, como expectável. Na paisagem ideal, a progressão foi muito mais lenta, inclusive nas primeiras horas, pelo que a meteorologia poderá ter aqui um efeito secundário.

Importa também referir, que os cenários com as ignições de sudoeste e sudeste são aqueles que mais área percorrem, traduzindo-se em maior área ardida. Isto vem de encontro ao que aconteceu nos dois incêndios que ocorreram em 2017 com origem naqueles quadrantes, e que afetaram a quase totalidade da área da AIGP de Alva e Alvoco 2.

4.1 – Análise Estatística

De modo a comparar os resultados obtidos nas simulações das quatro ignições do histórico de incêndios, foi considerada uma análise estatística tendo por base as estatísticas zonais do Spatial Analyst do Arcgis 10.8.

Foram analisados os parâmetros do comportamento do fogo (comprimento de chama, intensidade linear da frente de fogo e velocidade de propagação), comparando a paisagem atual com a paisagem com incremento da estrutura de resiliência e com a paisagem ideal, para os quatro cenários de ignição que agora se apresentam.

Na análise da progressão horária tendo em consideração a composição do coberto, foi feita uma reclassificação dos tempos de chegada para cada uma das paisagens e para cada um dos cenários. Esta reclassificação foi feita com o objetivo de ter uma melhor leitura dos resultados. Assim, foram consideradas as primeiras dozes horas, sendo posteriormente considerados intervalos de 6 horas e, considerou-se um valor médio para cada um desses intervalos.

Foi ainda efetuado um *Combine no Spatial Analyst*, entre o raster reclassificado dos tempos de chegada com os modelos de combustível, de modo a obter a informação pretendida.

Cenário 1 – Ignição Sudoeste

Para o cenário 1, ao analisarmos a Figura 20, podemos concluir que há uma diminuição clara do comprimento de chama em todas as classes superiores a 1,22 m, quer na paisagem com estrutura de resiliência quer na paisagem ideal quando comparadas com a paisagem atual e, um aumento do comprimento de chama destas duas paisagens na classe de 1,22 m.

Tal é resultado das propostas de alteração do uso do solo, sendo este mais evidente na paisagem ideal, sendo que esta para além de preconizar intervenções ao nível da estrutura de resiliência, prevê igualmente, alteração da ocupação sobretudo de áreas de pinheiro bravo de regeneração natural em áreas de sobreiro, medronheiro ou folhosas diversas.

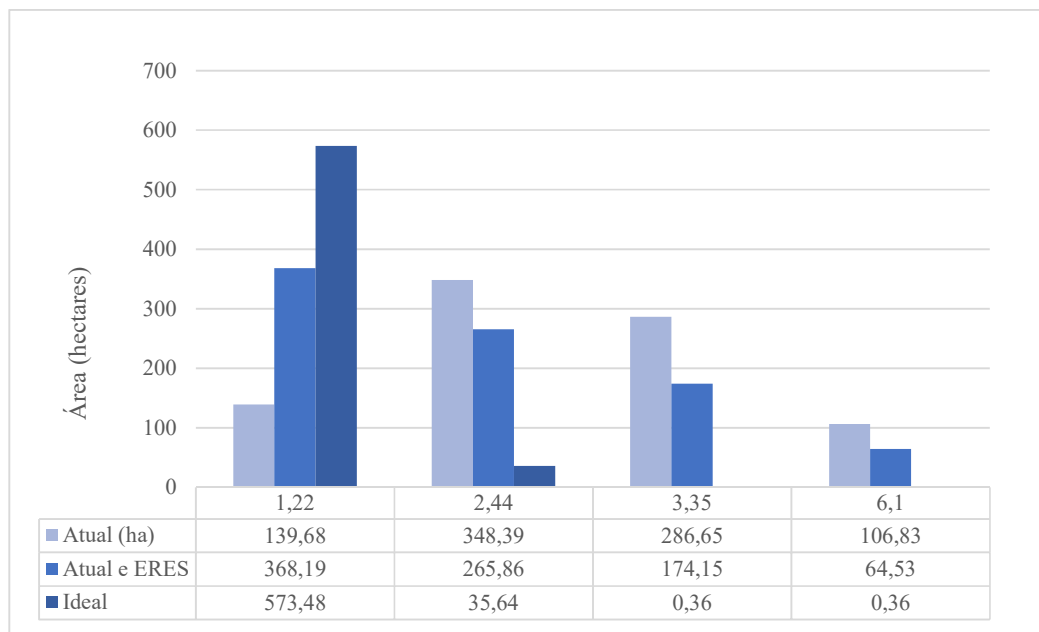


Figura 20 - Comprimento de chama (m) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).

À semelhança do que acontece para o parâmetro comprimento de chama, também é possível verificar pela análise da Figura 21, uma substancial redução da velocidade de propagação nas classes superiores a 2 m/min nas paisagens com alteração de ocupação, aumentando significativamente na classe mais baixa (1m/min).

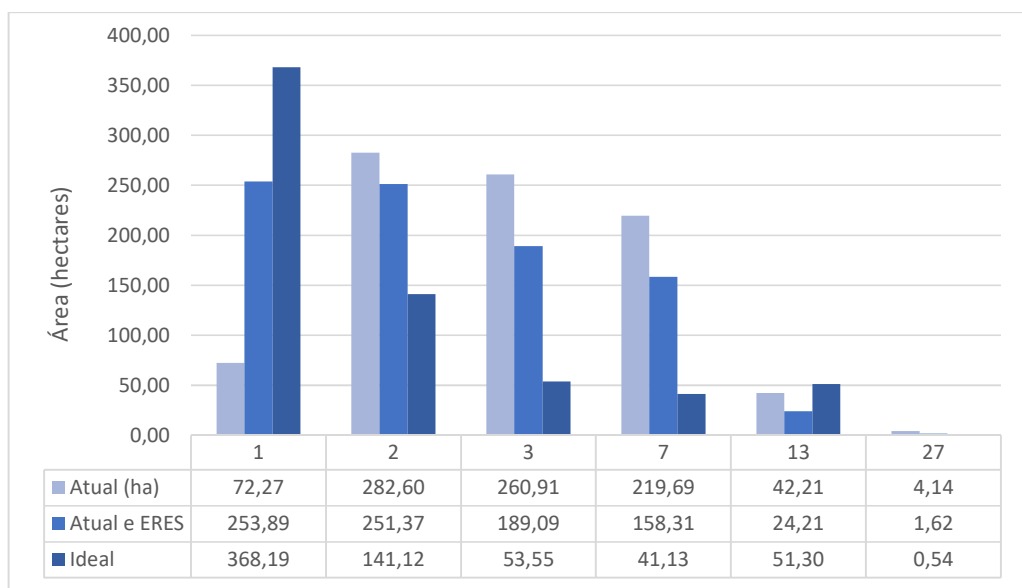


Figura 21 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).

Na Figura 22 apresenta-se a evolução entre as três paisagens no que se refere à intensidade da frente de chama (kw/m).

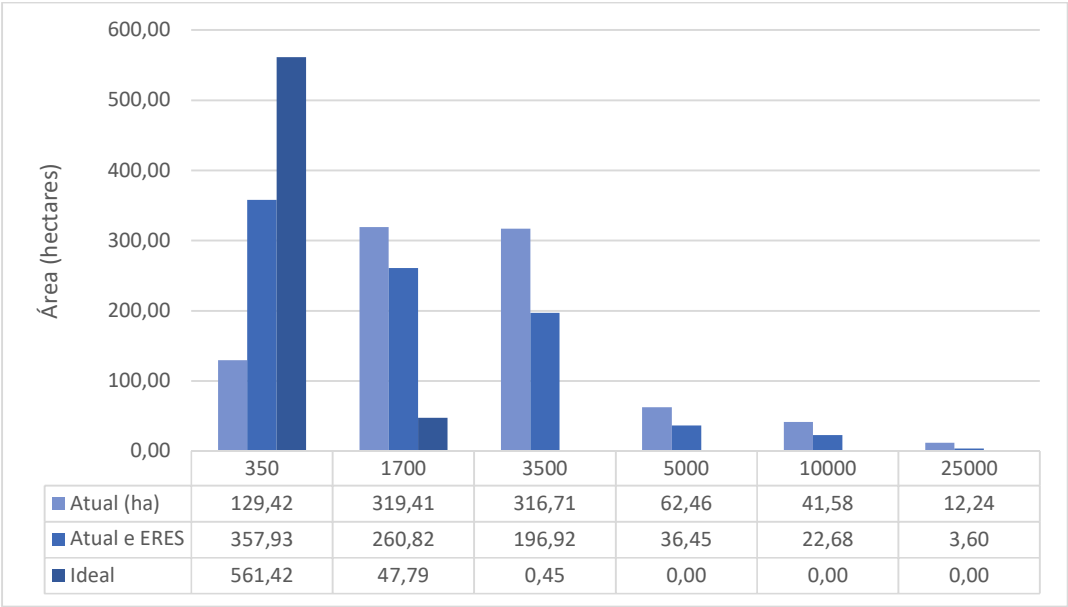


Figura 22 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 1 (Ignição Sudoeste).

É possível verificar uma redução significativa dos valores superiores a 3500 kw/m para todas as paisagens analisadas, sendo que nos valores de intensidade de frente de chama inferiores a 3500 kw/m, destaca-se uma redução mais significativa do comportamento do fogo na paisagem ideal.

Apresenta-se ainda na Tabela 8 um resumo estatístico da análise apresentada, onde é possível confirmar a diminuição generalizada dos valores dos parâmetros que descrevem o comportamento do fogo. Sendo possível confirmar uma diminuição generalizada dos valores dos parâmetros que descrevem o comportamento do fogo quando comparando a paisagem atual com as paisagens que integram modificações na ocupação do solo.

Tabela 8 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 1.

Variável	Paisagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Comprimento chama (m)	Atual	0.007	11.07	2.36	1.04
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.007	13.40	1.77	1.30
	Ideal	0.006	4.94	0.7	0.33
Intensidade de frente chama (kw/m)	Atual	0.064	13857.8	2066.16	1936.62
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.005	12654.5	1295.09	1600.46
	Ideal	0.03	2524.74	146.61	157.96
Velocidade de propagação (m/min)	Atual	0.002	16.39	2.86	2.16
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.001	16.66	2.13	1.88
	Ideal	0.001	15	1.22	1.33

Na Figura 23 podemos ter uma análise visual dos dados apresentados.

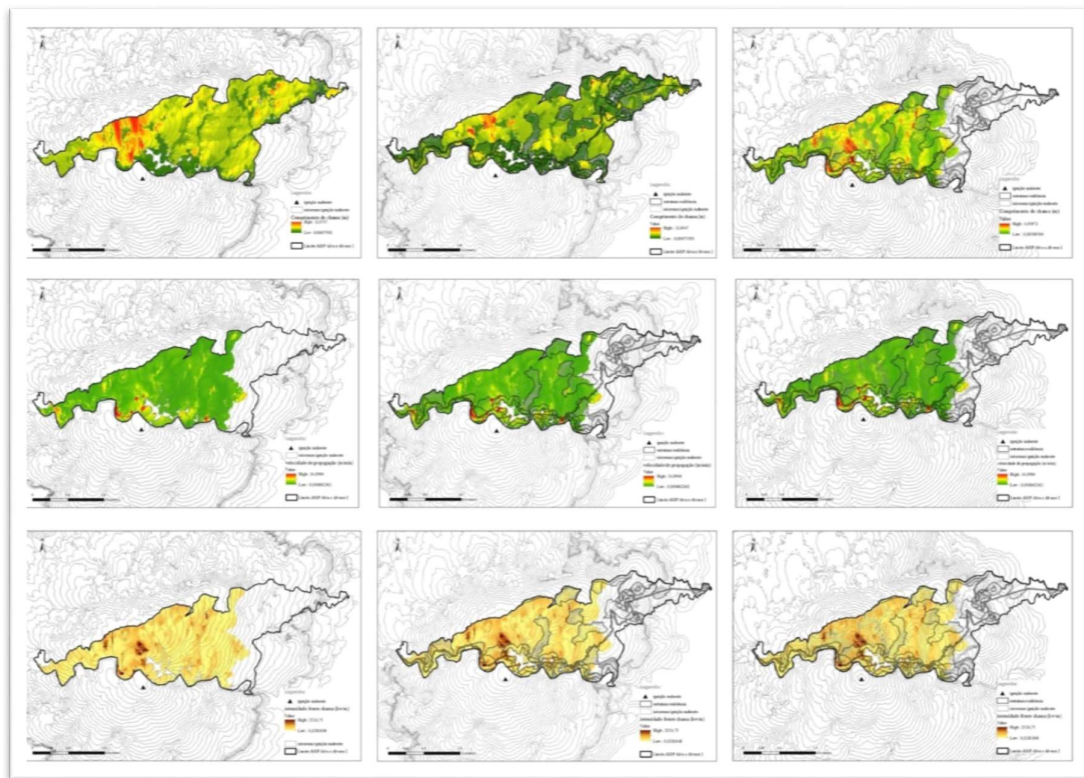


Figura 23 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 1 - Ignição Sudoeste.

Na paisagem atual, ao analisar a progressão horária com a área afetada por composição do coberto (Figura 24), podemos verificar que o modelo de combustível que mais ardeu em todas as horas da simulação, foi o modelo 233 (V-MAa), correspondendo a áreas de pinheiro bravo de regeneração natural pós-incêndio de 2017 e a áreas de invasoras lenhosas, as quais apresentam elevada carga combustível. As áreas de pinheiro bravo ainda não sofreram qualquer intervenção de gestão de combustível após o incêndio de 2017, pelo que são áreas que, para além de apresentarem uma grande densidade também se caracterizam por matos altos.

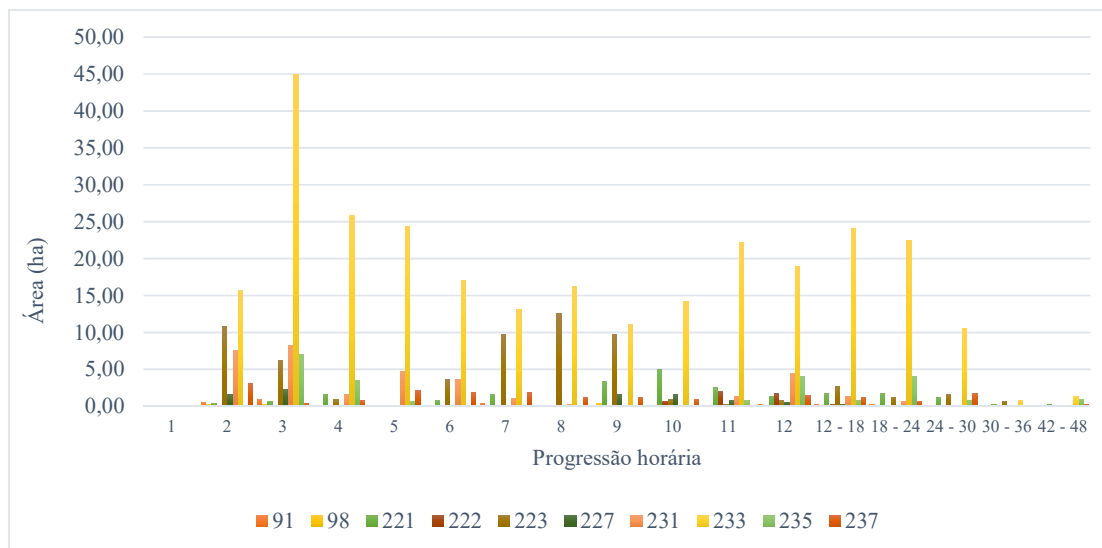


Figura 24 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem atual - Cenário 1.

Na paisagem com estrutura de resiliência, foi possível observar que o modelo de combustível que mais ardeu, foi o modelo 233 (V-MAa) em praticamente todas as horas da simulação (Figura 25).

Para além do modelo 233, os modelos 231 (V-Ha) e 223 (M-EUC) foram os que mais arderam no decorrer da progressão da simulação.

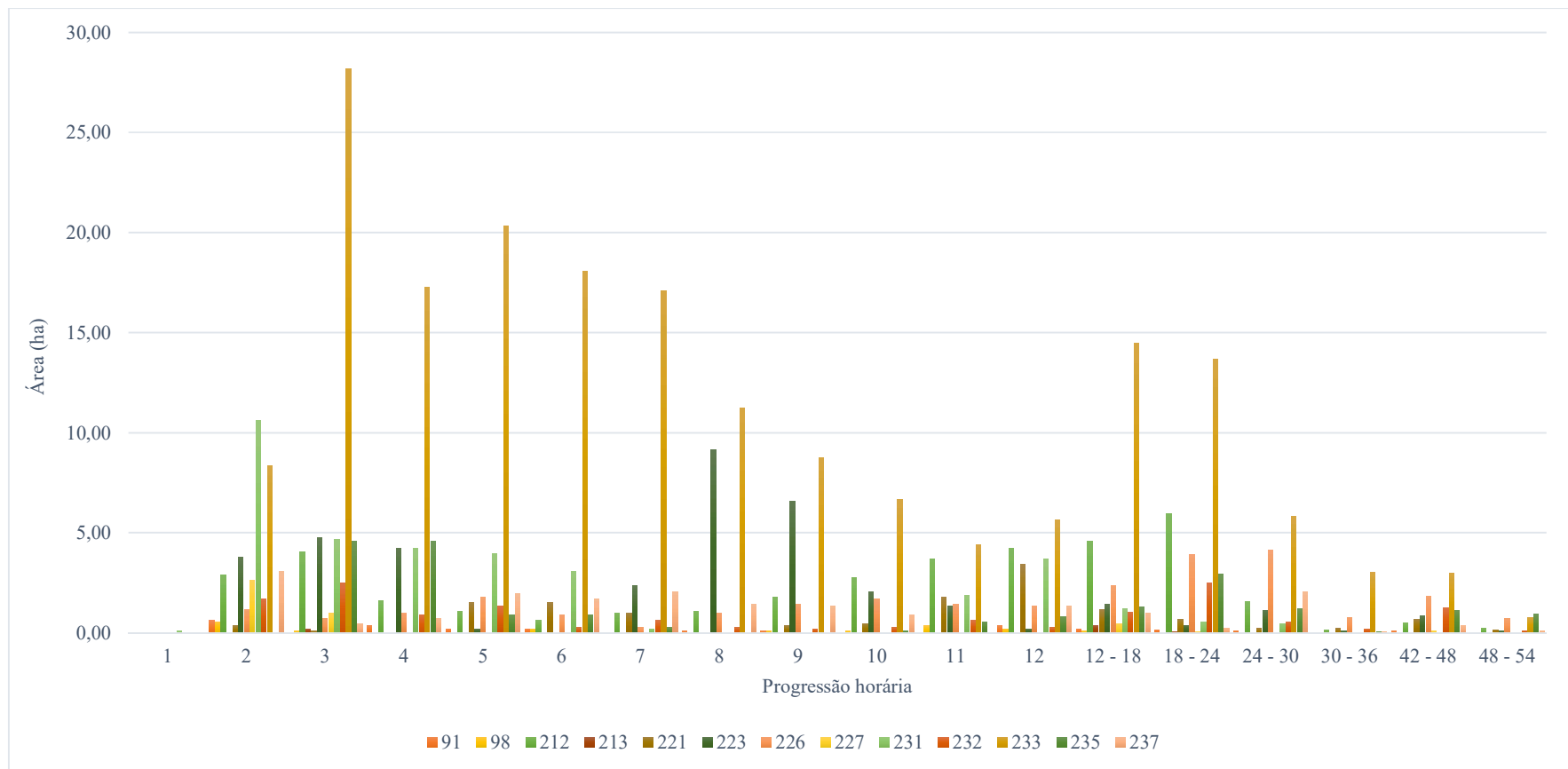


Figura 25 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Cenário 1.

Na paisagem ideal (Figura 26), os modelos de combustível mais afetados foram os modelos 213 (F-PIN), 212 (F-FOL) e 226 (M-CAD), nos períodos entre as 18 e as 36 horas de simulação. Na quarta hora de simulação verificou-se que o modelo 231 (V-Ha) foi o que mais ardeu, ultrapassando os 7 hectares.

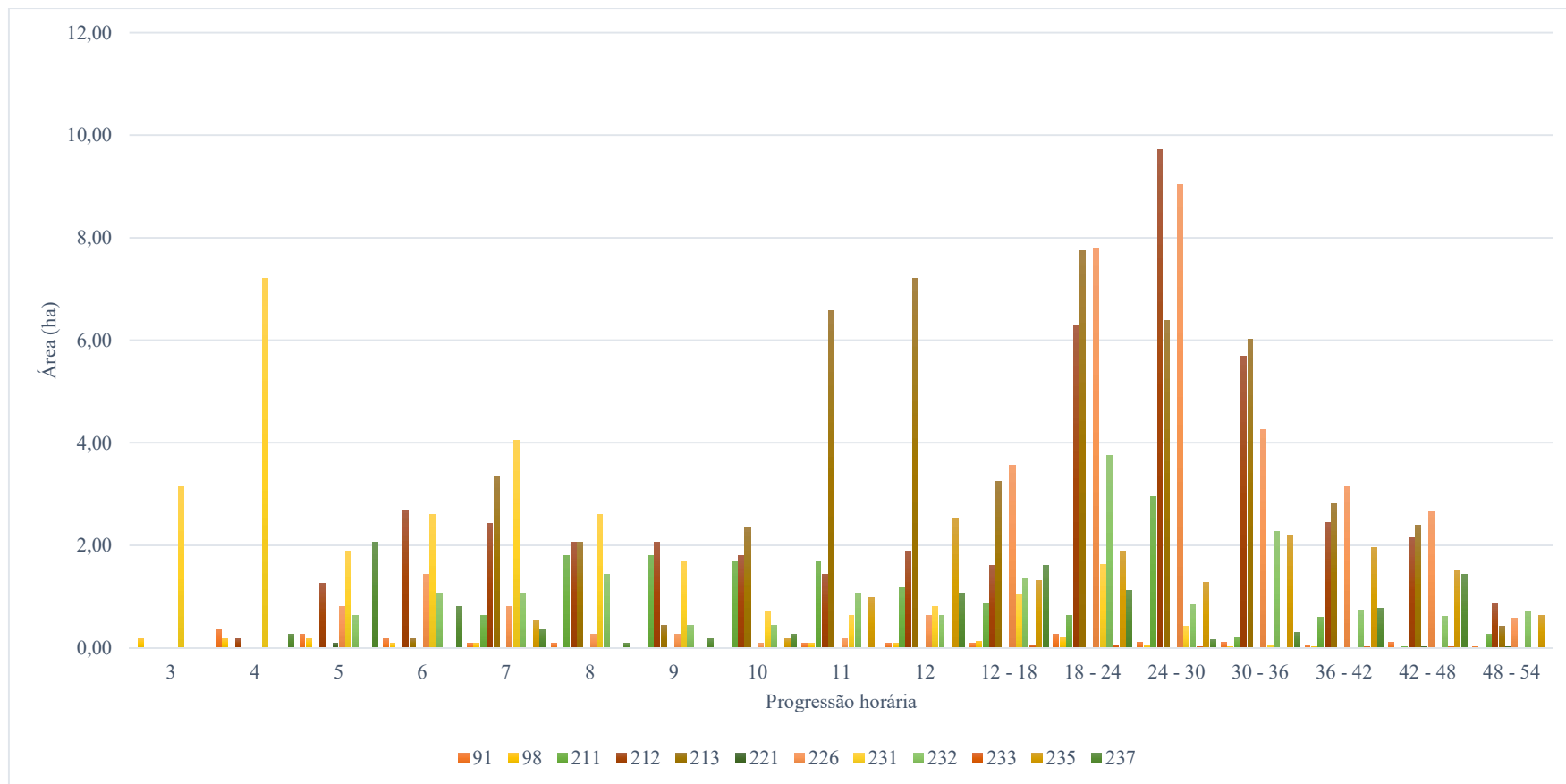


Figura 26 - Áreas afetadas por hora segundo o modelo de combustível na paisagem ideal - Cenário 1.

Cenário 2 – Ignição Sudeste

O Cenário 2 refere-se às simulações efetuadas para as três paisagens de análise, considerando uma ignição localizada a sudeste da AIGP.

Assim, ao analisarmos a Figura 27 e, para o descritor de comportamento do fogo comprimento de chama, podemos verificar uma redução significativa dos valores nas classes superiores das paisagens com alteração do uso do solo, quando comparada com a paisagem atual. Verificando-se o inverso nas classes inferiores.

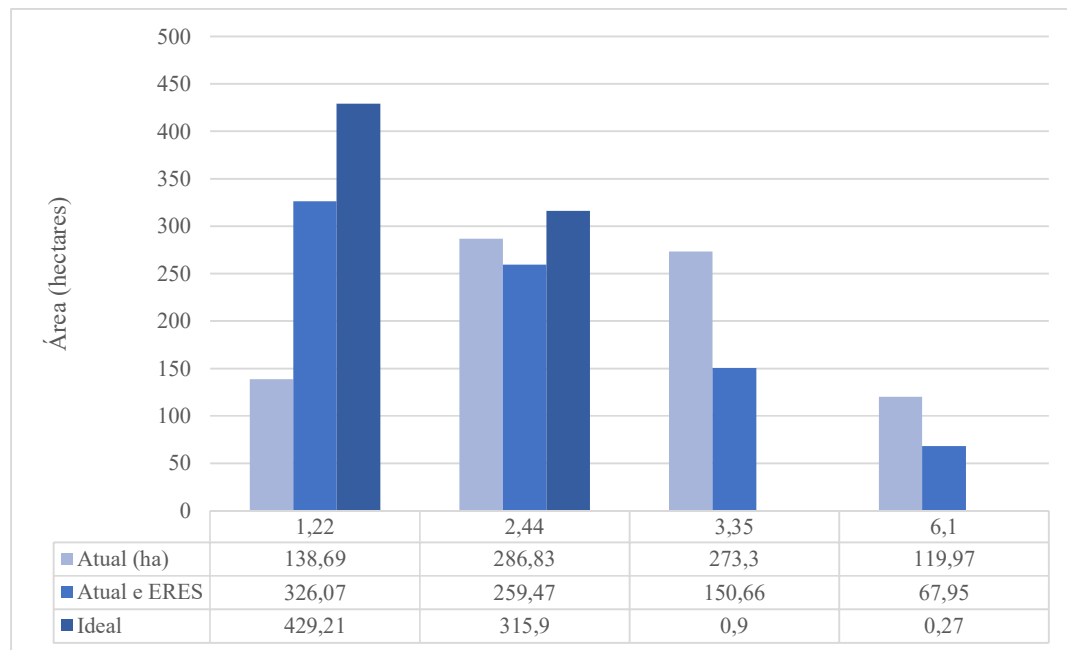


Figura 27 - Comprimento de chama (m) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).

Quanto ao descritor velocidade de propagação (Figura 28), verifica-se uma tendência de redução nas classes superiores quando comparamos as paisagens com modificações de paisagem relativamente à ocupação atual. Nas classes mais baixas verifica-se um aumento da velocidade de propagação quando comparamos a paisagem atual com a paisagem com incremento da estrutura de resiliência.

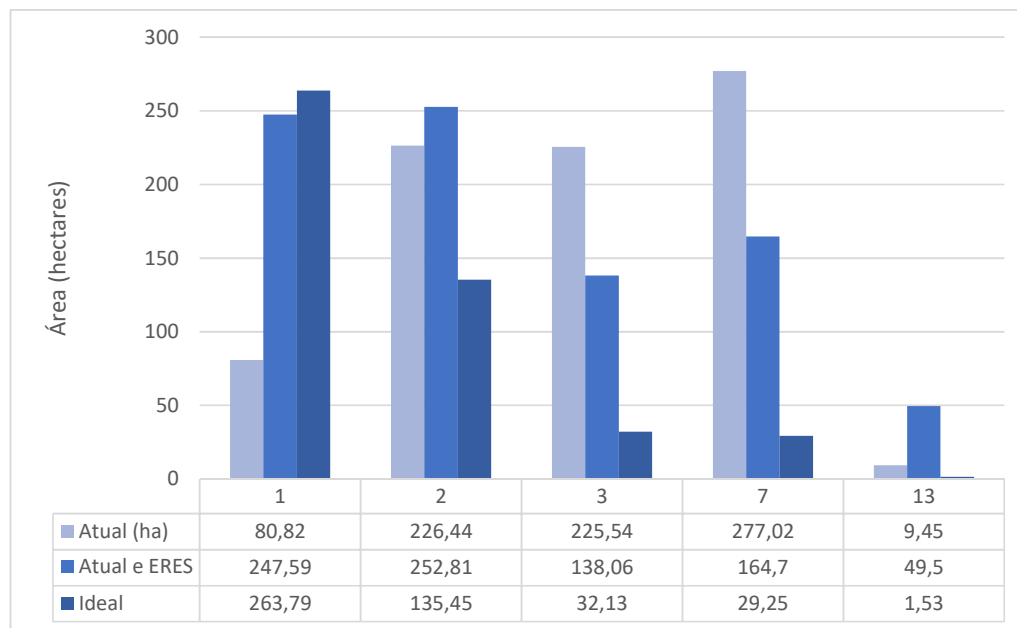


Figura 28 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).

Quanto ao parâmetro da intensidade da frente de chama é possível constatar na Figura 29, a inexistência de áreas na paisagem ideal, com valores superiores a 5000 kw/m, sendo que para valores superiores a 350 kw/m, as áreas na paisagem ideal são claramente reduzidas.

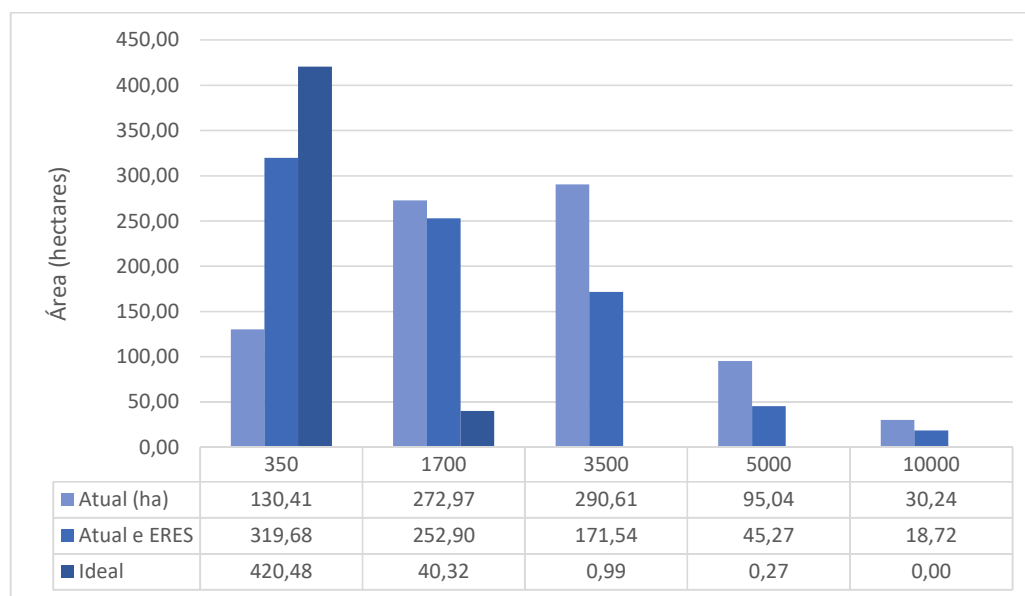


Figura 29 – Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 2 (Ignição Sudeste).

Na Tabela 9 podemos verificar um resumo estatístico dos parâmetros que influenciam o comportamento do fogo, numa simulação de incêndio de sudeste. Em termos médios, verifica-se que os descritores do comportamento do fogo na área da AIGP apresentam uma descida média mais acentuada na paisagem ideal.

Tabela 9 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 2.

Variável	Paisagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Comprimento chama (m)	Atual	0.027	8.56	2.31	0.99
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.030	8.95	1.75	1.20
	Ideal	0.002	3.70	0.73	0.35
Intensidade frente chama (kw/m)	Atual	0.110	9413.70	1940.11	1469.74
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.130	8293.47	1250.92	1369.13
	Ideal	0.000	4454.85	165.95	211.12
Velocidade de propagação (m/min)	Atual	0.010	10.97	2.74	1.56
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.003	9.52	1.97	1.54
	Ideal	0.002	8.74	1.19	1.14

Na Figura 30 podemos ter uma análise visual dos dados apresentados anteriormente.

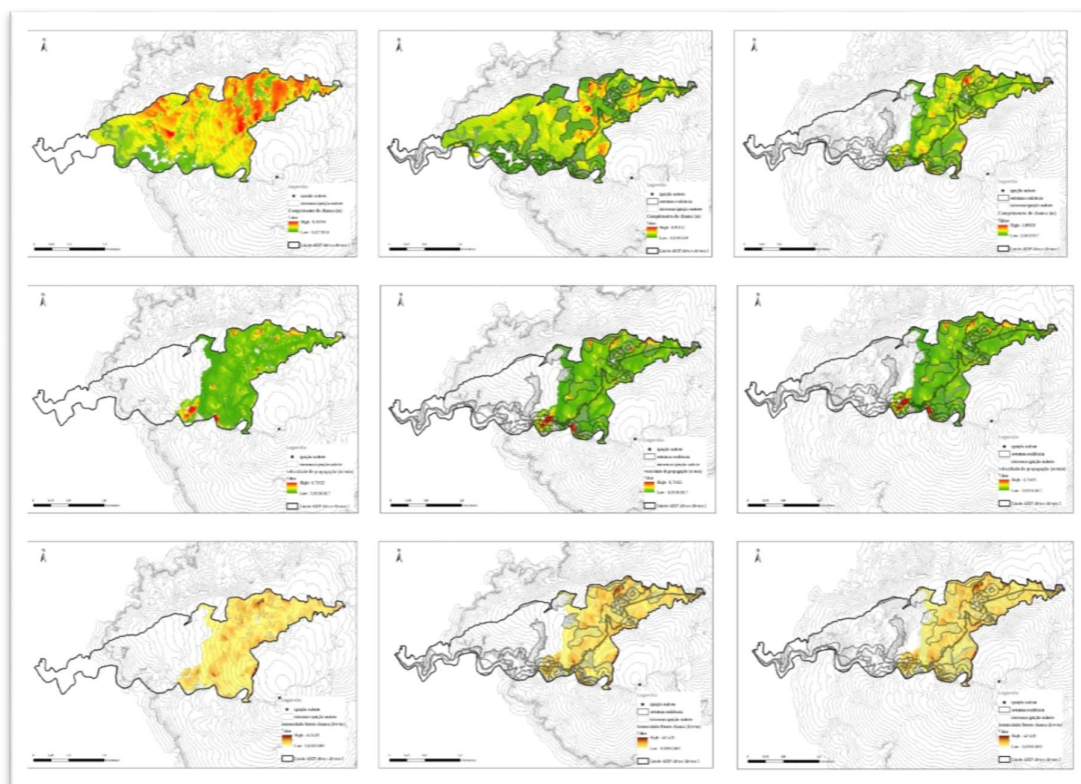


Figura 30 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 2 - Ignição Sudeste.

A Figura 31 mostra-nos a evolução da área ardida por modelo de combustível e hora, na paisagem atual. Podemos observar que à semelhança do que aconteceu no cenário 1, o modelo de combustível que mais ardeu ao longo de toda a simulação foi o modelo 233 (V-MAa). O modelo 235 (V-MH) aparece com 29,67 ha afetados.

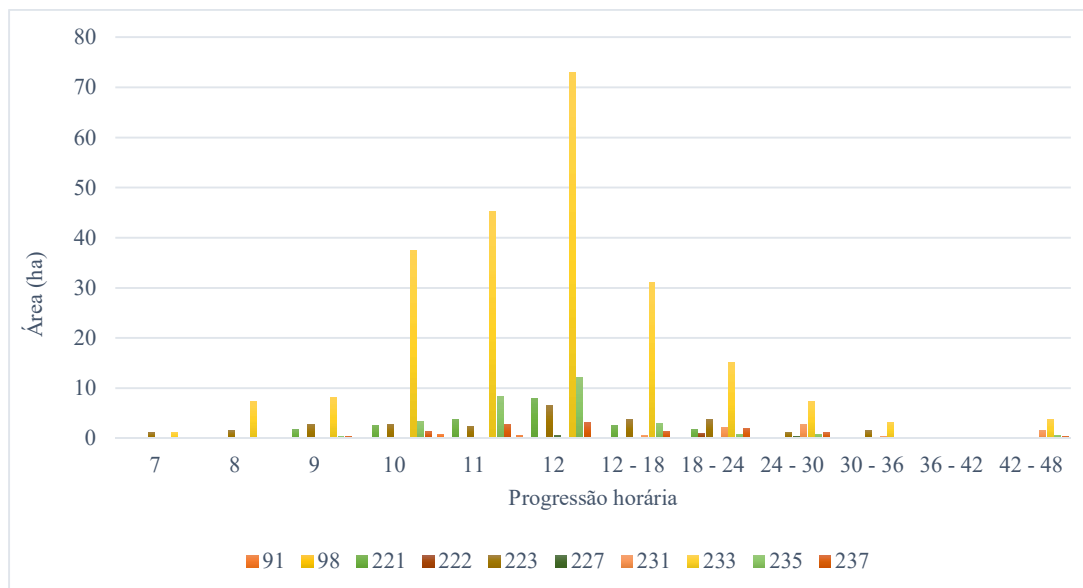


Figura 31 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Sudeste.

Na paisagem com estrutura de resiliência, verificou-se que o modelo de combustível 233 (V-MAa) foi o que mais ardeu a partir das oito horas de simulação até às trinta e seis horas, correspondendo a um total de 165,03 hectares (Figura 32). No período entre as onze as doze horas de simulação, foi o modelo 226 (M-CAD) que mais ardeu.

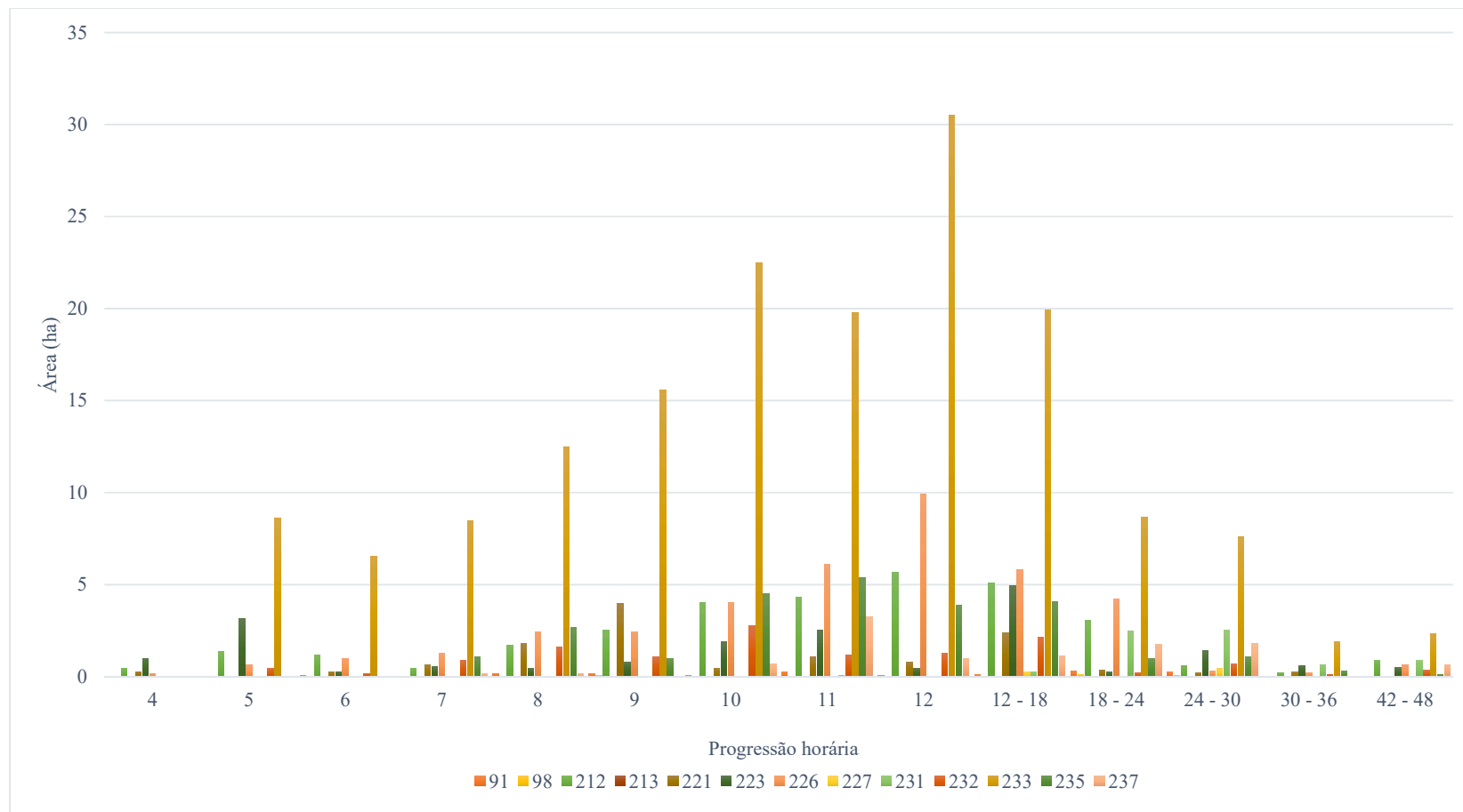


Figura 32 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Sudeste

Observando a Figura 33, os modelos de combustível 212 (F-FOL), 213 (F-PIN) e 226 (M-CAD), foram os que mais foram afetados no período entre as dezoito e as vinte e quatro horas da simulação.

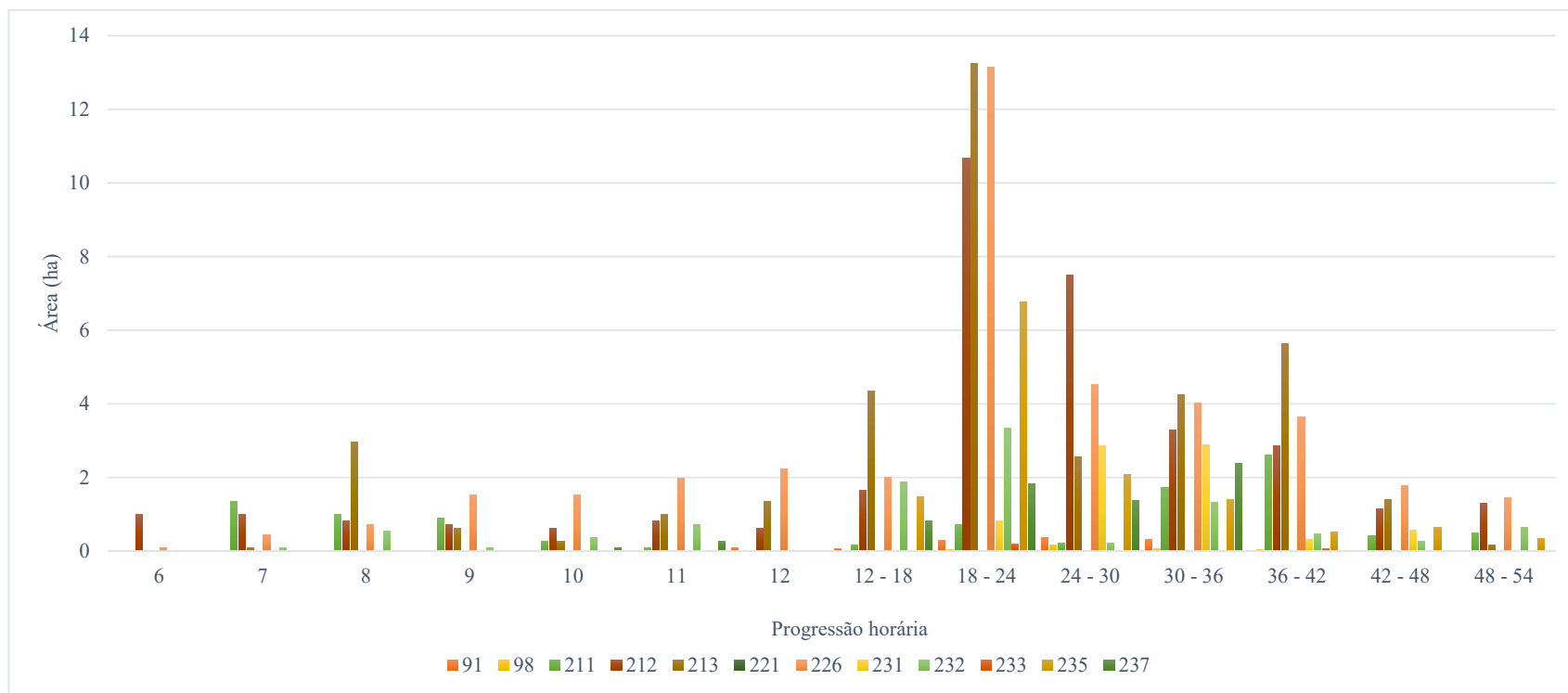


Figura 33 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Sudeste.

Cenário 3 – Ignição Noroeste

Pela análise da Figura 34, podemos verificar e há semelhança dos cenários anteriores, uma redução significativa do comprimento de chama na paisagem ideal nas três classes superiores quando comparada com as paisagens atual e com estrutura de resiliência, sendo esse valor praticamente nulo nas duas últimas classes.

Além disso, é possível constatar que a área afetada é significativamente mais baixa neste cenário quando comparado com os dois cenários anteriores. Começando a perceber-se que ignições provenientes daqueles dois quadrantes provocam incêndios maiores e mais severos.

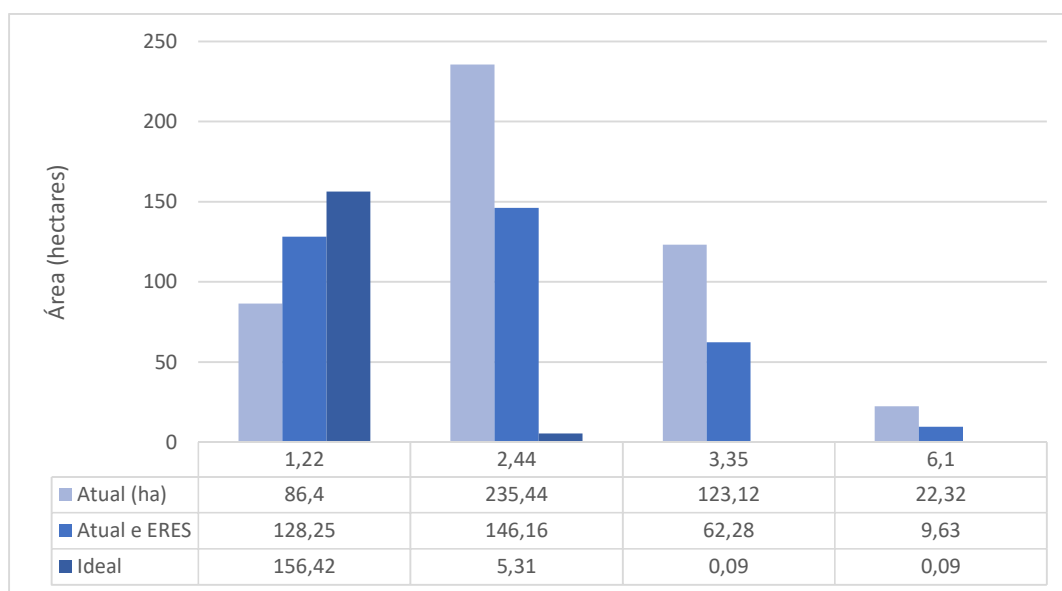


Figura 34 - Comprimento de chama (m) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).

Em relação à velocidade de propagação (Figura 35) e à semelhança da análise dos cenários anteriores, também podemos constatar uma redução de área nas classes mais altas e um aumento de área na classe mais baixa, nas paisagens com transformação de paisagem. Podemos ainda verificar que na classe mais alta o valor da velocidade de propagação é praticamente zero.

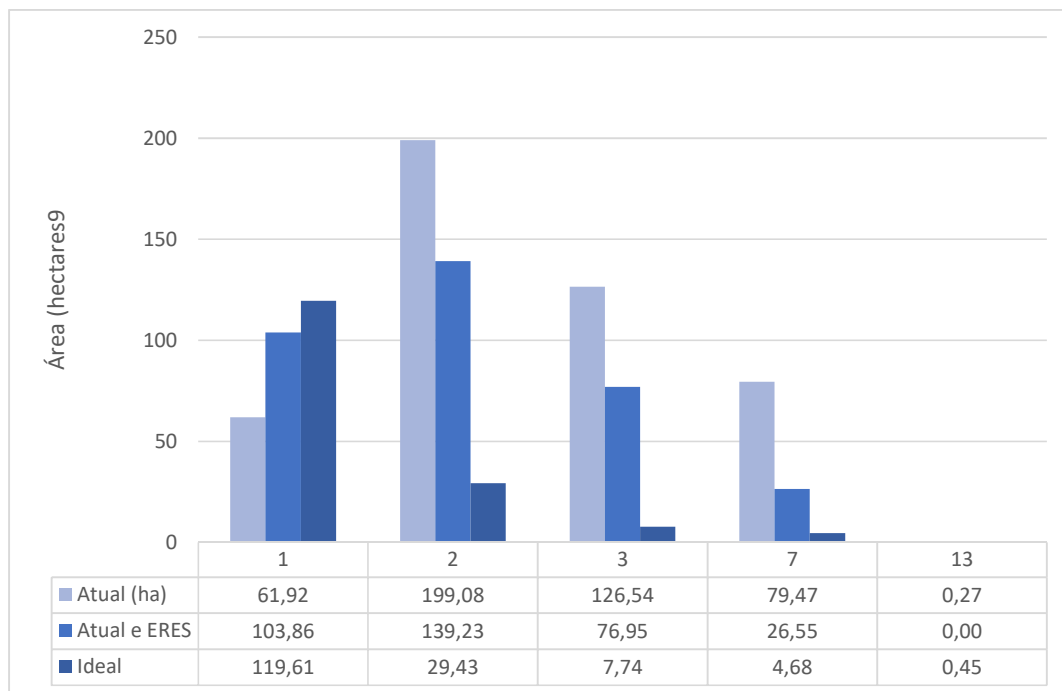


Figura 35 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).

Neste cenário, para a paisagem atual aparece-nos uma pequena área com intensidades de frente de chama acima dos 10000 Kw/m (1,8 hectares), sendo os valores nas paisagens com alteração no uso do solo, praticamente nulo. Quanto às restantes classes, as paisagens com propostas de transformação de paisagem, apresentam sempre melhores resultados, tendo na classe dos 350 Kw/m um aumento (Figura 36).

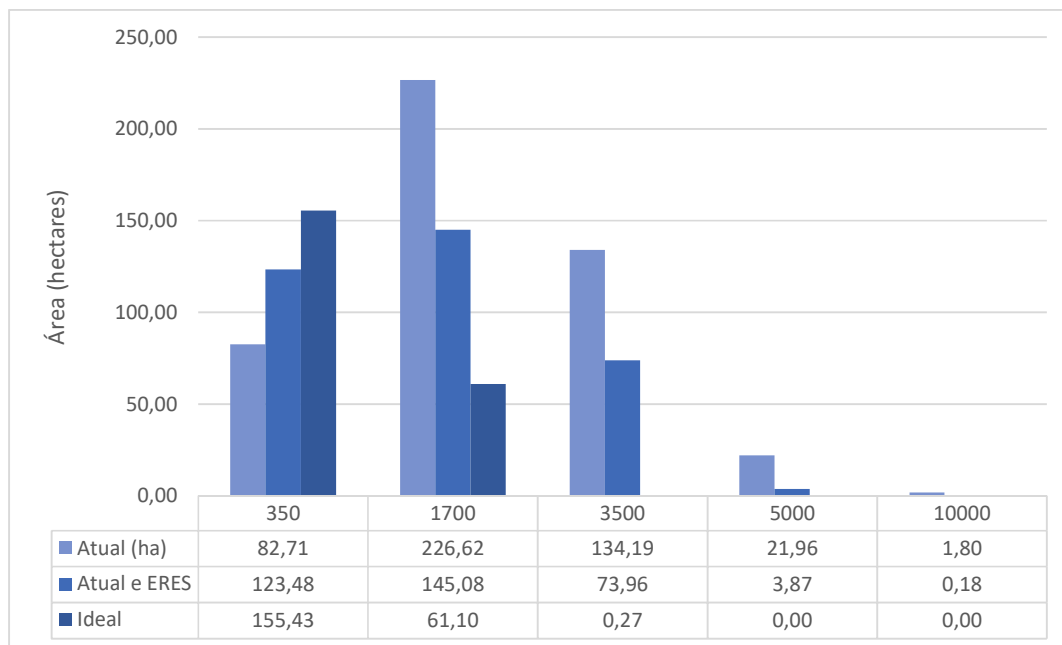


Figura 36 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 3 (Ignição Noroeste).

Quanto à média observada em cada um dos parâmetros do comportamento do fogo, podemos verificar uma diminuição generalizada em cada um deles, sendo mais evidente na paisagem ideal quando comparada com a paisagem atual (Tabela 10).

Tabela 10 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 3.

Variável	Paisagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Comprimento chama (m)	Atual	0.035	4.91	2.03	0.84
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.023	7.30	1.63	0.96
	Ideal	0.049	5.11	0.56	0.30
Intensidade frente chama (kw/m)	Atual	0.178	6231.98	1447.66	1041.23
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.070	5222.67	995.38	912.26
	Ideal	0.490	2655.19	97.26	155.87
Velocidade de propagação (m/min)	Atual	0.010	8.00	2.11	1.18
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.017	6.49	1.59	0.99
	Ideal	0.011	8.02	0.83	0.96

Na Figura 37 podemos ter uma análise visual dos dados apresentados anteriormente.

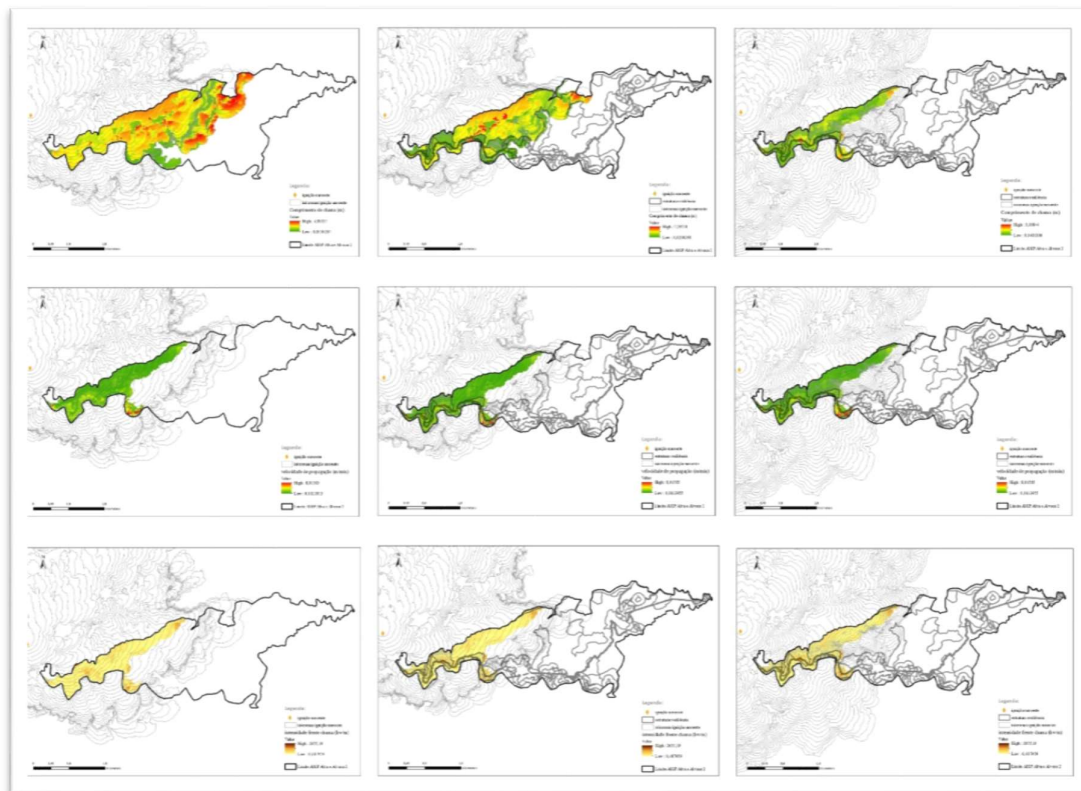


Figura 37 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 3 - Ignição Noroeste.

No Cenário 3, na paisagem atual, o modelo de combustível que mais ardeu ao longo de todas as horas da simulação, foi o modelo 233 (V-MAa). Os modelos com menor carga de combustível foram menos afetados (Figura 38). No entanto, estes modelos são apenas consumidos a partir das doze horas de simulação.

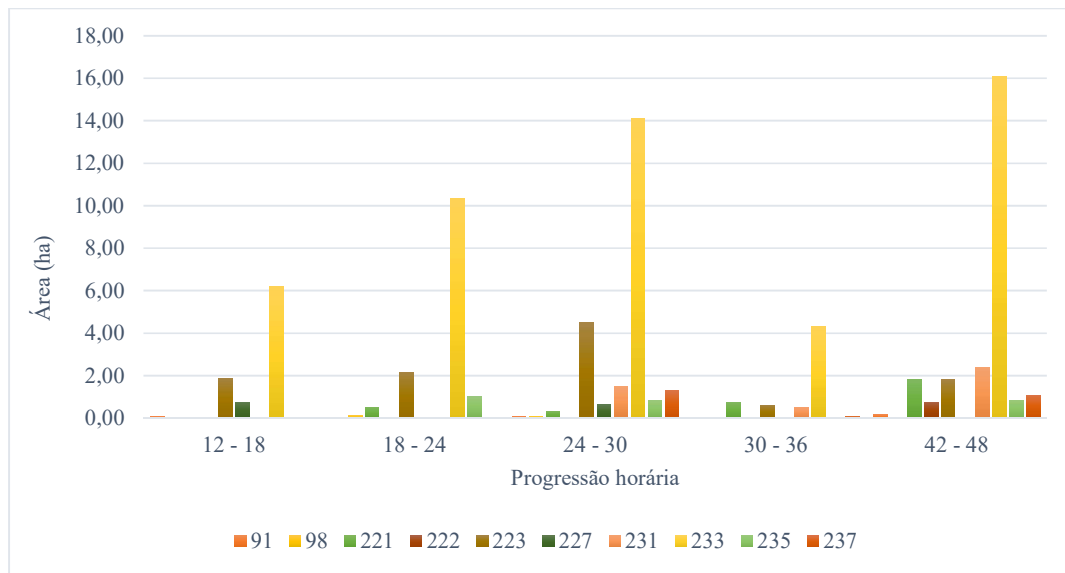


Figura 38 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Noroeste.

Na paisagem onde se considerou a implementação da estrutura de resiliência, à semelhança do que acontece na paisagem atual, o modelo 233 é o mais afetado, em toda a simulação (Figura 39).

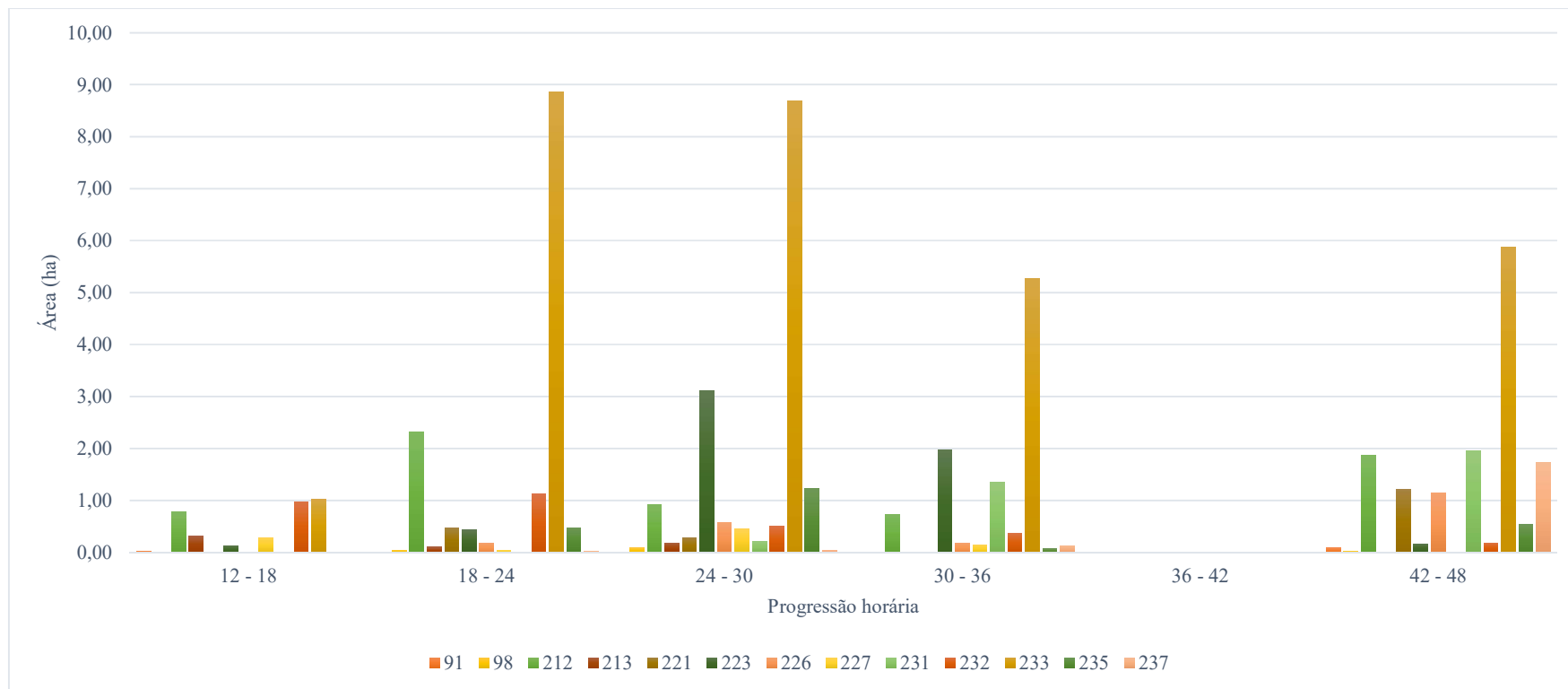


Figura 39 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Noroeste.

Na paisagem ideal, os modelos que mais arderam, foram o modelo 212 no período de simulação entre as quarenta e duas e as quarenta e oito horas, e o modelo 213, no período entre as trinta e as trinta e seis horas (Figura 40). No entanto, a área é inferior a 5 hectares em ambos os casos.

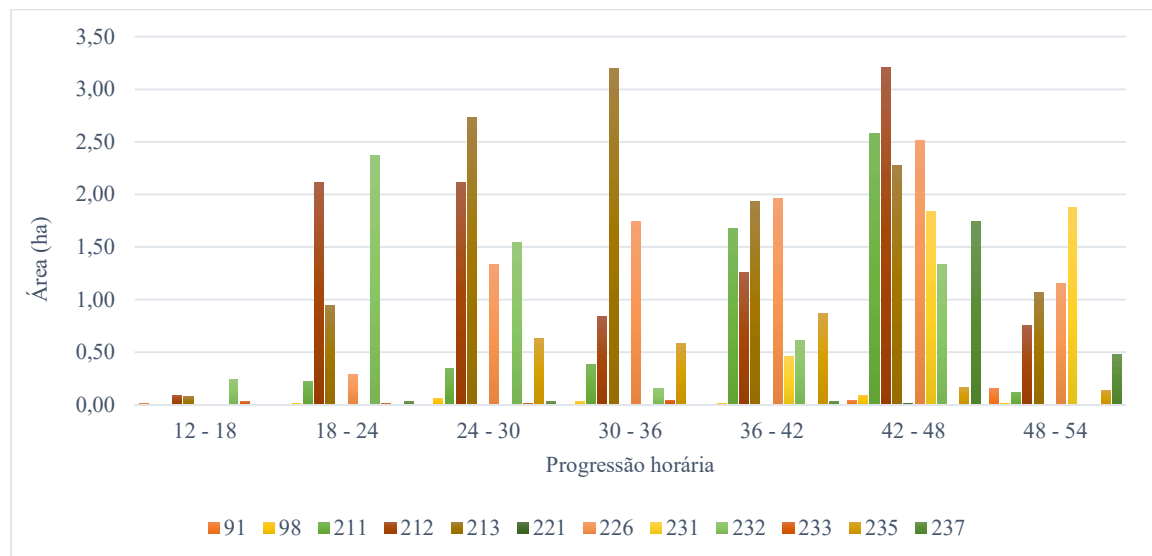


Figura 40 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Noroeste.

Cenário 4 – Ignição Nordeste

Neste trabalho, pretendeu-se igualmente perceber qual o comportamento do fogo, caso um incêndio tivesse origem no quadrante nordeste da AIGP, sendo que um dos incêndios do histórico das áreas ardidas afetou parcialmente a área de estudo.

Pela análise da Figura 41, podemos uma vez mais constatar uma redução de área nas classes superiores, sendo que na classe dos 6,1 m, não se registaram valores de comprimento de chama na simulação efetuada na paisagem ideal. Por outro lado, verificou-se mais área com comprimentos de chama nas duas classes mais baixas, para a paisagem atual.

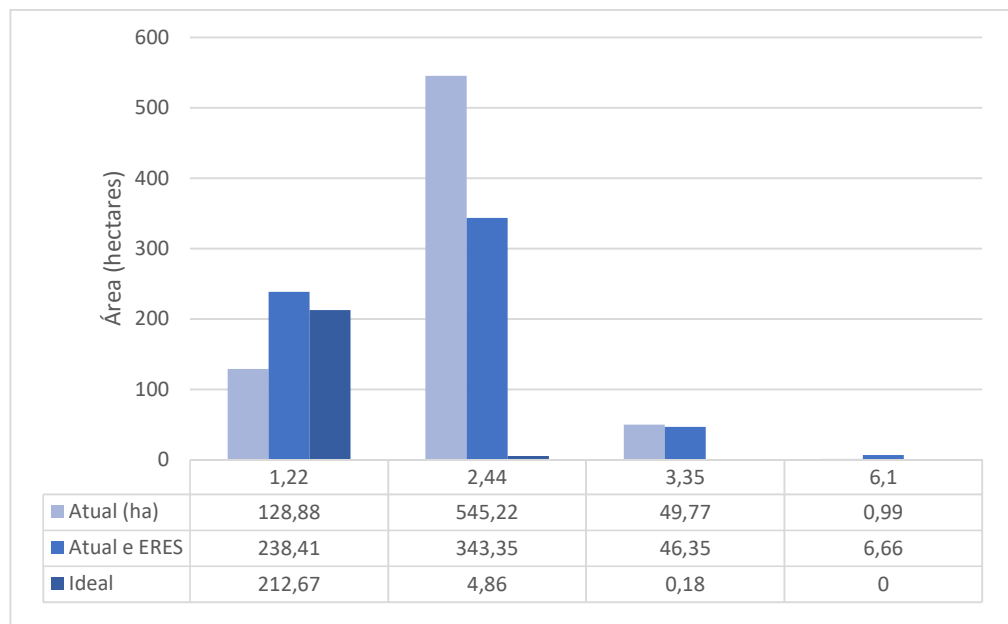


Figura 41 - Comprimento de chama (m) no Cenário 4 (Ignição Nordeste).

Relativamente à velocidade de propagação (Figura 42), constata-se redução de áreas nas classes mais altas, nomeadamente no caso da paisagem ideal.

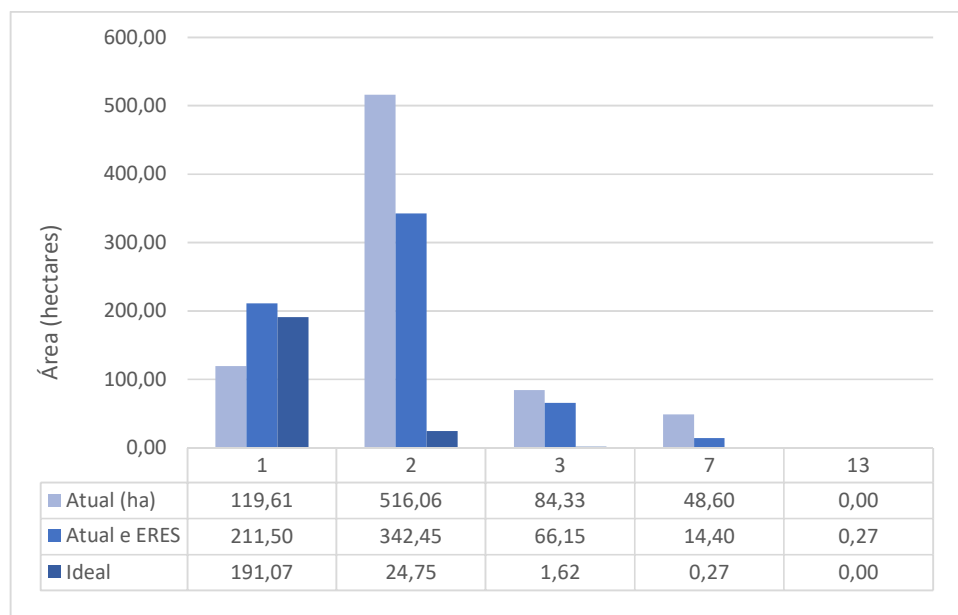


Figura 42 - Velocidade de propagação (m/min) no Cenário 4 (Ignição Nordeste).

A Figura 43 mostra-nos que em relação à intensidade da frente de chama, a área afeta às classes acima dos 5000 Kw/m é significativamente reduzida, verificando-se em todas as outras classes uma redução em relação ao uso atual.

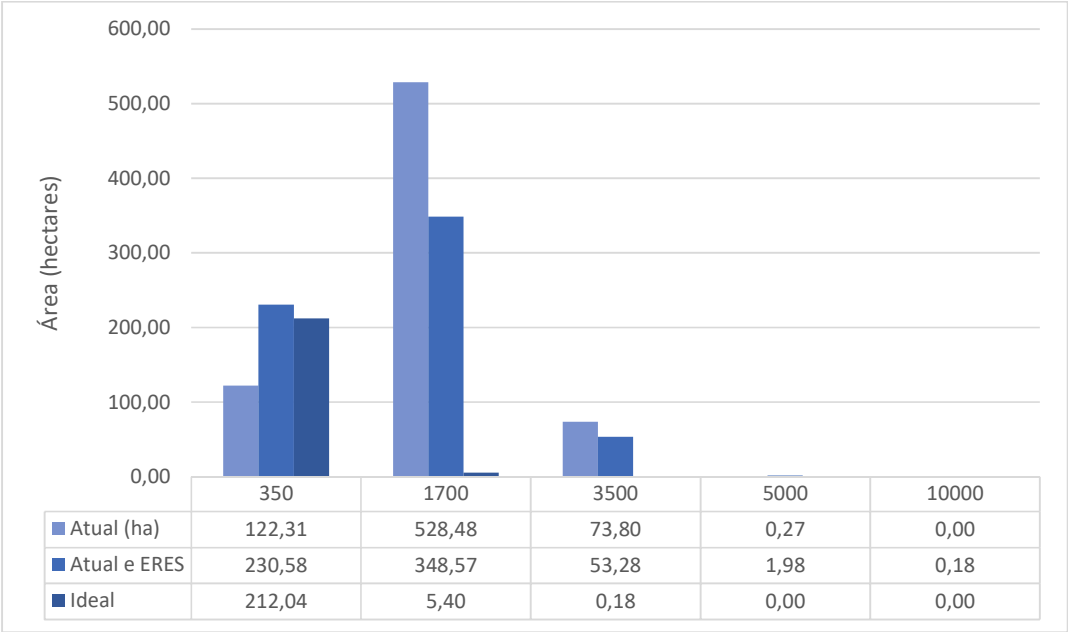


Figura 43 - Intensidade da frente de chama (kw/m) no Cenário 4 (Ignição Noroeste).

A Tabela 11 apresenta o resumo estatístico dos parâmetros do comportamento do fogo no cenário 4, verificando-se em relação à média de cada um deles, uma redução clara quando comparando a paisagem atual e as paisagens com estrutura de resiliência e a paisagem ideal, à semelhança dos cenários anteriores.

Tabela 11 - Estatísticas zonais do comportamento do fogo na AIGP de Alva e Alvoco 2 – Cenário 4.

Variável	Paisagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Comprimento chama (m)	Atual	0.014	5.01	1.82	0.63
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.014	6.04	1.52	0.84
	Ideal	0.018	2.76	0.53	0.28
Intensidade frente chama (kw/m)	Atual	0.165	4710.06	1082.86	585.08
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.025	5990.88	842.44	709.99
	Ideal	0.043	1818.01	88.81	151.00
Velocidade de propagação (m/min)	Atual	0.002	5.49	1.50	0.53
	Atual com Estrutura de Resiliência	0.004	8.20	1.32	0.77
	Ideal	0.011	3.31	0.53	0.42

Na Figura 44 podemos ter uma análise visual dos dados apresentados.

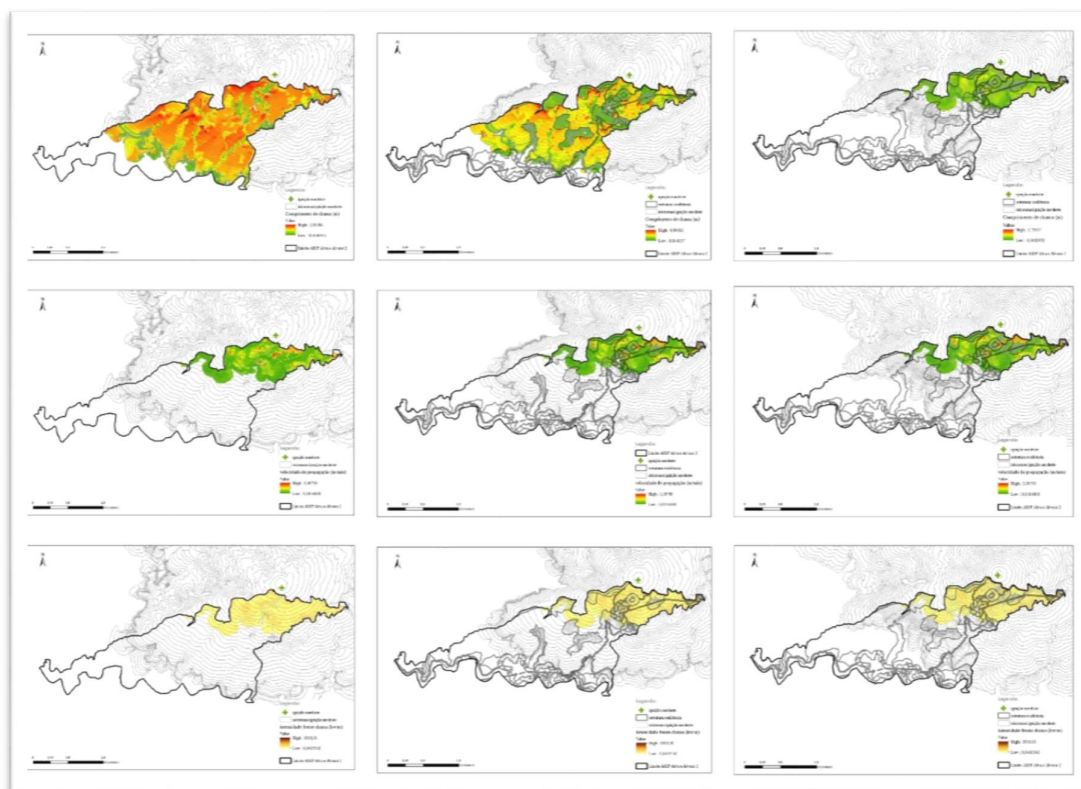


Figura 44 - Parâmetros do comportamento do fogo no Cenário 4 - Ignição Nordeste.

Considerando a relação entre os parâmetros do comportamento do fogo e a dificuldade da supressão, de acordo com Martins (2010) a intensidade apresenta uma relação direta com comprimento da chama e a eficiência dos diferentes meios de combate.

O mesmo autor refere ainda que a partir da intensidade elevada, e comprimento de chama maior que 2,5 m, passa a haver possibilidade de fogo de copas e de focos secundários. O combate direto com meios mecânicos terrestres começa a ser, por si só, ineficaz.

A partir de 700 m/h, a velocidade de propagação associada a risco meteorológico muito elevado e extremo, o combate à cabeça deixa de se poder fazer em segurança e de forma eficaz, pelo que não se devem fazer tentativas de combate direto nestas situações (Martins, 2010).

Ao analisar a área afetada por hora e por modelo de combustível na paisagem atual, verificamos que o modelo de combustível 233 é o mais consumido em todos os períodos

da simulação. A seguir aparece o modelo 235 (V-MH) como tendo sido o mais afetado em vários períodos da simulação (Figura 45).

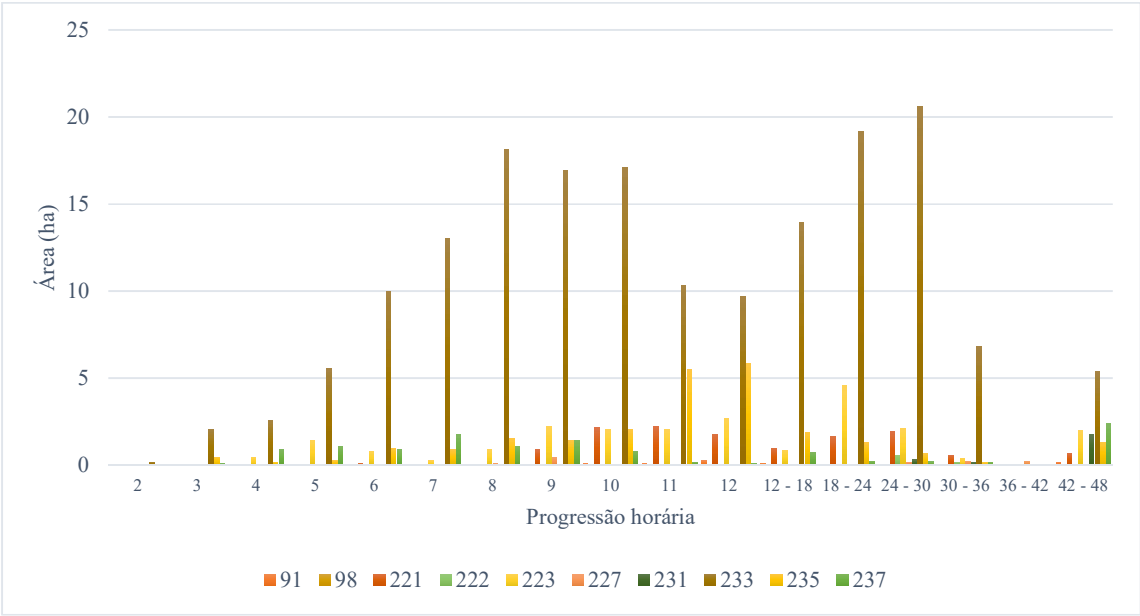


Figura 45 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem atual - Ignição Nordeste.

Na paisagem com estrutura de resiliência, continua a ser o modelo 233 o mais consumido ao longo de praticamente toda a simulação. É no período entre as vinte e quatro e as trinta horas que houve maior área afetada (17,42 hectares). Seguidamente aparecem os modelos 226 e o modelo 235 como os mais afetados (Figura 46).

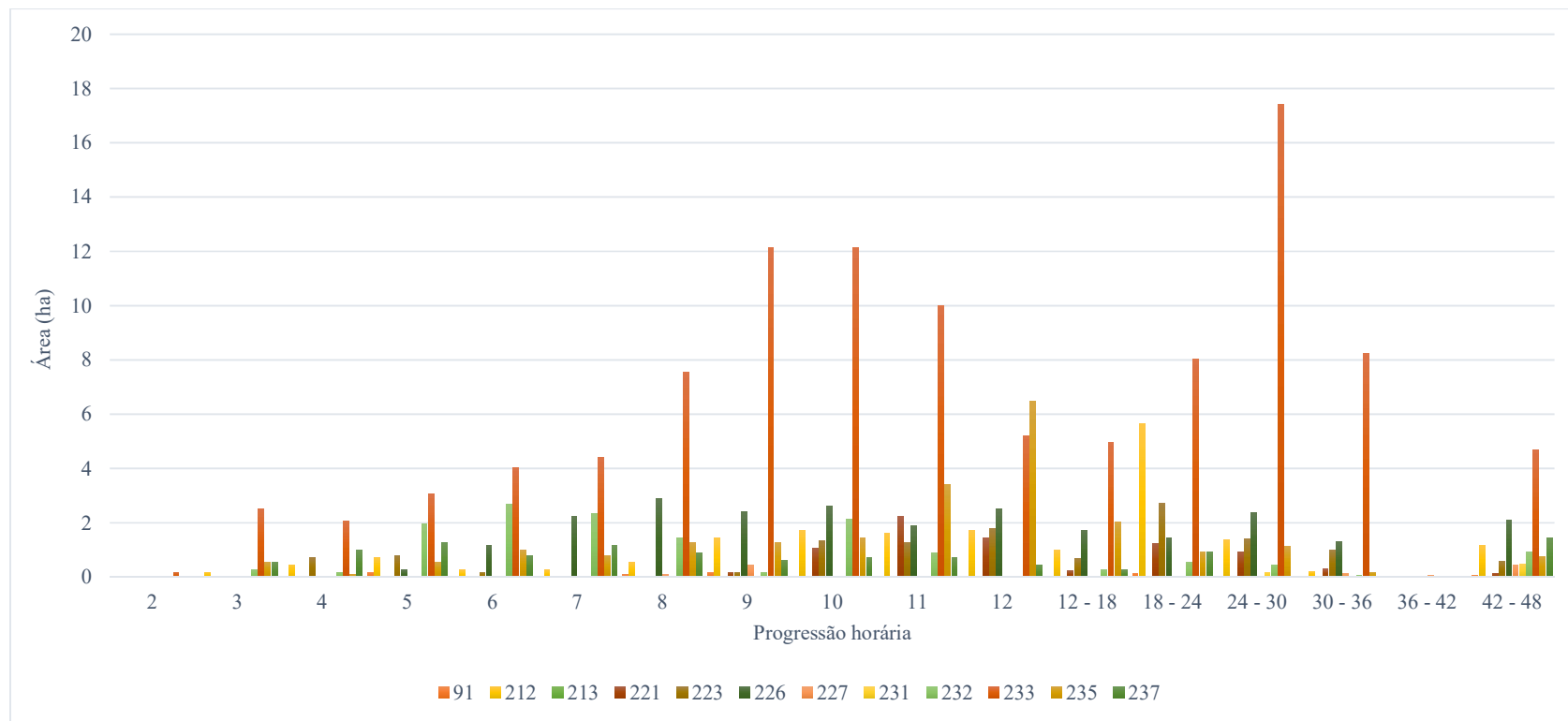


Figura 46 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem com estrutura de resiliência - Ignição Nordeste.

Na paisagem ideal (Figura 47) o modelo 212 foi o mais afetado na maior parte dos períodos da simulação. Também se verifica que este modelo é o mais consumido nas primeiras horas do incêndio.

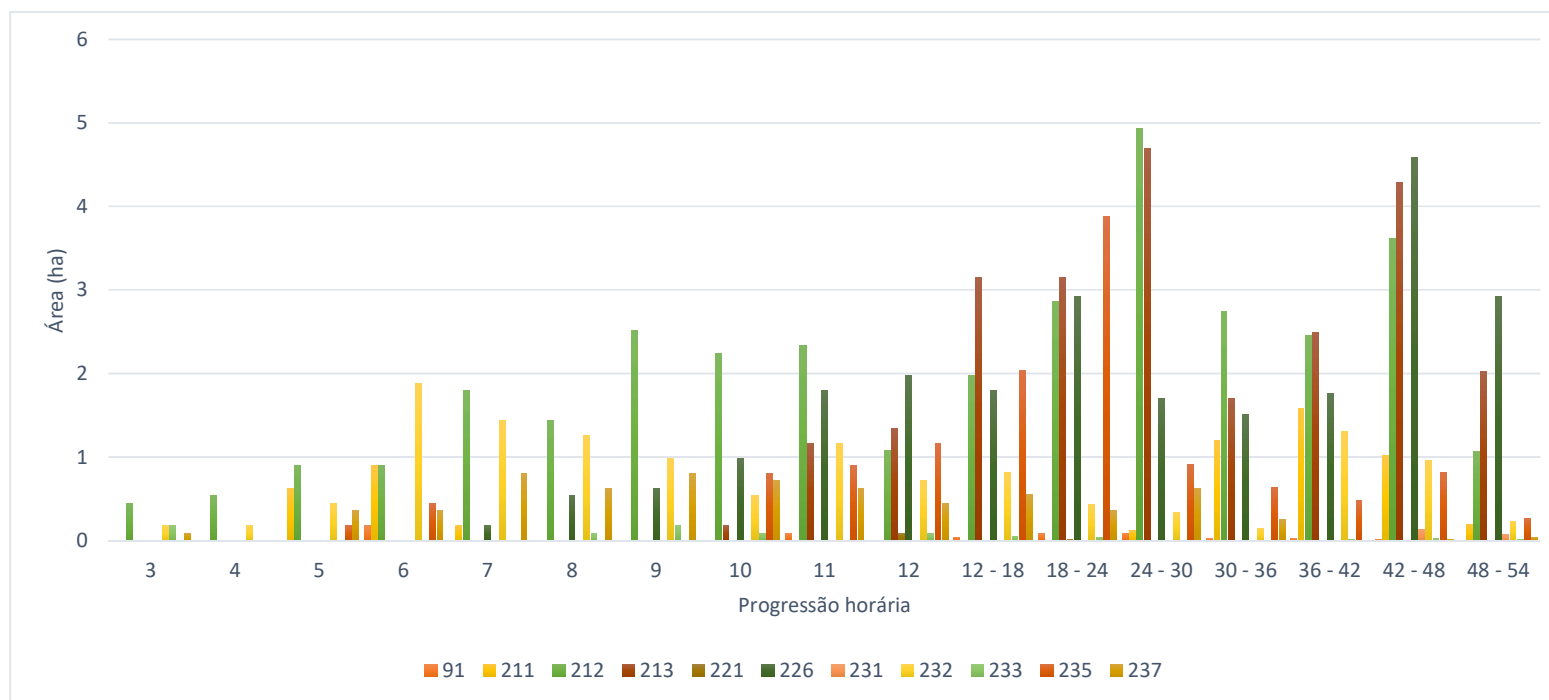


Figura 47 - Avaliação da progressão horária e área ardida por modelo de combustível na paisagem ideal - Ignição Nordeste.

5 – CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos nas simulações efetuadas, pode-se constatar a importância do planejamento e da implementação das redes de defesa, nomeadamente de áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível, bem como da gestão dos espaços florestais, promovendo-se a compartimentação desses mesmos espaços com espécies menos vulneráveis aos incêndios rurais. A correta e atempada implementação da transformação da paisagem nestes moldes permitirá alterar o comportamento do fogo nestes espaços.

Foi possível observar que nas paisagens onde se preconizaram intervenções de alteração do uso/ocupação do solo, os valores dos parâmetros do comportamento do fogo daí resultantes demonstram que é garantida a eficácia na supressão, sendo que na paisagem atual a capacidade de extinção é difícil mesmo com meios aéreos pesados.

No entanto, apenas só será possível obter estes resultados no terreno, com uma correta implementação das ações propostas, não descurando a elaboração de um plano de ordenamento e gestão florestal com a respetiva manutenção ao longo dos anos por forma a garantir a tipologia de modelo de combustível associado a cada ocupação do solo definida, e respetiva carga de combustível morto fino associada.

Foi ainda possível concluir que a identificação de áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível, contribuem para uma diminuição da propagação dos incêndios, e por conseguinte, dos parâmetros do comportamento do fogo, podendo constituir zonas de ancoragem à passagem de possíveis ocorrências de incêndio na área da AIGP/OIGP. Tanto na paisagem com estrutura de resiliência quer na paisagem ideal, é notório o ganho na capacidade de supressão através da alteração do uso para espécies menos vulneráveis. Além disso, os resultados obtidos sugerem que em povoamentos florestais mal geridos, os incêndios excedem rapidamente a capacidade de supressão, pelo que a alteração da paisagem proposta contribui para a minimização do risco de incêndios de maiores dimensões, constituindo oportunidades de apoio ao combate.

Os resultados das simulações efetuadas vêm demonstrar a pertinência deste tipo de análise no planeamento de ações a desenvolver tanto na implementação de futuras AIGP/OIGP, como em explorações florestais, como complemento à verificação da viabilidade técnica e financeira das mesmas.

No futuro, é importante perceber qual o impacto que a redução do coberto de copa e da altura da base da copa, resultante de intervenções ao nível da redução de densidades e da desramação, nomeadamente na estrutura de resiliência, considerando as normas técnicas de gestão de combustível que serão aprovadas em Plano Nacional De Ação do Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais.

6 - 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>
- APA (2023). *Carta de solos e carta da capacidade do uso do solo*. <https://sniamb.apambiente.pt/content/geo-visualizador?language=pt-pt>
- Atthis Consulting (2022). *Progama de Reordenamento e Gestão da Paisagem das Serras da Lousã e do Açor (PRGP SLA)*.
- Bouillon, C. & Tedim, F. (2019). *Os incêndios na interface urbano-florestal: questões metodológicas e de gestão*. In Os incêndios florestais. Em busca de um novo paradigma. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. <https://hdl.hectaresndle.net/10216/125154>
- Burgan, R. E & Rothermel, R.C. (1984). *BEHECTARESVE: Fire Behectaresviour Prediction and Fuel Modeling System – Fuel Subsystem*. USDA Forest Service General Technical Report INT-167, USDA, St. Paul.
- Butler, C. P. (1974). *The urban/wildland fire interface*. In: Proceedings of Western states section/Combustion Institute papers, vol. 74.
- Caballero, D., Beltrán, I. (2003). *Conceptes and ideas of assessing settlement fire vulnerability in the W-UI zone*. In WARM International Workshop “Forest Fire in the Wildland – Urban Interface and management chectaresllenge”, GEECE, 2003.
- Caballero, D., Beltrán, I., & Velasco, A. (2007). *Forest fires and wildland-urban interface in Spain: types and risk distribution*. Em *Proceedings of the IV International Wildfire Conference, May 13-17*. Seville, Spain.
- Chuvieco, E & Martin, M. P. (2002). *Global Fire Mapping and Fire Danger Estimation using AVHRR Images*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing of the Environment, 29, 147-159.
- Câmara Municipal de Oliveira do Hospital (2022). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra incêndios (2020-2029)*. https://fogos.icnf.pt/pmdfci/06_Coimbra/0611.
- Costa, P., Castellnou, M., Miralles, M. & Krauss, D. (2011). *La prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada a los Incendios Tipo*. FireParadox, EFI, GRAF – Bombers de la Generalitat de Catalunya.

https://interior.gencat.cat/web/.content/home/010_el_departament/publicacions/proteccio_civil/guia_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_adaptada_a_l_incendi_tipus/docs/guia_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_cast.pdf

DGT (2018). *Carta de ocupação do solo 2018*.

DGT (2023). *OIGP – Quadro de referência de Apoio à Elaboração das Propostas*.
<https://www.dgterritorio.gov.pt/Operacoes-Integradas-de-Gestao-da-Paisagem-OIGP>.

EU Copernicus Land Monitoring Service. (2018). **Tree Cover Density - High Resolution Layers**. In <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density>.

Fernandes, P., Loureiro, C., Botelho, H., Ferreira, A. & Fernandes, M. (2002). *Avaliação Indirecta da Carga de Combustível em Pinhectaresl Bravo*. Silva Lusitana 10(1): 73 – 90.

Fernandes, P., Gonçalves, H., Loureiro, C., Fernandes, M., Costa, T., Cruz, M. ., & Botelho, H. (2009). *Modelos de Combustível Florestal para Portugal*. Actas Do 6o Congresso Florestal Nacional. SPCF, Lisboa., 17(July 2015), 348–354.

Fernandes, J. M. H. D. (2013). *Risco de Incêndio Florestal em Áreas de Interface Urbano-Rural – O exemplo das Bacias Hidrográficas das Ribeira de Alge e Pera*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física, na área de especialização em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território. Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 147 p..

Fernandes, P., & Loureiro, C. (2021). *Modelos de combustível florestal para Portugal*. Documento de referência, versão de 2021.
<https://www.researchgate.net/publication/357812218>

Fidalgo, S. E. (2011/2012). *Territórios em mudança e os incêndios na interface urbano-florestal. Estudo de caso em Baião*. Cadernos de Geografia, ISSN 0871-1623, N° 30-31, 2011-2012.

Finney, M. (2004). *Fire Area Simulator – Model development and evaluation*. USDA Forest Service, Ogden, Utah: Research Paper RMRS-RP-4 Revised.

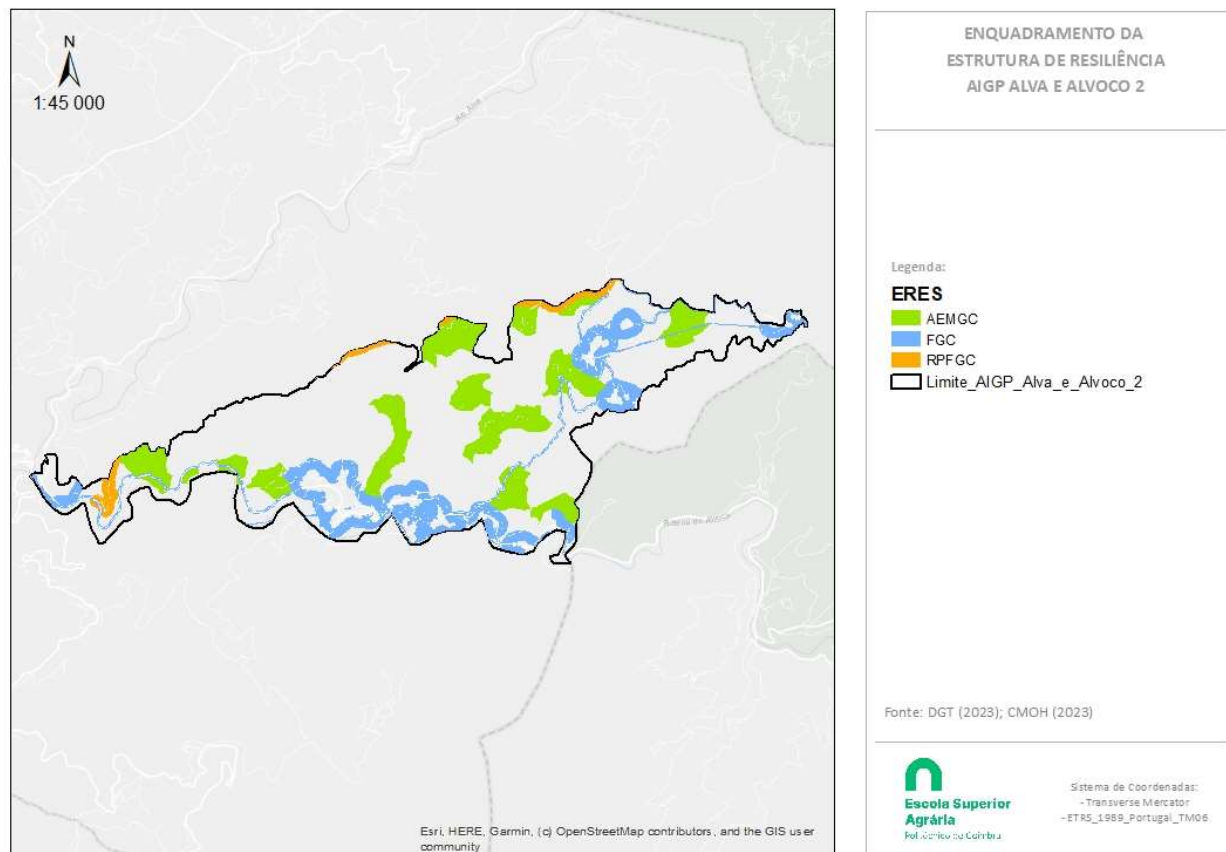
Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I. P. (2023). *Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais*.

Lima, H. A. (2021). *Análise da gestão de Combustíveis florestais na envolvente imediata às hectaresbitações isoladas em Portugal*. Dissertação de Mestrado em Segurança

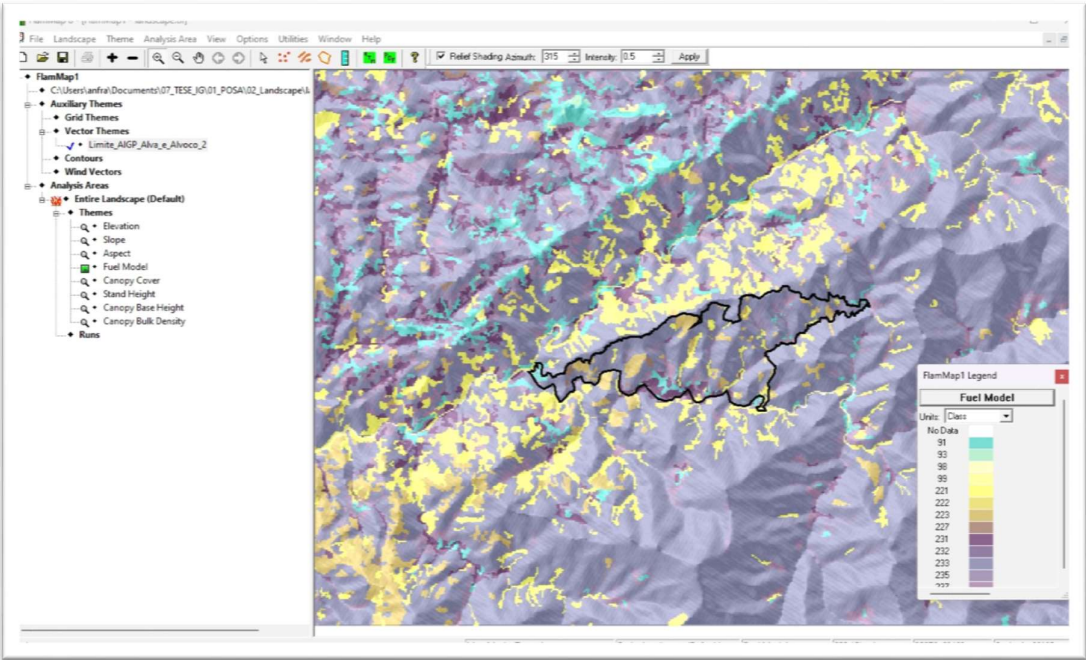
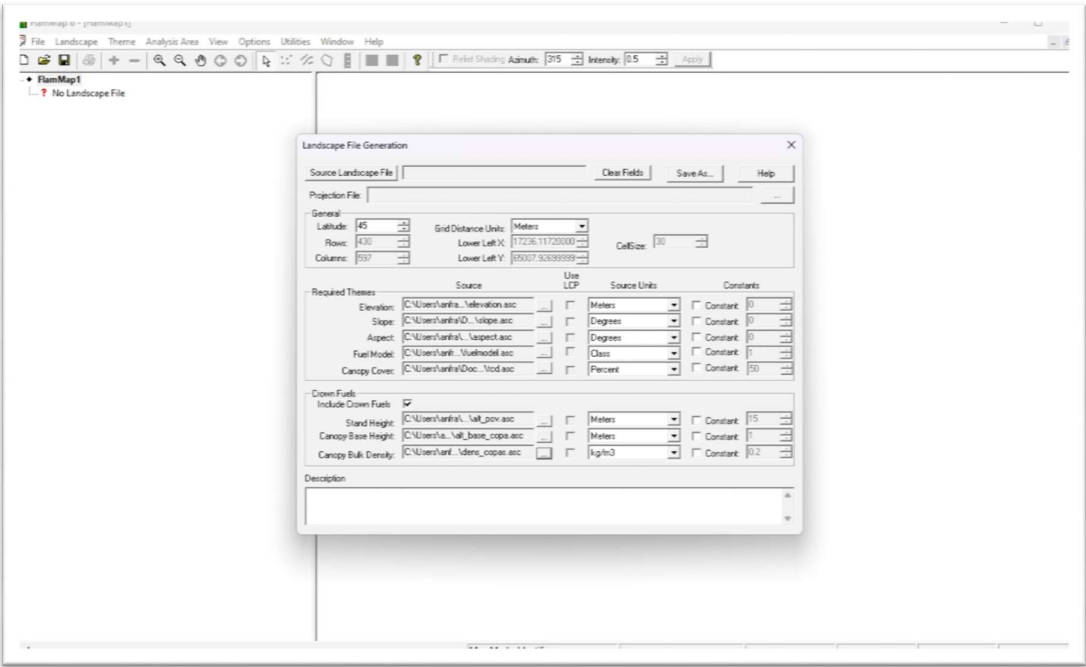
- aos Incêndios Urbanos apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia.
<https://hdl.hectaresndle.net/10316/94005>
- Lourenço, L. (2021). ***Lumes na interface urbano-florestal***. Departamento de Geografia, NICIF, CEGOT e RISCOS Universidade de Coimbra.
- Martins, S. (2010). ***Incêndios Florestais: Comportamento, Segurança e Extinção***. Mestrado Interdisciplinar em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos. Universidade de Coimbra.
- Oliveira, E. (2023). ***Manual de apoio ao uso de ferramentas de análise de incêndios rurais – Simuladores de propagação***. E. De Oliveira, Ed.
- Oliveira, A., Silva, J. S., Guiomar, N., Fernandes, P., Nereu, M., Gaspar, J., Lopes, R. F. R., e Rodrigues, J. P. C. (2023). ***The effect of broadleaf forests in wildfire mitigation in the WUI – a simulation study***. International Journal of Disaster Risk Reduction. <https://www.researchgate.net/publication/371320365>.
- 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***. IGOT. Universidade de Lisboa.
- Pereira, J.M.C., J.M.B. Carreiras, J.M.N. Silva, & M.J. Vasconcelos. (2006). ***Alguns conceitos básicos sobre os fogos rurais em Portugal***. In J.S. Pereira, Pereira, J.M.C., Rego, F.C., Silva, J.M.N., Silva, T.P. (Ed.). Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção (pp. 133-161). Lisboa: ISAPress.
- Pereira, J.M.C., Silva P.C., Melo I., Oom D., Baldassarre G. e Pereira M.G. (2022). ***Cartografia de Regimes de Fogo à Escala da Freguesia (1980-2017)***. ForestWISE (Coord.) - Projetos AGIF 2021 (P32100231), Vila Real, 29 pp.
- Ribeiro, L. M. S. (2016). ***Os incêndios na interface urbano-florestal em Portugal: uma análise de diagnóstico***. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Ribeiro, L. M. S. (2023). ***Simulações do comportamento do fogo - AIGP Serra da Lousã***. ADAI.
- Sá, A. C. L, Benali, A., Aparicio, B. A., Bruni, C., Mota, C., Pereira, J. M. C., & Fernandes, P. M. (2023). ***A method to produce a flexible and customized fuel models dataset***. *MethodsX*, 10, 102218. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102218>
- Venâncio, P. (2021). ***Cartografia de Perigosidade e de Risco de Incêndio Rural***.

7 – ANEXOS

ANEXO 1 – Estrutura de resiliência na AIGP Alva e Alvoco 2



ANEXO 2 – Construção da Landscape



ANEXO 3 – Enquadramento dos pontos de abertura, eixos de propagação e áreas estratégicas de mosaicos de gestão de combustível propostas.

