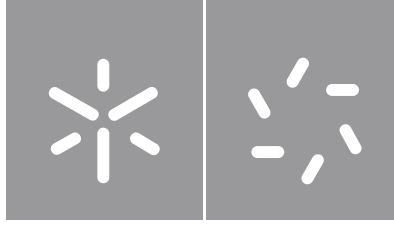


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Inês Marques Carreira

**Risco de incêndio rural no concelho da
Guarda: análise da eficácia das
intervenções de recuperação após o
incêndio e atenuação dos seus impactes**



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Inês Marques Carreira

**Risco de incêndio rural no concelho da
Guarda: análise da eficácia das
intervensões de recuperação após o
incêndio e atenuação dos seus impactes**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Geociências - Dinâmica externa e Mudanças
Globais

Trabalho efetuado sob a orientação da

**Professora Doutora Isabel Margarida Horta Ribeiro
Antunes**

Engenheira Catarina Sofia Marques Coimbra

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Risco de incêndio rural no concelho da Guarda: análise da eficácia das intervenções de recuperação após o incêndio e atenuação dos seus impactes

Resumo

Ao longo das últimas décadas, em Portugal, tem-se assistido a uma crescente incidência e ao aumento da ocorrência de incêndios rurais. A região centro, em particular, tende a ser a mais fustigada, resultando diversos impactes ambientais no solo, na vegetação e na água, por vezes, de difícil recuperação.

No ano de 2022, a maior ocorrência registada em Portugal corresponde ao incêndio da Serra da Estrela, com cerca de 28 mil ha de área ardida, consumindo 25% da área classificada do Parque Natural da Serra da Estrela, fragilizando fortemente esta região de elevado perigo e risco de incêndio rural, devido à conjugação de fatores críticos, como o abandono das zonas rurais, acréscimo de carga combustível/vegetação altamente inflamável, aumento das ignições e aumento da temperatura com irregularidade da precipitação. O concelho da Guarda foi o que registou a maior área ardida (10 112 ha; 14 % da área total), no qual após a avaliação dos danos e prejuízos ambientais, foram implementadas seis técnicas de estabilização de emergência, com início em janeiro de 2023 e durante cerca de 7 meses, numa área superior a 167 ha. A sua aplicação incidiu na cabeceira das linhas de água e zonas com maior declive, com o objetivo de conter e evitar a dispersão dos impactes causados nos ecossistemas.

Com este trabalho pretende-se avaliar a eficácia da aplicação destas técnicas através da monitorização e acompanhamento das intervenções desenvolvidas no concelho da Guarda. Para tal, foram considerados indicadores de execução e desempenho nas técnicas de corte de vegetação queimada numa faixa de 25m, corte de arvores direcionado apoiados em cepos, entrançados de resíduos florestais em curva de nível, construção de pequenas obras de correção torrencial e corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido. Os resultados obtidos permitem confirmar a utilidade e relevância da aplicação de técnicas de estabilização de emergência na minimização dos impactes associados aos incêndios rurais, principalmente a nível do solo. Contudo, a eficácia observada é consideravelmente inferior ao esperado, principalmente devido à aplicação tardia desta fase de recuperação após o incêndio. É fundamental reforçar a importância de uma intervenção rápida em locais afetados por incêndios rurais, e a necessidade de continuidade de trabalhos de recuperação nos anos seguintes, para minimizar o impacto nos ecossistemas. O incêndio da Serra da Estrela é um bom exemplo com importantes aspetos a melhorar em ocorrências futuras.

Palavras-chave: Risco Ambiental, Parque Natural da Serra da Estrela, Monitorização, Estabilização de Emergência, Vulnerabilidade

Risk of rural fire in the municipality of Guarda: analysis of the effectiveness of post-fire recovery interventions and mitigation of its impacts

Abstract

In Portugal, over the last few decades, there has been a growing incidence and increase in the occurrence of rural fires. At the central region, which tends to be the most affected, resulting in various environmental impacts on soil, vegetation, and water, sometimes difficult to be recovered.

In 2022, the largest rural fire recorded in Portugal occurred at the Serra da Estrela, with about 28 thousand ha of burned area, consuming 25% of the classified area of the Serra da Estrela National Park, severely weakening this region of high danger and risk of rural fire, due to the combination of critical factors, such as the abandonment of rural areas, increased combustible load/highly flammable vegetation, raise of ignitions and the improvement of temperatures and irregular precipitation. The municipality of Guarda registered the largest burned area (10,112 ha; 14% of the total area), in which, after assessing environmental damage and losses, six emergency stabilization techniques were implemented, starting in January 2023 and for around 7 months, in an area of more than 167 ha. Its application focused on the headwaters of watercourses and areas with steeper slopes, with the aim of containing and preventing the spread of impacts caused to ecosystems.

This work aims to evaluate the effectiveness of the application of these techniques through monitoring and follow-up of interventions developed in the municipality of Guarda. For that, execution and performance indicators were considered in the techniques for cutting burned vegetation in a 25m range, driven cutting of trees supported on stumps, braiding of forest residues on contour lines, construction of small torrential correction works and cutting and removal of burned arboreal and shrubby plant material. The results obtained will confirm the usefulness and relevance of applying emergency stabilization techniques in minimizing impacts associated with forest fires, mainly on the soil. However, the observed effectiveness is considerably lower than expected, mainly due to the late application of this recovery phase after the fire occurrence. It is essential to reinforce the importance of rapid intervention in the areas affected by rural fires, and the need to continue the recovery processes in the following years, to minimize the impact on ecosystems. Serra da Estrela fire is a good example with important aspects to be improved on future scenarios.

Keywords: Environmental Risk, Serra da Estrela Natural Park, Monitoring, Emergency Stabilization, Vulnerability

Índice

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS.....	i
Declaração de Integridade	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Lista de abreviaturas e siglas	vii
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas	xii
1. Introdução	1
1.1 Objetivos da dissertação	4
2. Impactes ambientais dos incêndios	5
2.1 Vegetação.....	6
2.2 Solo.....	7
2.3 Sistemas fluviais.....	8
2.4 Recuperação de áreas ardidadas	9
3. Incêndios rurais em Portugal	12
3.1 Incêndios no ano de 2022	16
4. Concelho da Guarda	19
4.1 Localização Geográfica	19
4.2 Enquadramento Demográfico	20
4.3 Caracterização Física.....	21
4.3.1 Enquadramento Morfológico.....	21
4.3.2 Enquadramento Geológico	21
4.3.3 Enquadramento Hidrológico.....	22
4.3.4 Uso e ocupação do solo	23
4.3.5 Classificação de proteção do património natural	24
4.3.6 Cartografia de Risco de Incêndio Rural	25
4.3.7 Histórico de Incêndios Rurais.....	27
5. Incêndio da Serra da Estrela no concelho da Guarda.....	29

5.1	Pós incêndio da Serra da Estrela	34
6.	Recuperação de áreas ardidas no Incêndio da Serra da Estrela (Concelho da Guarda)	38
6.1	Medidas de estabilização de emergência pós-incêndio	39
6.1.1	Recuperação de Infraestruturas afetadas	40
6.1.2	Controlo da erosão, tratamento e proteção de encostas.....	42
6.1.3	Prevenção da contaminação e assoreamento e recuperação de linhas de água ..	44
6.2	Avaliação da eficácia das intervenções de estabilização de emergência implementadas após incêndio	46
6.2.1	Metodologia de monitorização da eficácia aplicada	48
6.3	Monitorização das técnicas de estabilização de emergência aplicadas	50
6.3.1	Local 1	51
6.3.2	Local 2	53
6.3.3	Local 3	54
6.3.4	Local 4	56
6.3.5	Local 5	57
6.3.6	Local 6	59
6.3.7	Local 7	60
6.3.8	Local 8	61
6.4	Resultados	62
7.	Conclusão.....	65
	Referências Bibliográficas	67
	ANEXOS	71
	Anexo I.....	72
	Anexo II.....	73
	Anexo III	74
	Anexo IV	75
	Anexo V - Modelo da ficha de monitorização	76
	Anexo VI – Dados recolhidos da monitorização realizada a 23 de junho de 2023	77

Lista de abreviaturas e siglas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

CMG – Câmara Municipal da Guarda

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.

Ha - Hectares

ICNF – Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, I.P.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

OCT – Obra de correção torrencial

Lista de figuras

Figura 1. Número de ocorrências e área ardida no continente europeu (com exceção da Irlanda e do Reino Unido), entre 1990-2022 (Fonte: adaptado de San-Miguel-Ayanz et al., 2022).....	2
Figura 2. Efeito dos incêndios e interações entre os diferentes agentes nos ecossistemas (Fonte: Correia, 2019)	5
Figura 3. Efeito do fogo na vegetação e no solo durante e após a sua passagem (Fonte: USAID-BHA e USFS, 2023)	6
Figura 4. Processo de formação da camada hidrofóbica após um incêndio (Fonte: Moreira et al., 2010)	8
Figura 5. Efeitos do fogo nos processos hidrológicos e erosivos e na dinâmica de uma bacia hidrográfica: A – encosta não ardida; B – encosta ardida (Fonte: Moreira et al., 2010).....	9
Figura 6. Fluxograma de recuperação de áreas ardidas após incêndios rurais (Fonte: AGIF, 2022).....	10
Figura 7. Alterações na área queimada (%) para um aumento de +1.5°C; com o modelo estacionário SM (a), com o modelo não estacionário NSM (b); de +2°C; SM (c), modelo NSM (d); de +3°C modelo SM (e), modelo NSM (f) (Fonte: Turco et al., 2018)	13
Figura 8. Histórico de área ardida em Portugal entre 2012-2021 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023).....	15
Figura 9. Distribuição das áreas ardidas em Portugal Continental em 2022. (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)	17
Figura 10. Carta de Perigosidade conjuntural de incêndio rural para 2022 (Fonte: IDE ICNF, 2023).....	17
Figura 11. Localização geográfica do concelho da Guarda em Portugal Continental	19
Figura 12. Freguesias do Concelho da Guarda	19
Figura 13. Distribuição demográfica no concelho da Guarda por freguesia (Fonte: adaptado de INE - Censos 2021, 2022).....	20
Figura 14. Morfologia do concelho da Guarda	21
Figura 15. Mapa Geológico do concelho da Guarda (Fonte: adaptado de Ferro et al., 1962; Martins et al., 1963; Brito de Carvalho et al., 1966; Teixeira et al., 1975)	22
Figura 16. Mapa Hidrológico do concelho da Guarda (Fonte: adaptado de Instituto Geográfico do Exército, 1998)	23
Figura 17. Uso e ocupação do solo do concelho da Guarda (Fonte: Mota et al., 2020a).....	24

Figura 18. Áreas Protegidas, Rede Natura 2000 e Regime Florestal (Fonte: Mota et al., 2020a)	25
Figura 19. Componentes do modelo de risco (Fonte: adaptado de Direção de Unidade de Defesa da Floresta, 2012)	25
Figura 20. Carta de perigosidade de incêndio rural (Fonte: Mota et al., 2020a)	26
Figura 21. Carta de risco de incêndio rural (Fonte: Mota et al., 2020a)	27
Figura 22. Área ardida no concelho da Guarda entre 2012-2021 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)	28
Figura 23. A - Fase inicial de propagação: desde a ignição, às 01h18 de 06/08, até às 17h15 de 08/08: o fogo progrediu tomando várias direções, queimando uma área aproximada de 3300ha; B - Fase de propagação para NNE: de 08/08 a 12/08: o fogo desenvolveu-se sobretudo no período diurno com grande intensidade, consumindo cerca de 11700ha; Fase intermédia de resolução: de 13/08 a 15/08, pequeno desenvolvimento do perímetro da área ardida; C - Fase de propagação para SEE: de 15/08 a 16/08: o fogo voltou a progredir com grande velocidade após uma reativação no Vale da Amoreira, dando origem a uma área ardida adicional de 8600ha; D - Fase final de resolução: desde 17Ago: progressão até domínio do fogo a 03/09, com aumento da área queimada de 730ha (Fonte: Mendonça <i>et al.</i> , 2023b).	29
Figura 24. Condições meteorológicas (temperatura e vento) durante o período em que o incêndio da Serra da Estrela esteve ativo (6 a 17 de agosto) (Fonte: Meteoblue, 2023)	30
Figura 25. Área ardida no concelho da Guarda no ano de 2022 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)	31
Figura 26. Registo da passagem do fogo nas freguesias de Valhelhas e Gonçalo (17 e 18 de agosto de 2022)	33
Figura 27. Impacte da tempestade Danielle na Ribeira do Quêcere após o incêndio, com o transporte de grandes quantidades de cinzas e de sedimentos para a linha de água (15 de setembro de 2022)	34
Figura 28. Impacte dos ciclones nas linhas de água com a abertura de fossas no solo provocadas pelo aumento do escoamento superficial da água, na Quinta do Galrado, freguesia de Valhelhas (26 de outubro de 2022)	35
Figura 29. Impacte dos ciclones com o transporte de grandes quantidades de sedimentos e cinzas para as linhas de água, na Quintas de Nossa Senhora da Misericórdia, freguesia de Gonçalo, junto do CM1179 (26 de outubro de 2022)	36

Figura 30. Impacte dos ciclones com o transporte de grandes quantidades de sedimentos e cinzas para a linha de água, na Praia Fluvial de Valhelhas, no Rio Zêzere, freguesia de Valhelhas (26 de outubro de 2022).....	36
Figura 31. Extrato do mapa de risco de erosão de Patente et., al. (2022) para o concelho da Guarda.....	37
Figura 32. Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária: a) material cortado e destroçado; b) material cortado e encordado.....	41
Figura 33. Corte de árvores direcionado, apoiado em cepos	42
Figura 34. Entrançados de resíduos florestais em curva de nível	43
Figura 35. Técnica de abertura de valas segundo curva de nível.....	44
Figura 36. Obra de correção torrencial em linha de água perene	45
Figura 37. Linha de água intervencionada com corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido.....	46
Figura 38. Mapa com os locais alvo de monitorização	50
Figura 39. Evolução do local de monitorização 1 antes e após a implementação da medida de estabilização de emergência no Troço 1 Ribeira do Quêcere: a) 1ª visita em março de 2023, antes da intervenção; b) 2ª visita em julho de 2023, depois da intervenção.....	52
Figura 40. Evolução do local de monitorização 1 antes e após a implementação das medidas de estabilização de emergência no Troço 2 Ribeira do Quêcere: a) 2ª visita em junho de 2023, depois da intervenção; b) 2ª visita em julho de 2023, depois da intervenção	52
Figura 41. Local de monitorização 2 na 1ª visita, em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT	53
Figura 42. Local de monitorização 2 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT	54
Figura 43. Local de monitorização 3 na 1ª visita em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT	54
Figura 44. Local de monitorização 3 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT; c) acumulação de sedimentos a montante da OCT	55
Figura 45. Local de monitorização 4 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência.....	56

Figura 46. Local de monitorização 5 na 1ª visita em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT	57
Figura 47. Local de monitorização 5 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT e acumulação de sedimentos; c) acumulação de sedimentos a montante da OCT construída para recuperação da área ardida em 2017	58
Figura 48. Local de monitorização 6 na 1ª visita, em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista sobre um dos conjuntos de entrançados; b) vista pormenorizada sobre os entrançados.....	59
Figura 49. Local de monitorização 6 na 2ª visita, em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista sobre um dos conjuntos de entrançados; b) vista pormenorizada sobre os entrançados.....	59
Figura 50. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante do entrançado e acumulação de sedimentos; b) vista a montante do entrançado e acumulação de sedimentos	60
Figura 51. Local de monitorização 7, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) aquando da 1ª visita em março de 2023; b) aquando da 2ª visita em junho de 2023	61
Figura 52. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência.....	61
Figura 53. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023: a) regeneração de acácias; b) regeneração de pinheiro bravo.....	62
Figura 54. Carta de Uso e Ocupação do solo – COS 2018 (Fonte: DGT, 2020).....	72
Figura 55. Severidade de queima do solo do Incêndio da Serra da Estrela de 2022 no concelho da Guarda (Fonte: adaptado de USAID-BHA e USFS, 2023).....	73
Figura 56. Mapa de potencial risco de erosão do solo, em áreas florestais (eucalipto e pinheiro) e de mato em Portugal, ao longo do primeiro ano após incêndio (Fonte: Parente <i>et al.</i> , 2022)	74
Figura 57. Localização da aplicação das técnicas de estabilização de emergência	75

Lista de tabelas

Tabela 1. Número de incêndios e área ardida em 5 países do sul da Europa nos últimos 42 anos (Fonte: adaptado de San-Miguel-Ayanz et al., 2022).....	14
Tabela 2. Os 20 concelhos com maior extensão de área ardida entre 1 de janeiro e 15 de outubro de 2022 (Fonte: ICNF, 2022).....	18
Tabela 3. Variação da população no Concelho da Guarda entre 2011-2021 (Fonte: adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2022).....	20
Tabela 4. Técnicas de estabilização de emergência implementadas	40
Tabela 5. Tipos de monitorização (Fonte: adaptado de Correia, 2019; Pinto, 2018b).....	47
Tabela 6. Parâmetros selecionados para monitorização das técnicas implementadas.....	49
Tabela 7. Resumo mensal de precipitação total e máxima diária no Estação Meteorológica da Guarda (adaptado de IPMA, 2023)	64
Tabela 8. Consequência dos diferentes estados que severidade de queima do solo (Fonte: adaptado de USAID-BHA e USFS, 2023).....	73
Tabela 9. Modelo da ficha de monitorização	76
Tabela 10. Ficha de monitorização local 1	77
Tabela 11. Ficha de monitorização local 2	78
Tabela 12. Ficha de monitorização local 3	79
Tabela 13. Ficha de monitorização local 4	80
Tabela 14. Ficha de monitorização local 5	81
Tabela 15. Ficha de monitorização local 6	82
Tabela 16. Ficha de monitorização local 7	83
Tabela 17. Ficha de monitorização local 8	84

1. Introdução

O fogo está presente na vida humana há mais de 1,4 milhões de anos, representando o primeiro elemento natural que o Homem aprendeu a manipular, o que lhe conferiu uma elevada relevância ao longo da evolução da espécie Humana. O seu uso de forma controlada e consciente, sempre se mostrou benéfico para as atividades agrícolas e pecuárias, por permitir a limpeza do solo, aumentando consequentemente a sua fertilidade e produtividade, e por condicionar a existência e a distribuição da floresta (Santos, 2010; Goudie, 2013). Contudo, em simultâneo sempre provocou uma fragilização do solo, potenciando o aumento da sua erosão e facilitando a infiltração de substâncias tóxicas, a par da libertação de enormes quantidades de materiais particulados (PM's) e gases para a atmosfera.

Apesar dos benefícios associados, o fogo quando deixa de ter um comportamento controlado e evolui para incêndio, representa uma enorme fonte de perigo, pela ameaça que provoca à vida humana, ao seu bem-estar, aos bens materiais e ao meio ambiente, e de risco, pela probabilidade de ocorrência e impacto que os potenciais danos possam causar (Pinto, 2018a). Por isso, este fenómeno ambiental perigoso, que têm probabilidade de ocorrer num determinado período e local, representa um Risco Ambiental. As causas de ignição dos incêndios e seus danos consequentes, podem ter como responsáveis a ocorrência de fenómenos naturais (Risco Natural), como uma descarga elétrica provocada por uma trovoadas ou a combustão espontânea provocada pelo aumento da temperatura, e/ou ação antrópica (Risco Antrópico), decorrente da ignição provocada pelo Homem de forma intencional ou não, pelo que são classificados como Riscos Mistos (Henriques, 2011; Pinto, 2018a).

Os incêndios rurais, característicos pela afetação de povoamentos, zonas agrícolas e florestais (superfície arborizada ou de mato), são uma das catástrofes que transmite maior preocupação e fonte de perigo (Gomes, 2003; Santos, 2010), em diversos pontos do Mundo, desde a Europa, onde se destacam os países Mediterrâneos, Médio Oriente, norte de África, Califórnia e Austrália (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022).

Nas últimas décadas, este Risco Misto tem sofrido um aumento considerável de frequência e intensidade, provocado pelas alterações climáticas que o Planeta está a enfrentar. Em algumas regiões, está-se a verificar a redução dos níveis de precipitação, períodos de secas mais frequentes e severos, assim como temperaturas mais elevadas, criando, condições favoráveis para a maior ocorrência e proliferação de incêndios rurais. Desta forma, tem-se assistido à alteração da sua forma de progressão, principalmente com o aumento da área ardida

por ano, da extensão afetada por cada ocorrência e do estender da época estival, levando ao crescimento exponencial do perigo associado. Por sua vez, os danos resultantes dos incêndios têm-se revelado mais graves e significativos (Moreira *et al.*, 2010).

O continente europeu tem assistido a esta realidade de forma muito marcante (Figura 1), sobretudo ao longo da última década (2012-2022) onde os incêndios consumiram mais de 4 milhões de hectares e provocaram a morte de cerca de 500 pessoas (Comissão Europeia, 2021; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022).

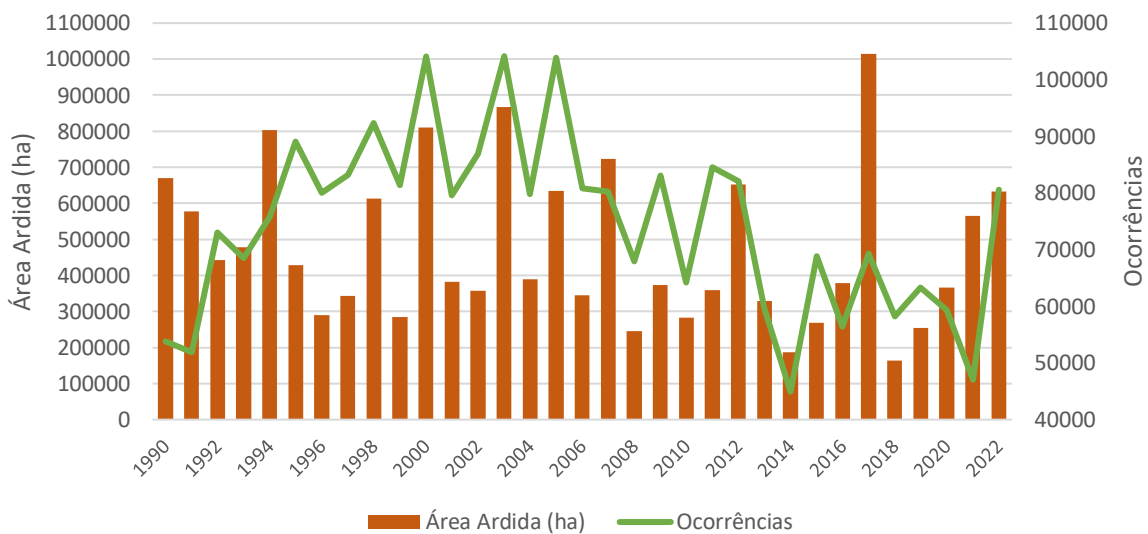


Figura 1. Número de ocorrências e área ardida no continente europeu (com exceção da Irlanda e do Reino Unido), entre 1990-2022 (Fonte: adaptado de San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022)

Independentemente da Europa registar estes valores, cerca de 80% de toda a superfície queimada neste continente, tem lugar nos países do sul, conhecidos por países mediterrâneos: Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia (WWF, 2019), nos quais o fogo, devido às características climáticas destas latitudes, sempre teve um papel muito presente e relevante na dinâmica dos ecossistemas (Moreira *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2012).

Apesar do comportamento dos incêndios estar diretamente relacionado com fatores naturais, e das alterações climáticas apresentarem uma forte influência sobre estes, é preciso ter em consideração que cerca de 96% dos incêndios rurais que ocorrem na União Europeia têm como fonte a ação direta ou indireta do Homem, através do uso negligente do fogo ou de fogo posto (Comissão Europeia, 2021; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022).

Uma das características mais dramáticas dos incêndios, depende-se com a sua capacidade de marcar e alterar profundamente a paisagem por onde se desenvolvem e alastram, causando impactes muito profundos a nível social, económico e ambiental. Os impactes

ambientais são os mais dificilmente quantificáveis, em termos monetários, para além de se estenderem negativamente a inúmeros setores, desde os ecossistemas (degradação e perda das funções e serviços de ecossistemas), à biodiversidade (perda), aos processos hidro e geomorfológicos, entre outros, podendo, por vezes ser irreversíveis (Moreira *et al.*, 2010; Comissão Europeia, 2021).

A capacidade de progressão dos incêndios e os impactes por este causados, estão intimamente dependentes de diversos fatores, entre os quais a quantidade e o tipo de combustível/vegetação existente, destacando-se, por exemplo, o pinheiro-bravo e o eucalipto que oferecem condições favoráveis à fácil ignição e rápida propagação (Mota *et al.*, 2020a). A topografia tem também um papel bastante relevante no processo de proliferação deste fenómeno ambiental, assim como as condições climáticas registadas, como a temperatura, humidade do ar e o vento, que determinam a velocidade de propagação e a intensidade do fogo. Deste modo, a gestão da quantidade e da estrutura dos combustíveis, como fator controlável, é decisiva para reduzir o perigo de incêndio (Comissão Europeia, 2021; Mendonça *et al.*, 2023a).

Por excelência, as regiões húmidas e produtivas são mais sensíveis a condições inflamáveis do que as regiões secas, uma vez que, no período correspondente à estação seca ou em anos de seca, a vegetação produzida atinge um elevado estado de dessecação, o que permite estabelecer uma relação seca-incêndio. Desta forma, a área queimada por incêndio está diretamente relacionada com as condições de seca dessa estação do ano, sobretudo na maioria das regiões da Europa Mediterrânea (Turco *et al.*, 2017). Esta realidade é assistida sobretudo na região centro de Portugal, uma das mais fustigada por esta problemática ao longo dos anos, destacando no ano de 2022 o incêndio que ocorreu na Serra da Estrela, afetando em termos de área, mais drasticamente o concelho da Guarda.

Os danos provocados pelos incêndios são mais visíveis nos locais afetados diretamente pelas chamas, nomeadamente na vegetação, contudo estes também afetam de forma muito marcante os processos hidro e geomorfológicos. Os povoamentos florestais são locais com baixa resistência aos processos hidrológicos e erosivos após incêndio, por isso, nestes locais, os processos de degradação dos ecossistemas tendem a desenvolver-se rapidamente e a propagar-se para jusante. Estas zonas são afetadas principalmente pelo transporte de sedimentos e cinzas decorrente do escoamento superficial da água, podendo, por vezes, os danos nestas áreas serem mais marcantes e prejudiciais do que a montante.

Neste sentido, a recuperação destes locais, intervindo num curto espaço de tempo com a aplicação de medidas de estabilização de emergência que minimizem os impactes provocados pelos incêndios, destacando o risco de erosão do solo, revela-se de extrema importância. Atualmente as técnicas de estabilização de emergência em zonas aridas baseiam-se em princípios de bioengenharia, focando-se na recuperação e restauração de zonas prioritárias dos ecossistemas de forma progressiva (Moreira *et al.*, 2012; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

O acompanhamento e monitorização, ao longo do tempo, das técnicas aplicadas são fundamentais para conhecer melhor e perceber a sua eficácia, assim como entender a necessidade de adaptação, para atingir o máximo de benefícios com a sua aplicabilidade. Além disso é fundamental para ajudar a definir como se processarão as próximas etapas da recuperação (Moreira *et al.*, 2012; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

A intervenção em locais afetados por incêndios rurais, representa uma ferramenta de ordenamento do território essencial para a redução do seu risco, nomeadamente em regiões onde por norma, a sua incidência e risco são maiores. Sendo a recuperação um processo a longo prazo, durante a sua realização é dada atenção à evolução do ecossistema, adotando medidas importantes, especialmente em matéria de gestão de combustível, que visam a manutenção destes locais e que ajudam a criar condições de maior resiliência aos incêndios, contribuindo como atenuante para diminuir a intensidade e dimensão de ocorrências futuras.

1.1 Objetivos da dissertação

A presente dissertação tem como objetivos:

- Enumerar diferentes impactes ambientais resultantes dos incêndios rurais;
- Abordar a temática dos incêndios rurais em Portugal, mais especificamente no concelho da Guarda, onde este risco ambiental tem grande expressão anualmente;
- Identificar os fatores críticos responsáveis pela elevada incidência deste risco ambiental no concelho da Guarda, através da sua caracterização;
- Expor a estratégia de recuperação da área do concelho da Guarda arida durante o incêndio da Serra da Estrela e avaliar a eficácia da aplicação de técnicas de estabilização de emergência, implementadas para minimizar impactes, evitar o seu agravamento e desenvolvimento de outros riscos após o incêndio, através de monitorização.

2. Impactes ambientais dos incêndios

Os incêndios rurais, quando ocorrem de forma controlada, podem ser bastante benéficos para os ecossistemas. Contudo, em função da sua intensidade, duração, frequência, época do ano, meteorologia, solo, topografia e comunidade vegetal do local, podem desencadear diferentes impactes positivos e/ou negativos (Moreira *et al.*, 2010).

Os impactes negativos incluem a perda de vidas humanas e prejuízos socioeconómicos imediatos. Todavia, os ecossistemas são bastante afetados e sofrem alterações na composição e estrutura, registando danos, muitas vezes irreparáveis (Peixoto, 2018). Estes impactes negativos nos ecossistemas podem ser diretos, como é o caso da vegetação e da fauna, e indiretos, como no solo, recursos hídricos e biodiversidade (Moreira *et al.*, 2010).

Como os ecossistemas são sistemas abertos, com relações e inter-relações entre os diferentes agentes, o desequilíbrio de qualquer um pode ter repercussões nos restantes. Por este motivo, os impactes causados pelos incêndios podem estender-se e manifestar-se de diferentes formas ao longo da cadeia ecológica (Figura 2).

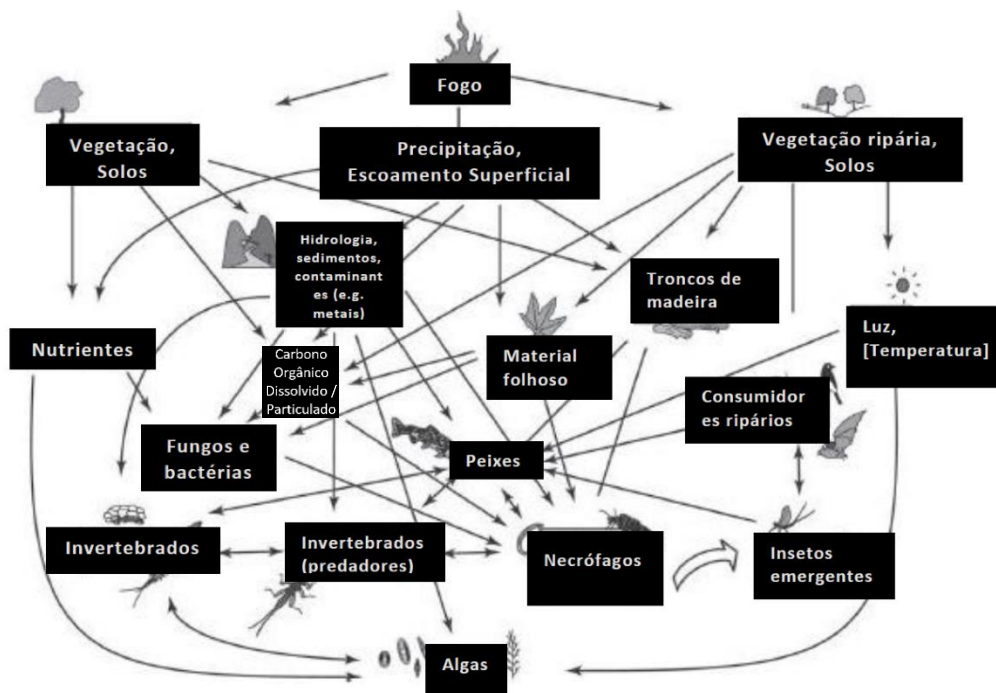


Figura 2. Efeito dos incêndios e interações entre os diferentes agentes nos ecossistemas (Fonte: Correia, 2019)

O clima regional, a extensão ardida e a severidade dos incêndios influenciam fortemente a capacidade de recuperação dos sistemas, podendo estes demorar vários anos até que as condições pré incêndio ou de estado de equilíbrio sejam repostas, registando os dois primeiros anos maior fragilidade (Moreira *et al.*, 2010; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

2.1 Vegetação

Os impactos na vegetação são imediatos, variando a gravidade em função da intensidade do fogo e do tipo de vegetação. Estes fatores influenciam a capacidade de sobrevivência e de regeneração das comunidades vegetais, que apesar de aumentar com a idade, é variável entre espécies, apresentando as árvores folhosas melhor resistência, sobrevivência e recuperação ao fogo do que as resinosas (Moreira *et al.*, 2010).

Uma das maiores problemáticas que advém do consumo da vegetação é a redução de fixadores do solo e a diminuição da infiltração de água, influenciando os solos, processos hidrológicos e os sistemas fluviais (Figura 3) (Moreira *et al.*, 2010; USAID-BHA e USFS, 2023).

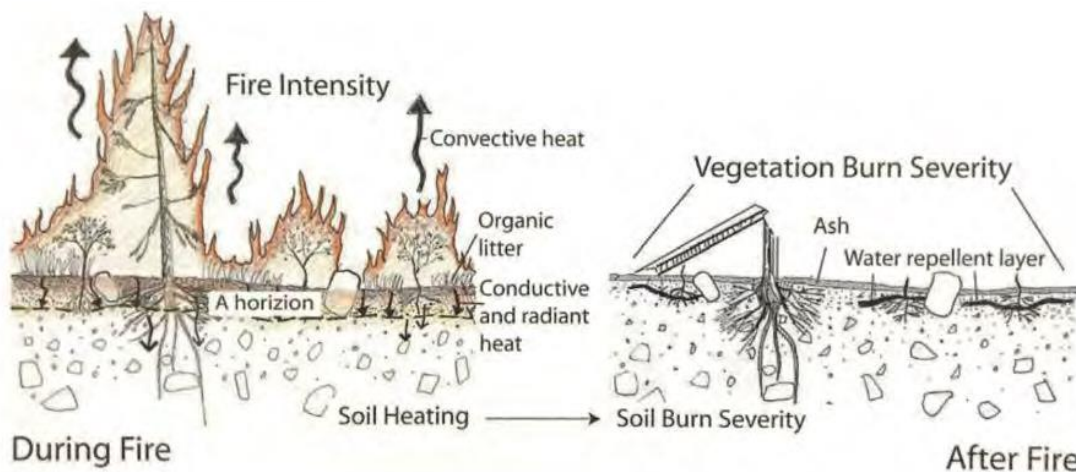


Figura 3. Efeito do fogo na vegetação e no solo durante e após a sua passagem (Fonte: USAID-BHA e USFS, 2023)

Apesar de em algumas espécies, como o pinheiro e o eucalipto, o fogo, através do seu calor, ser um importante dispersor de sementes, este pode influenciar, a sucessão ecológica de evolução da vegetação e funcionar como um mecanismo seletivo e modificador das comunidades colonizadoras nas áreas queimadas. Tal ocorre sobretudo, em locais onde as ocorrências de fogo têm uma elevada frequência, o que faz com que a vegetação nativa perca a sua capacidade de resiliência, sofrendo uma acentuada redução, permitindo a fixação de espécies mais exigentes em termos de água e de solo, como as invasoras, mas com elevada capacidade de regeneração e crescimento, o que favorece e potencia a proliferação do fogo, alterando o tipo de floresta nativa (Moreira *et al.*, 2010).

2.2 Solo

Com os incêndios rurais, o solo está sujeito a impactos diretos e indiretos (Moreira *et al.*, 2010), constituindo um importante indicador dos potenciais impactos e recuperação de bacias hidrográficas após-incêndio (USAID-BHA e USFS, 2023). Em termos de severidade, os danos no solo estão inteiramente dependentes da intensidade e duração do fogo, vegetação, tipo de solo, relevo e níveis de humidade.

Apesar destes serem mais visíveis *in situ*, devido à inter-relação existente entre os diferentes constituintes dos sistemas naturais, estes podem ter repercussões bastante severas a jusante. Tal deve-se a outro impacto direto, a degradação da estrutura superficial do solo com a combustão e mineralização de grande parte da matéria orgânica e vegetação presente, que aumenta a suscetibilidade do solo e dos nutrientes disponíveis aos processos de *wash off*, erosivos e de transporte. As primeiras chuvas após incêndio têm um papel muito importante nesta propagação, sendo as responsáveis por elevadas perdas da camada superior do solo e por estimularem fenómenos catastróficos como cheias e movimentos de massa (e.g. fluxo de detritos, deslizamentos e queda de rochas), que representam um risco para os bens e vida humana (Moreira *et al.*, 2010; Peixoto, 2018).

Outros fenómenos incluem a perda de nutrientes do solo (e.g. carbono, azoto, cálcio, magnésio), pela volatilização para a atmosfera, e da capacidade de transferência de nutrientes da atmosfera para o solo (Moreira *et al.*, 2010; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

Uma das maiores preocupações nos solos é a resistência e repelência que estes ganham à água, provocada pela criação de uma camada hidrofóbica sob a camada mais superficial, composta por cinzas e partículas minerais, resultante da decomposição e vaporização dos compostos orgânicos da vegetação (Figura 4). Esta situação dificulta a infiltração da água e favorece o aumento do escoamento superficial e das taxas de erosão, diminuindo à medida que aumenta a cobertura vegetal e a matéria orgânica do solo. Quanto mais intenso for o incêndio mais profunda é a camada hidrofóbica, ficando uma maior quantidade de material desagregado disponível, extremamente erodível e facilmente transportável (Moreira *et al.*, 2010; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

A erosão do solo pode ainda ser agravada durante as práticas de gestão pós-fogo, nomeadamente no decurso da remoção de vegetação morta, com a utilização de maquinaria pesada, provocando também a sua compactação (Moreira *et al.*, 2010; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

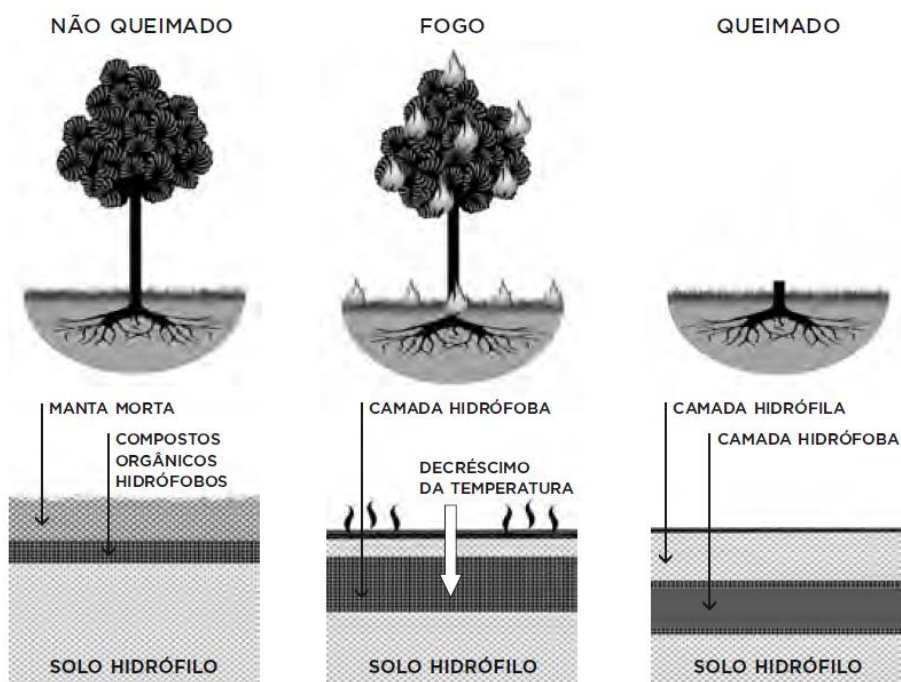


Figura 4. Processo de formação da camada hidrofóbica após um incêndio (Fonte: Moreira *et al.*, 2010)

2.3 Sistemas fluviais

Nos sistemas fluviais os impactes causados provocam alterações na resposta hidrológica e geomorfológica das bacias hidrográficas (USAID-BHA e USFS, 2023), que variam de magnitude conforme a gravidade dos impactes provocados no solo.

Com a diminuição da capacidade de armazenamento e retenção de água no solo, o conseqüente aumento dos níveis de escorrência superficial, beneficia o aumento da atividade hidrológica e geomorfológica, promovendo episódios de erosão mais intensivos e o transporte de grandes quantidades de sedimentos, nutrientes e vegetação para as linhas de água (Figura 5), o que representa uma fonte de perigo em inúmeras vertentes (Moreira *et al.*, 2010; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019; USAID-BHA e USFS, 2023).

Com a chegada às linhas de água de grandes quantidades de sedimentos, são promovidos fenômenos de sedimentação como a ocupação do leito, o que conseqüentemente pode conduzir a picos de inundações nas bacias hidrográficas. O transporte de elevadas quantidades e variedades de nutrientes e metais, provoca a deterioração da qualidade da água, sendo uma das primeiras evidências a modificação da cor e da turbidez da água. O transporte de metais presente no solo, com elevado potencial de contaminação, pode ter conseqüências graves nos ecossistemas aquáticos, em particular nas captações de água para consumo humano. Por outro lado, a elevada concentração de nutrientes pode favorecer o crescimento de algas e aumentar o

risco de eutrofização (Moreira *et al.*, 2010; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

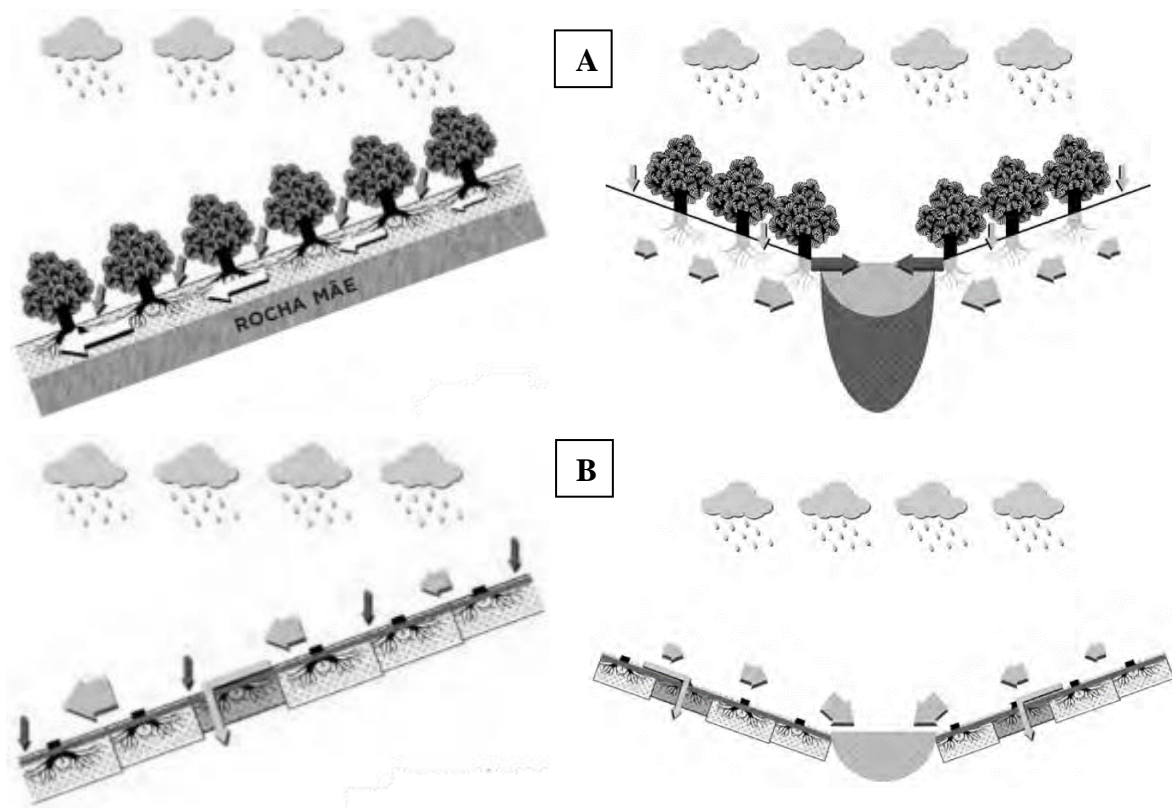


Figura 5. Efeitos do fogo nos processos hidrológicos e erosivos e na dinâmica de uma bacia hidrográfica: A – encosta não ardida; B – encosta ardida (Fonte: Moreira *et al.*, 2010)

2.4 Recuperação de áreas ardidas

Devido às consequências registadas nos ecossistemas, começou a ser feita intervenção nas áreas ardidas através da sua recuperação e reabilitação. A recuperação focada no restabelecimento do ecossistema degradado ou perdido, quando a sua regeneração natural é incerta ou demasiado lenta, evitando a progressão da degradação. A reabilitação incide mais na reparação dos processos ecológicos e serviços de ecossistemas, com objetivo de reconversão do local, nomeadamente para prevenir episódios reincidentes (Moreira *et al.*, 2010; Moreira *et al.*, 2012).

Em Portugal, as políticas públicas de recuperação de áreas ardidas são bastante recentes, existindo apenas desde 1960, sofrendo ao longo de mais de 40 anos um grande desenvolvimento, adequando-se progressivamente às necessidades dos ecossistemas, seguindo uma perspetiva de aplicabilidade e obtenção de resultados a longo prazo (Vieira *et al.*, 2012; ICNF, 2021).

Atualmente, em Portugal, o Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF, 2022) e o Programa Nacional de Ação do Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF, 2021) estabelecem a forma de atuação perante os incêndios rurais. Aquando da sua elaboração, foram tidas em consideração as aprendizagens adquiridas ao longo dos últimos anos, assim como o exemplo de resposta de outros países como os Estados Unidos (“Burned Area Emergency Response Programme (BAER)”), mais bem preparados para responder a este Risco Ambiental (Mendonça *et al.*, 2023b; USAID-BHA e USFS, 2023).

O processo de recuperação de áreas ardidas passou a integrar diferentes abordagens conforme os objetivos de gestão da zona afetada, incidindo preferencialmente na conservação do solo e água, melhoramento da resistência e resiliência dos ecossistemas ao fogo, através da introdução de espécies mais adequadas e remoção de espécies exóticas invasoras, promovendo florestas com capacidade de autorregeneração (Moreia *et al.*, 2010).

Por vezes, opta-se pela ausência de qualquer intervenção, enquanto outras, implicam intervenções que se podem estender ao longo de vários anos, através de diferentes etapas (Figura 6). Independentemente da estratégia adotada, a recuperação representa o primeiro passo para tornar os ecossistemas mais resilientes aos incêndios rurais (Moreira *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2012; Correia, 2019; AGIF, 2021).

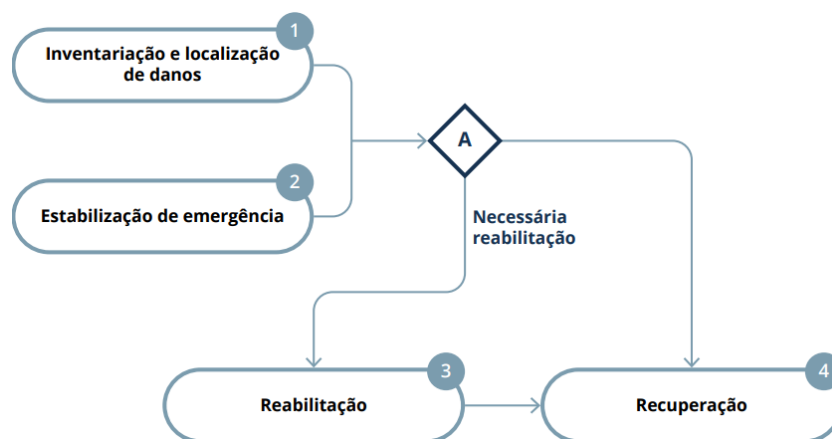


Figura 6. Fluxograma de recuperação de áreas ardidas após incêndios rurais (Fonte: AGIF, 2022)

A inventariação e localização dos danos consiste numa pré-fase da recuperação, na qual é feito um levantamento geral do incêndio em termos de delimitação geográfica da área afetada, grau de severidade do incêndio, identificação de danos imediatos e a longo prazo, impactes sociais, entre outros, importantes para a identificação de áreas prioritárias para implementação de ações de estabilização de emergência, reabilitação e recuperação. Tem início durante a

ocorrência do incêndio e fim nas semanas imediatamente a seguir (Moreira *et al.*, 2012; ICNF, 2021; AGIF, 2022).

A estabilização de emergência é a primeira fase de recuperação de áreas ardidas, podendo começar de preferência, imediatamente após a conclusão do incêndio. Esta etapa é das mais importantes uma vez que tem como finalidade o rápido controlo da erosão do solo, a proteção de linhas de água, vegetação e fauna, e a salvaguarda de infraestruturas e aglomerados populacionais de fenómenos extremos, como as cheias. A sua aplicação é fundamental na contenção dos impactes negativos (ICNF, 2021; AGIF, 2022).

A segunda fase, de Reabilitação, que pode ser facultativa, é concretizada num curto, médio prazo após o incêndio (2 anos), no qual se avalia a resposta do ecossistema ao longo do tempo, mediante a aplicação de medidas de proteção das bacias hidrográficas, solo, recuperação da vegetação e fauna de forma mais concreta e definitiva. O controlo fitossanitário e ações de recuperação biofísica também são aplicadas (ICNF, 2021; AGIF, 2022).

Por fim, a fase de Recuperação, executada a médio-longo prazo tem como objetivo a finalização de recuperação da área ardida, atuando na mitigação dos impactes, no controlo da regeneração excessiva e remoção de espécies exóticas e invasoras, e em assegurar a recuperação dos ecossistemas e suas funções, considerando o ordenamento da paisagem (ICNF, 2021; AGIF, 2022).

Ao longo destas etapas, são adotadas técnicas de intervenção específicas de cada situação, recorrendo-se atualmente a técnicas de Engenharia Natural/Bioengenharia. Esta preferência deve-se ao facto de combinarem a teoria da Engenharia Tradicional e os processos naturais dos ecossistemas, o que lhes confere uma elevada eficiência, tanto numa perspetiva preventiva como corretiva. Além disso, as estruturas desenvolvidas privilegiam a utilização de métodos à base de materiais vivos ou inertes, maioritariamente disponíveis no local, facilmente enquadráveis no sistema de forma natural, com perspetivas de evolução e inserção definitiva, o que implica um custo menos dispendioso e menor impacte visual (Moreira *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2012; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

3. Incêndios rurais em Portugal

Cerca de 39% da área de Portugal Continental é ocupada por floresta, uma realidade que tem vindo a aumentar ao longo das últimas décadas, e 12% com matos, segundo análise temática da Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018 (COS 2018) (Anexo I), totalizando 51% do território nacional (DGT, 2020). O aumento da área florestal tem acompanhado a tendência crescente dos incêndios rurais ao longo dos últimos anos, o que faz com que estes sejam uma das principais catástrofes que afeta o país e que causa mais prejuízos anualmente. Apesar deste fenómeno incidir principalmente durante a época de temperaturas mais elevadas, correspondente aos meses de junho, julho e agosto, tem-se verificado o aumento do número de ocorrências noutras épocas do ano e da sua severidade (Santos, 2010).

A localização geográfica de Portugal confere a este território um clima temperado, cujas condições meteorológicas, promovem o aumento do risco de incêndios rurais. Nos períodos com elevada precipitação (outono/inverno), é favorecido o crescimento e o aumento considerável de espécies herbáceas e arbustivas, que posteriormente nos meses de maior calor, atingem um elevado estado de dessecação, aumentando o seu poder de combustão e de ignição, favorecendo a magnitude e a frequência dos incêndios rurais (Peixoto, 2018).

Esta realidade está dependente do tipo e quantidade de vegetação característica de cada local, verificando-se em Portugal que a região mais afetada; é a zona Centro, o que se deve principalmente às espécies aí existentes, nomeadamente o eucalipto e o pinheiro. O relevo existente nesta zona do país, condiciona a vegetação existente e influencia a atuação dos meios de combate, dificultando a consolidação e extinção dos incêndios rurais. Todavia, os quatro fatores centrais responsáveis pelo aumento do risco de incêndio, não só nesta região como noutras no país, depreendem-se com o abandono das zonas rurais, o que promove a proliferação e expansão da floresta, o acréscimo de carga combustível/vegetação altamente inflamável, o aumento das ignições e, o aumento da temperatura e a irregularidade da precipitação (Instituto Florestal Europeu, 2017; Comissão Regional de Gestão Integrada de Fogos Rurais do Centro, 2022). O mau ordenamento florestal e a falta de políticas de investimento neste setor, têm tido também um grande impacte neste fenómeno natural (Lourenço *et al.*, 2001; Santos, 2010).

O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC) refere que os ecossistemas mediterrâneos são dos mais vulneráveis do Mundo e que, o aumento de temperatura que se espera ocorrer, irá promover a ocorrência de episódios climáticos extremos cada vez mais frequentes e mais danosos nestas latitudes (WWF, 2019). Investigadores da

Universidade de Barcelona, defendem que perante um aumento de 1,5°C da temperatura global, comparativamente com os valores pré-revolução industrial, a área ardida apresentará um crescimento entre 40% (NSM – adaptação do ecossistema ao aumento gradual da temperatura) e 54% (SM - não adaptação do ecossistema ao aumento gradual da temperatura) dependente do modelo considerado (Figura 8). Para um cenário mais dramático e com um aumento de 3°C na temperatura global, a realidade poderá tornar-se mais trágica, com o crescimento a poder atingir os 175% a 187% com SM e de +96% a +97% com a abordagem NSM (Figura 7) (Turco *et. al.*, 2018).

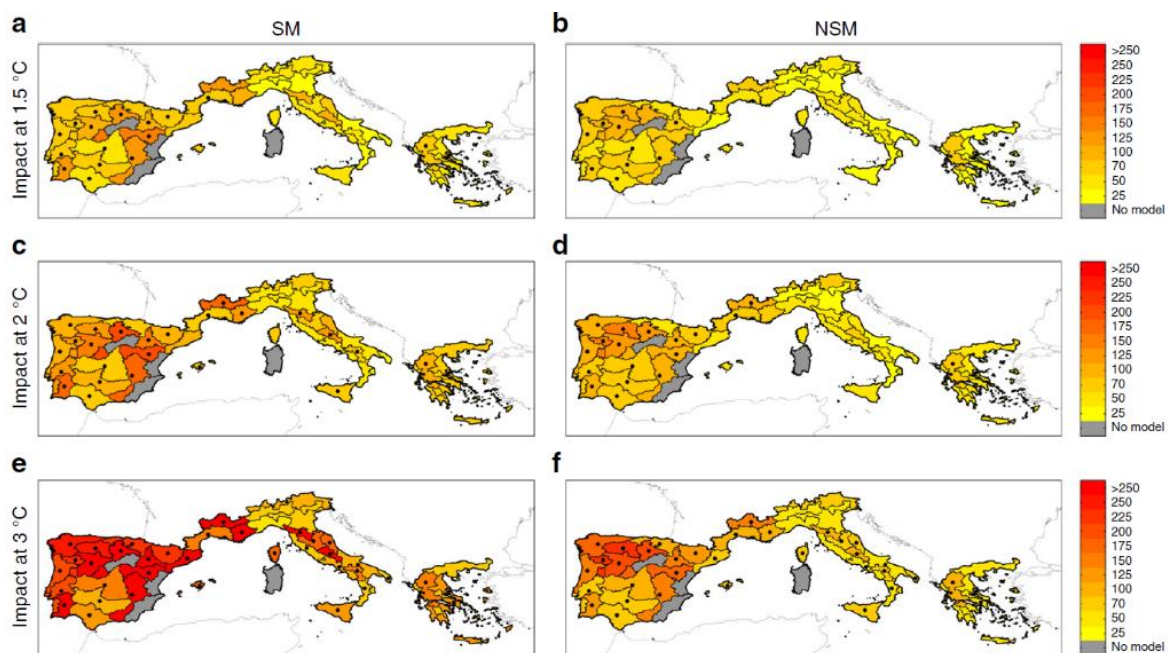


Figura 7. Alterações na área queimada (%) para um aumento de +1.5°C; com o modelo estacionário SM (a), com o modelo não estacionário NSM (b); de +2°C; SM (c), modelo NSM (d); de +3°C modelo SM (e), modelo NSM (f) (Fonte: Turco *et al.*, 2018)

Estima-se que a temperatura média do planeta tenha atingido $+1.15 \pm 0.13^\circ\text{C}$ acima da média de 1850-1900, a qual se aponta como responsável pela proliferação de incêndios com maiores dimensões e pelo aparecimento cada vez mais frequente da tipologia Mega Incêndios de Sexta Geração ao longo das últimas décadas (World Meteorological Organization, 2022).

Nos últimos 42 anos (1980-2021), comparativamente com os restantes países do sul da Europa, Portugal registou um maior número de ocorrências e atingiu o segundo maior valor de área ardida. Nas duas últimas décadas, a área ardida mais do que duplicou comparativamente com a década de 1980-1989, (Tabela 1) (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022).

Tabela 1. Número de incêndios e área ardida em 5 países do sul da Europa nos últimos 42 anos (Fonte: adaptado de San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022)

<i>Número de incêndios</i>	<i>PORTUGAL</i>	<i>ESPAÑA</i>	<i>FRANÇA</i>	<i>ITÁLIA</i>	<i>GRÉCIA</i>	<i>TOTAL</i>
2021	8 186	8 780	4 739	5 989	1 250	28 944
%total de 2021	28%	30%	16%	21%	4%	100%
Média 1980-1989	7 381	9 515	4 910	11 575	1 264	34 645
Média 1990-1999	22 250	18 152	5 538	11 164	1 748	58 851
Média 2000-2009	28 774	18 369	4 418	7 259	1 695	60 514
Média 2010-2019	19 362	11 860	3 865	5 420	946	41 452
Média 2020-2021	8 903	8 263	6 056	5 427	1 155	29 803
Média 1980-2021	18 940	14 178	4 748	8 691	1 401	47 958
TOTAL (1980-2021)	795 477	595 479	199 416	365 027	58 826	2 014 225

<i>Área ardida (ha)</i>	<i>PORTUGAL</i>	<i>ESPAÑA</i>	<i>FRANÇA</i>	<i>ITÁLIA</i>	<i>GRÉCIA</i>	<i>TOTAL</i>
2021	28 360	87 880	15114	151 964	108 418	494 082
%total de 2021	7%	22%	4%	39%	28%	100%
Média 1980-1989	73 484	244 788	39 157	147 150	52 417	556 995
Média 1990-1999	102 203	161 319	22 735	118 573	44 108	448 938
Média 2000-2009	160 985	127 229	22 362	83 878	49 238	443 693
Média 2010-2019	138 084	94 514	12 475	63 907	24 220	333 307
Média 2020-2021	47 765	76 902	16 096	103 810	58 859	304 118
Média 1980-2021	115 312	153 150	23 797	103 398	43 275	438 990
TOTAL (1980-2021)	4 843 096	6 432 302	999 479	4 342 697	1 817 544	18 437 565

Em território continental, os incêndios rurais têm todos os anos uma presença muito marcante, destacando-se neste século os anos de 2003, 2005 e 2017, que contribuíram para que ao longo das duas últimas décadas tivesse uma das maiores áreas ardidas da Europa (Tabela 1) (Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, 2019). Estes episódios estiveram associados a condições meteorológicas extremas, apresentando maior rapidez de propagação e intensidade, provocando fenómenos meteorológicos singulares devido à quantidade de energia libertada (WWF, 2019).

A Figura 8 ilustra a distribuição geográfica da área ardida em território continental nos últimos 10 anos, entre 2012-2021, mostrando uma clara incidência na região Norte e Centro do país e menor na região Sul e do Alentejo, destacando-se os anos de 2012, 2013, 2016 e 2017. De forma bastante constante aos longo dos últimos 10 anos, o incendiarismo representou a maior fonte de ignição, com uma média de 28% (ICNF, 2022).

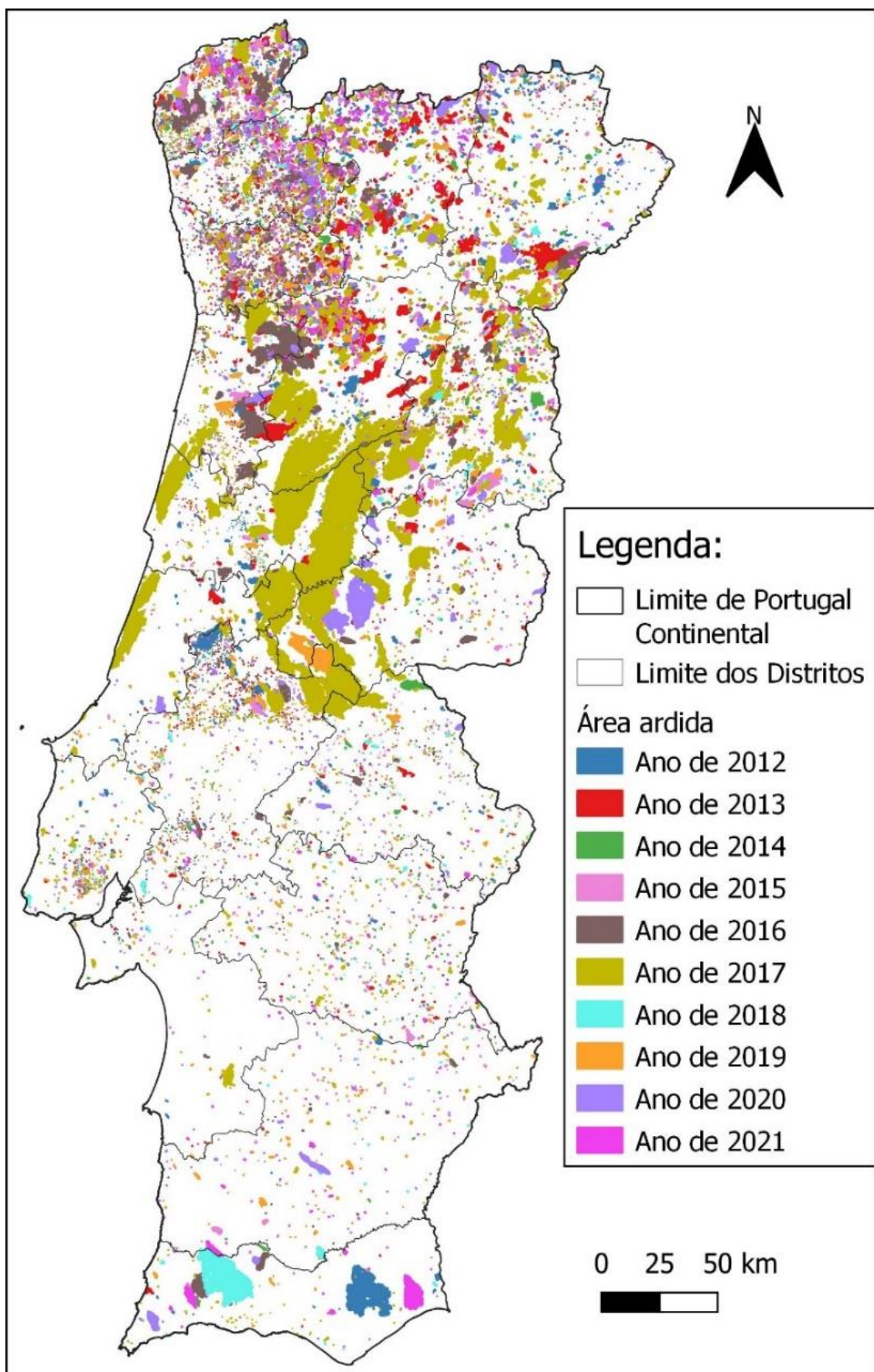


Figura 8. Histórico de área ardida em Portugal entre 2012-2021 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)

3.1 Incêndios no ano de 2022

O ano de 2022 foi considerado o ano mais quente de sempre em vários países da Europa Ocidental, incluindo Portugal, resultante de condições meteorológicas anormais. No território nacional, para além dos reduzidos valores de precipitação acumulada durante o ano hidrológico (outubro de 2021 a setembro de 2022) e dos diversos episódios de vagas de calor (6 no total das quais 4 nos meses de verão), vivenciou-se uma situação de seca prolongada e muito acentuada em diversas regiões, com 80% do território em seca severa e extrema no mês de fevereiro e entre o mês de maio e agosto (Mendonça *et al.*, 2023b).

O nível de secura que a vegetação alcançou, provocado pelo baixo teor de humidade dos combustíveis, influenciou de forma determinante a facilidade de ignição, aceleração das frentes e ocorrência de focos secundários (Mendonça *et al.*, 2023a), o que permitiu que no mês de agosto, já fosse possível afirmar que 2022 era o ano com maior número de incêndios na Europa desde 2006 e que a área ardida na União Europeia acendia a mais de 860 mil ha (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2022; Mendonça *et al.*, 2023b). No final desse ano, a Europa pode contabilizar uma área ardida estimada de 881 275 ha, a segunda maior registada, ficando apenas atrás do ano de 2017 (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023).

Só em Portugal, registaram-se 112 063 hectares de área ardida, oriundos de cerca de 10 500 ocorrências, tornando-o também no pior ano desde 2017, incidindo sobretudo no período de julho e meados de setembro, preferencialmente na região Centro e Norte. Este resultado permitiu que Portugal fosse o terceiro país da União Europeia mais afetado, ficando atrás da Espanha e Roménia (ICNF, 2022; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023). As causas dos incêndios rurais foram muito variadas destacando-se o incêndiarismo – indivíduos imputáveis (28%) e uso do fogo – queimadas extensivas de sobrantes florestais ou agrícolas (19%) (ICNF, 2022).

Das ocorrências registadas no ano de 2022, 83% corresponderam a incêndios rurais de pequena dimensão com menos de 1ha de área ardida. Por outro lado, na categoria de grandes incêndios (igual ou superior a 100 ha), apesar do número ser mais reduzido, ocorreram para áreas ardidas com mais de 1 000 ha 13 incêndios, e com mais de 500 ha foram registados 14. Apesar disso, neste período houve quatro ocorrências em que a área ardida superou os 5 mil ha, uma das quais ultrapassou os 10 mil ha, destacando-se como os que implicaram mais atenção no ano de 2022, afetando preferencialmente áreas de eucaliptais, matagais e pinhais (ICNF, 2022; Mendonça *et al.*, 2023b; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023).

As ocorrências de maior preocupação pelas dimensões atingidas (Figura 9), localizam-se em regiões com condições meteorológicas invulgarmente favoráveis para que tal sucedesse, com classe de perigosidade alta ou muito alta, como mostra a Carta de Perigosidade Conjuntural de incêndio rural de 2022 (Figura 10).

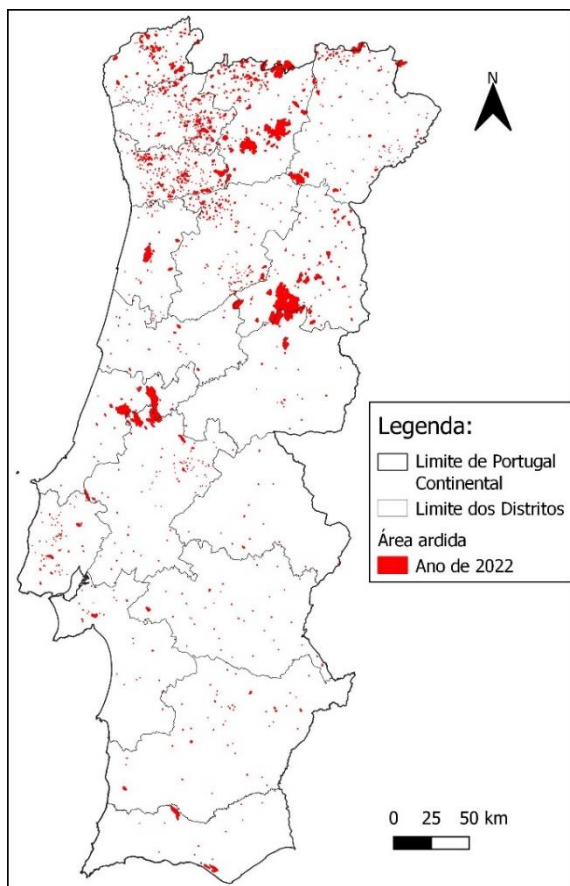


Figura 9. Distribuição das áreas ardidas em Portugal Continental em 2022. (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)

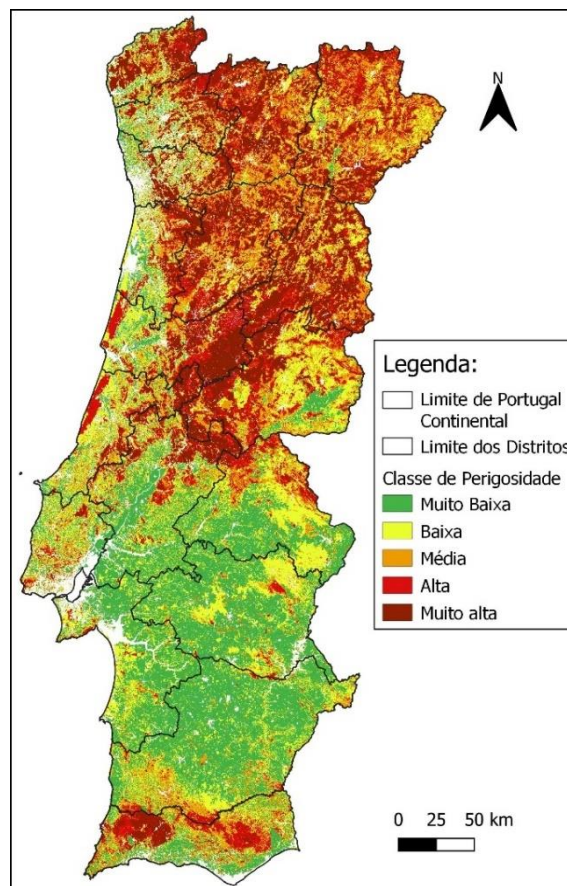


Figura 10. Carta de Perigosidade conjuntural de incêndio rural para 2022 (Fonte: IDE ICNF, 2023)

Entre os 18 distritos de Portugal Continental os que registaram um maior número de incêndios foram o do Porto e de Braga, todavia, os que sofreram uma maior área ardida foram o da Guarda e de Vila Real, cada um com 23% da área concelhia ardida, apesar de terem registado um reduzido número de ocorrências (ICNF, 2022).

Por sua vez, o concelho com maior extensão de área ardida foi o da Guarda (Tabela 2), que mesmo tendo registado apenas 48 incêndios rurais, um número bastante reduzido em comparação com outros concelhos, apresentou uma área ardida estimada de 10 508 ha desde o início do ano até 15 de outubro (ICNF, 2022). Este resultado é justificado pelo maior incêndio rural que ocorreu no ano de 2022, o grande incêndio da Serra da Estrela, com cerca de 24 500 mil ha consumidos, que atingiu severamente este concelho, provocando danos da ordem dos milhares de euros e destruído importantes áreas classificadas.

Tabela 2. Os 20 concelhos com maior extensão de área ardida entre 1 de janeiro e 15 de outubro de 2022 (Fonte: ICNF, 2022)

Concelhos	Incêndios rurais (n.º)	Área ardida (ha)			
		Povoamentos	Matos	Agrícola	Total
GUARDA	48	5858	3047	1603	10508
MANTEIGAS	3	3172	2792	181	6145
COVILHÃ	69	3914	1527	445	5886
VILA REAL	77	1119	4224	205	5548
OURÉM	87	3676	685	860	5221
GOUVEIA	23	1195	2856	373	4424
CHAVES	108	1909	1638	692	4239
MURÇA	26	1941	1856	363	4160
LEIRIA	80	3076	418	569	4063
CARRAZEDA DE ANSIÃES	30	2344	1044	568	3956
VILA POUCA DE AGUIAR	91	2486	1107	164	3757
ALVAÍZERE	7	1453	696	972	3121
VALPAÇOS	103	1123	1508	327	2958
MONTALEGRE	192	357	1658	104	2119
ANSIÃO	8	1423	153	368	1944
SEIA	34	949	530	231	1710
ALBERGARIA-A-VELHA	38	1633	7	46	1686
BAIÃO	162	543	957	99	1599
FAFE	207	463	1099	6	1568
PONTE DA BARCA	155	350	1180	3	1533
TOTAL (top 20)	1548	38984	28982	8179	76145

4. Concelho da Guarda

4.1 Localização Geográfica

O distrito da Guarda localiza-se na zona Centro de Portugal Continental (NUTS II), na Região das Beiras e Serra da Estrela (NUTS III), faz fronteira com os distritos de Bragança a Norte, Viseu a Oeste, Coimbra a Sudoeste, Castelo Branco a Sul e com Espanha a Este (Figura 11). É constituído por 14 concelhos, sendo um deles a capital de distrito, com o mesmo nome (CIMBSE, 2022).

O concelho da Guarda ocupa uma área de 712,08 km², dividido em 43 freguesias (Figura 12) (Mota *et al.*, 2020a).



Figura 11. Localização geográfica do concelho da Guarda em Portugal Continental

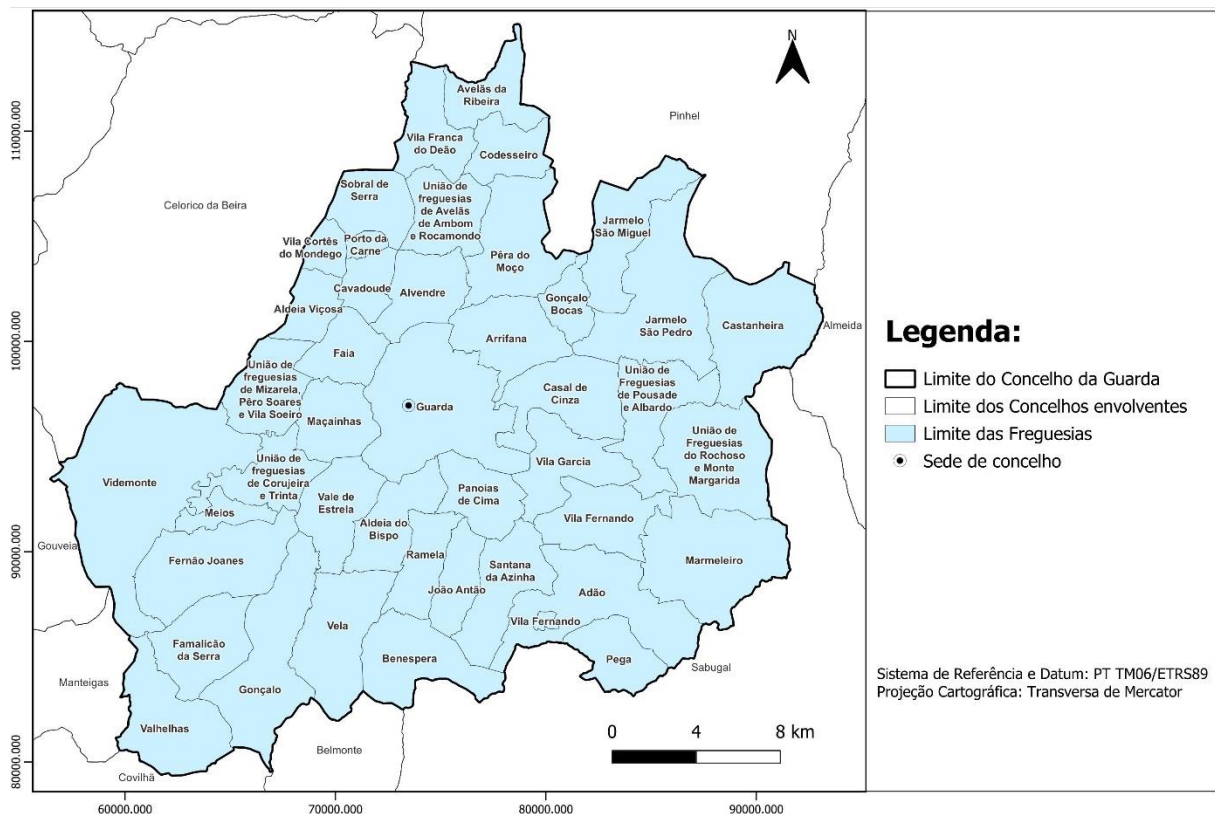


Figura 12. Freguesias do Concelho da Guarda

4.2 Enquadramento Demográfico

Segundo dados obtidos nos Censos 2021, o número total de indivíduos residentes no distrito da Guarda corresponde a 143 019, sendo um dos menos populosos do país (Instituto Nacional de Estatística, 2022). Do total de residentes, 40 126 concentram-se no concelho da Guarda o que comparativamente com os dados obtidos na edição anterior dos Censos 2011 traduz uma redução de 5,70% da sua população (Tabela 3), uma realidade que se tem vindo a acentuar nos concelhos do interior do país ao longo das últimas décadas.

Tabela 3. Variação da população no Concelho da Guarda entre 2011-2021 (Fonte: adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2022)

Concelho da Guarda		
Censos 2011	Censos 2021	Varição (2011-2021)
População: 42 541 habitantes	População: 40 126 habitantes	- 5,70%
Densidade Populacional: 59,74 hab/ km ²	Densidade Populacional: 56,34 hab/ km ²	

Apesar da densidade populacional do concelho ser de 56,34 habitantes/km², existe um grande desequilíbrio na distribuição populacional territorialmente, concentrando-se mais de metade na freguesia da Guarda (Figura 13). Na maioria das freguesias, o número de habitantes é inferior a 500, havendo apenas 7 com um valor superior (Instituto Nacional de Estatística, 2022).

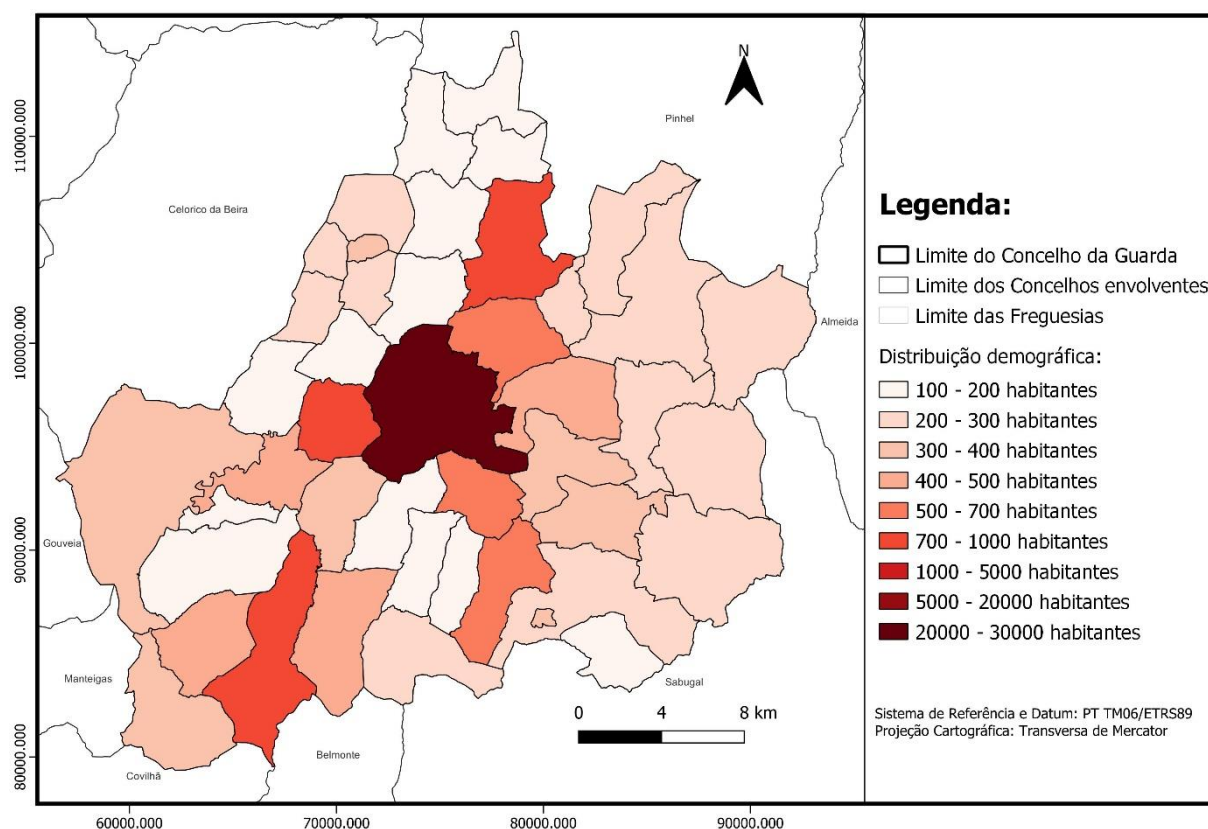


Figura 13. Distribuição demográfica no concelho da Guarda por freguesia (Fonte: adaptado de INE - Censos 2021, 2022)

4.3 Caracterização Física

4.3.1 Enquadramento Morfológico

O concelho contém a cidade de Portugal Continental com maior altitude, de 1 056 metros, dispõe de uma grande diversidade morfológica e uma variação altimétrica de 432 metros a 1 284 metros (Figura 14). Situa-se entre o Planalto Guarda-Sabugal, na parte este, característico pelo seu aplanamento e reduzida variação altimétrica no intervalo 700-900 metros, e a Serra da Estrela, no setor oeste, o que lhe confere uma morfologia completamente distinta. Na parte oeste predominam grandes variações altimétricas, entre 1 200-500 metros que retratam a existência de vales encaixados com declives muito acentuados associados a zonas de falha e resultantes da erosão das linhas de água (Mota *et al.*, 2020a; CIMBSE, 2022).

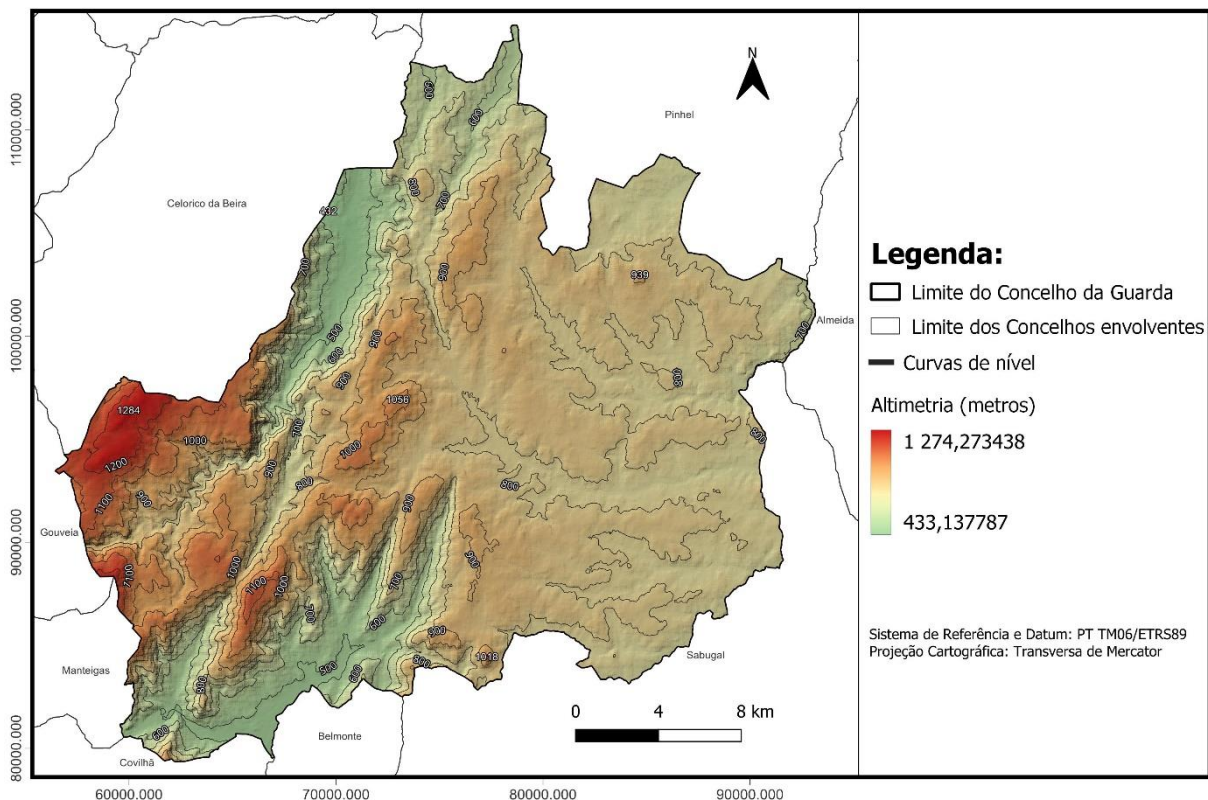


Figura 14. Morfologia do concelho da Guarda

4.3.2 Enquadramento Geológico

O concelho da Guarda insere-se na Zona Centro Ibérica, uma das subdivisões do Maciço Hespérico, com elevada predominância de rochas graníticas, instaladas em profundidade durante a orogenia Varisca, representando cerca de 75% do território, com diferentes características mineralógicas, associadas a filões de quartzo e de dolerito (Estrela Geopark, 2023), de elevada expressão e distribuição (Figura 15).

O complexo xisto-grauváquico ocorre na zona oeste do concelho (Figura 15), associado à orogenia Cadomiana, com mais de 540 milhões de anos, os quais foram posteriormente erguidos com a ativação de falhas de idade Varisca durante o Miocénico, com a formação da Serra de Estrela, correspondendo este setor à parte nordeste desta cadeia montanhosa. Na restante área existem apenas pequenas manchas de forma pontual e pouco relevantes (Estrela Geopark, 2023).

Os alinhamentos tectónicos têm uma grande influência na morfologia existente, representando locais com maior fragilidade para a instalação de linhas de água e ação dos agentes erosivos (Henriques, 2011), resultando a presença de vales encaixados (Figura 14).

As aluviões estão associadas ao transporte e deposição de sedimentos ao longo das linhas de água com maior expressão, como é o caso dos Rios Mondego, Zêzere, Diz e Noéme e Ribeira das Cabras.

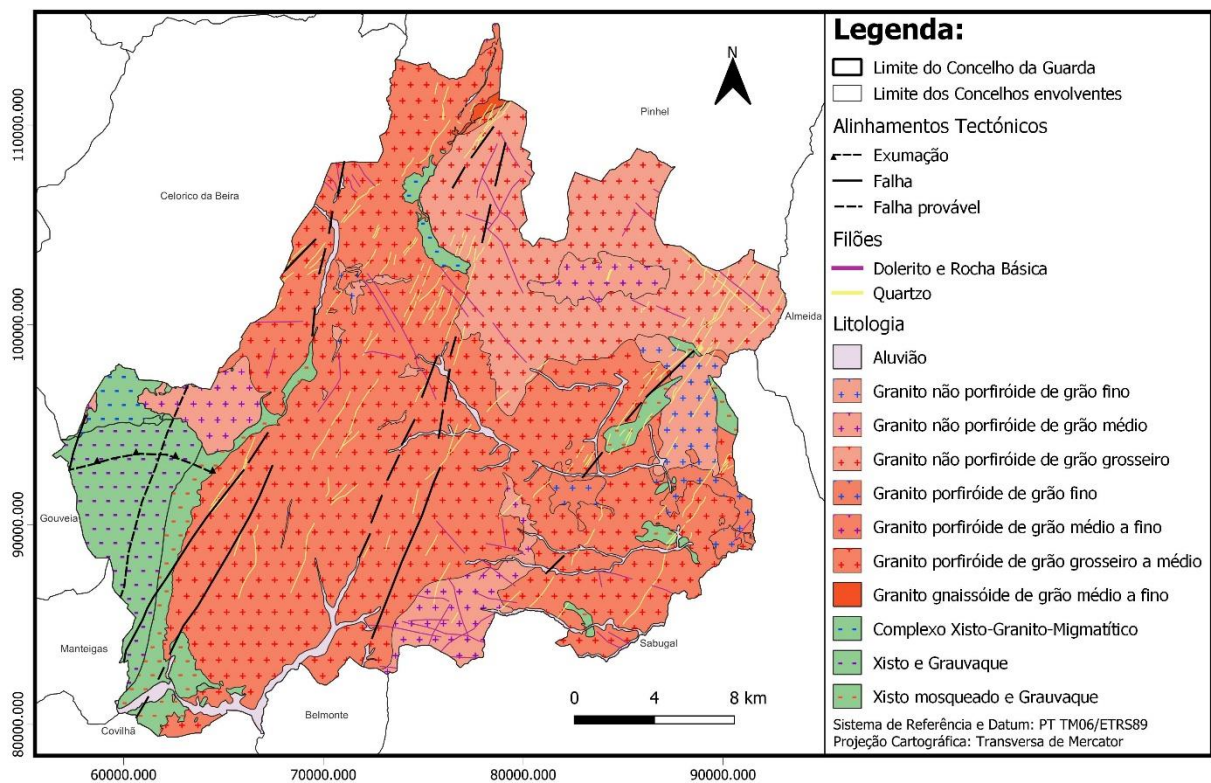


Figura 15. Mapa Geológico do concelho da Guarda (Fonte: adaptado de Ferro *et al.*, 1962; Martins *et al.*, 1963; Brito de Carvalho *et al.*, 1966; Teixeira *et al.*, 1975)

4.3.3 Enquadramento Hidrológico

O concelho apresenta uma vasta rede de recursos hídricos, destacando-se alguns cursos de água pela maior relevância, como é o caso do Rio Mondego que ocupa o setor oeste, se estende ao longo de 35 km e é fonte de abastecimento da Barragem do Caldeirão (Figura 16).

De referir, ainda, a Ribeira das Cabras na zona nordeste, ao longo de 29 km, o Rio Noéme na zona central e no total de 25 km, a Ribeira de Massueime com orientação sul-norte durante 19 km, o Rio Zêzere na parte mais sudoeste com 6 km e, por fim, o Rio Diz numa extensão de 8 km até desaguar no Rio Noéme (Figura 16) (Mota *et al.*, 2020a).

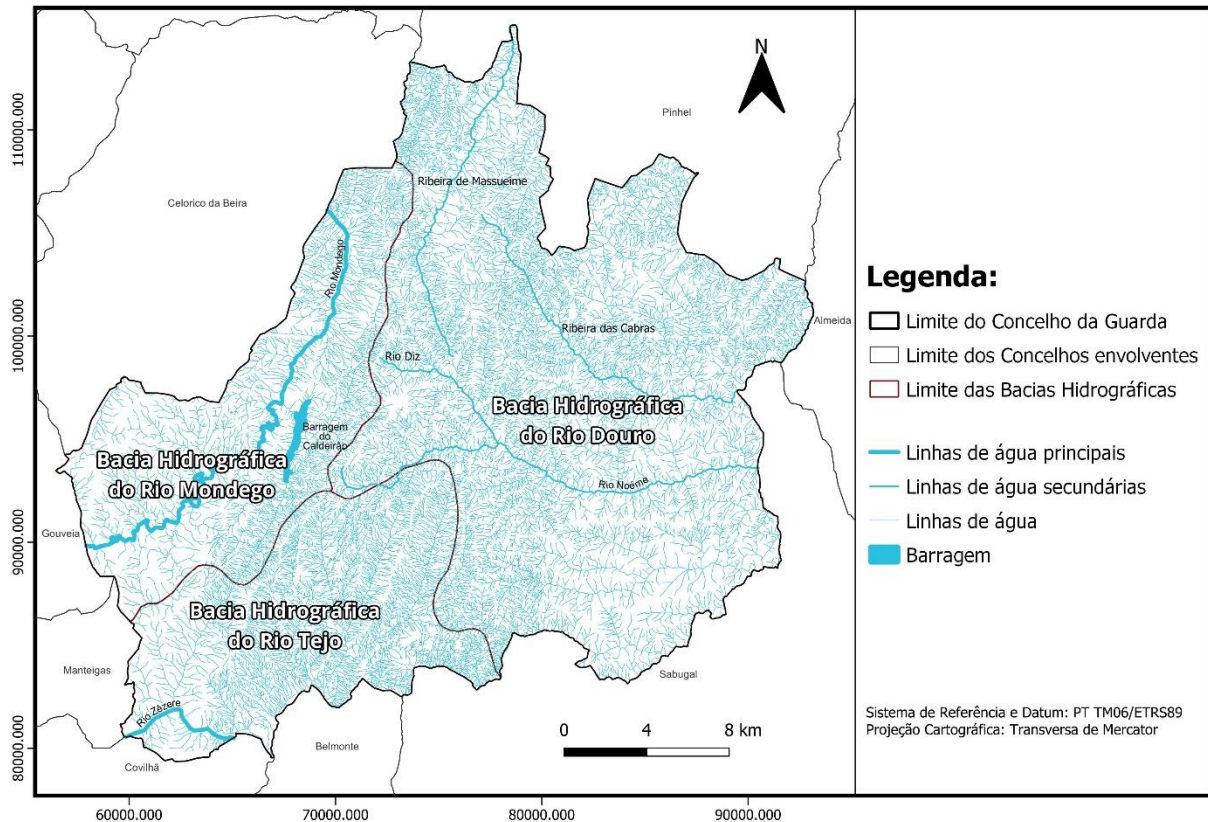


Figura 16. Mapa Hidrológico do concelho da Guarda (Fonte: adaptado de Instituto Geográfico do Exército, 1998)

A morfologia de relevo acidentado e elevada variação altimétrica (Figura 14) promove a integração deste concelho de forma parcial em 3 bacias hidrográficas (Figura 16). Estas, pertencem à Região Hidrográfica do Douro (RH3), mais concretamente a sub-bacia do Côa, integrada pelos Rio Diz, Noéme e Ribeira de Massueime, à Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (RH4), na sub-bacia do Mondego e Costeiras entre o Mondego e o Lis pelo Rio Mondego e à Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5), na sub-bacia do Rio Zêzere (Mota *et al.*, 2020a).

4.3.4 Uso e ocupação do solo

O concelho da Guarda, tendo por base a COS 2018 (Anexo I), divide-se em 6 áreas distintas (Figura 17). Destas áreas, a maior encontra-se ocupada por “floresta” (25 974.3 ha, cerca de 36.5% da área total), seguindo-se as áreas classificadas como “incultos” (33.4%),

“agricultura” (26.5%), “áreas sociais” (3.2%) e “improdutivos” (0.3%) e superfícies aquáticas (0.1%) (Mota *et al.*, 2020a).

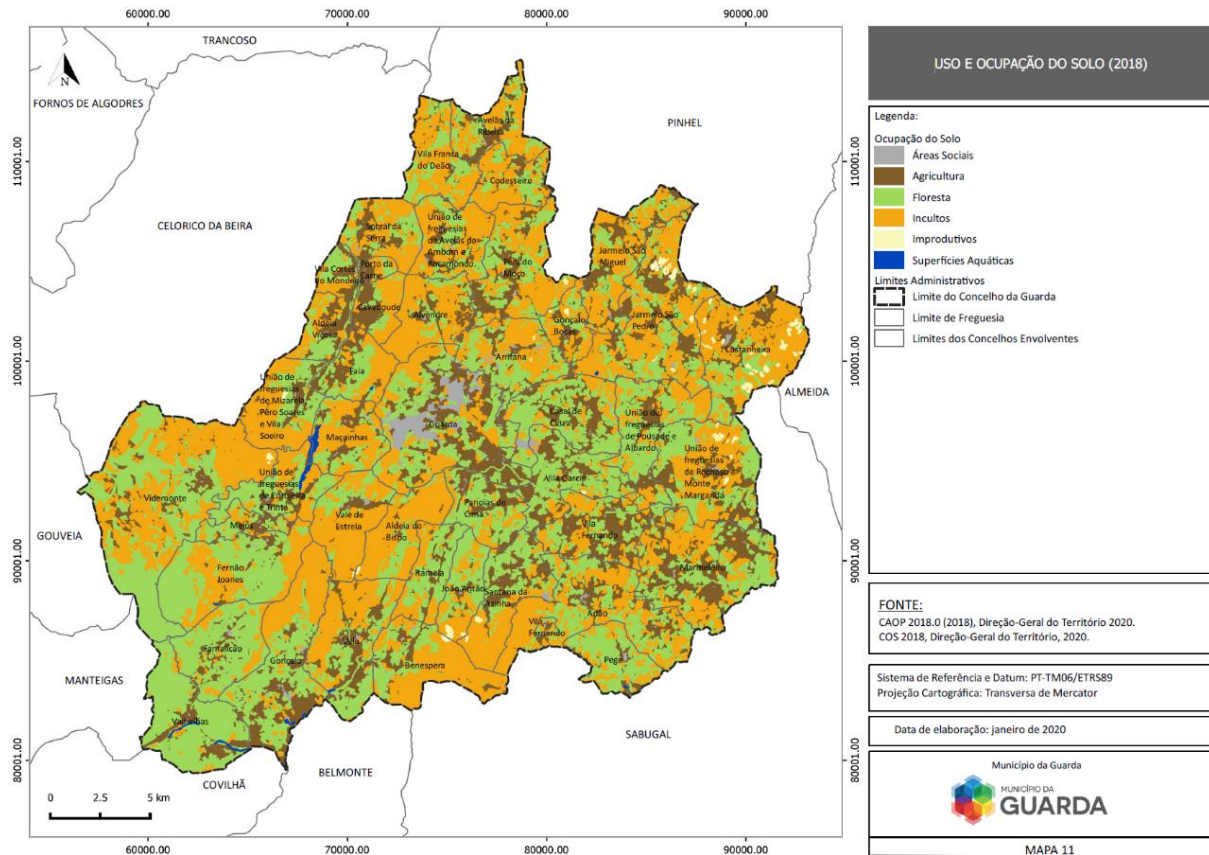


Figura 17. Uso e ocupação do solo do concelho da Guarda (Fonte: Mota *et al.*, 2020a)

4.3.5 Classificação de proteção do património natural

Relativamente a classificações de proteção do património natural importa destacar a integração deste concelho na Área Protegida do Parque Natural da Serra da Estrela, criada pelo Decreto-Lei n.º 557/76 de 16 de julho, reclassificado pelo Decreto Regulamentar n.º 50/97, de 20 de novembro, ao longo de 14 769,2 ha, que correspondem a 16.6% do Parque Natural de Serra da Estrela (Decreto-Lei n.º 557/76; Decreto Regulamentar n.º 50/97). Abrange, ainda, território classificado de Rede Natura 2000, classificado como Sítio de Importância Comunitária em 16 496 ha (23%), Áreas Importantes para Aves e Biodiversidade (IBA) e 4 Perímetros Florestais (Figura 18) (Mota *et al.*, 2020a).

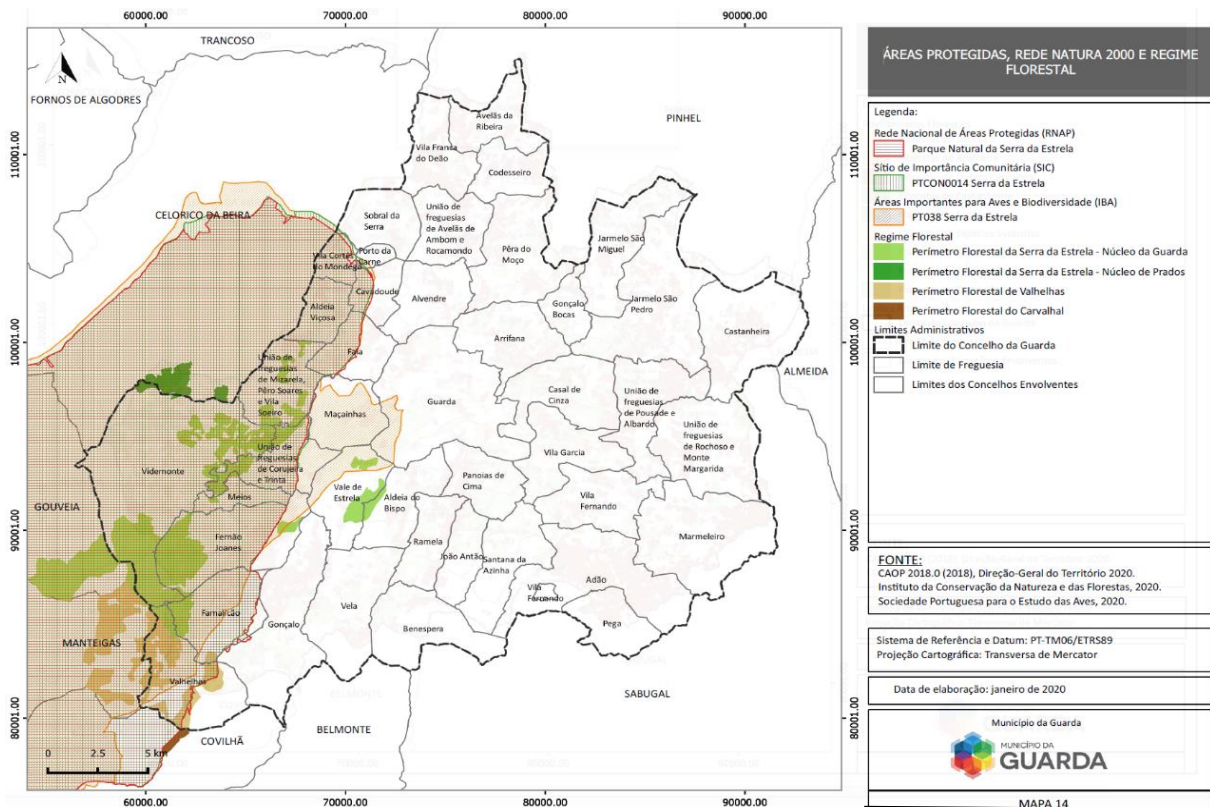


Figura 18. Áreas Protegidas, Rede Natura 2000 e Regime Florestal (Fonte: Mota *et al.*, 2020a)

4.3.6 Cartografia de Risco de Incêndio Rural

A Cartografia de Risco de Incêndio Rural disponibilizada por Mota *et al.* (2020b), criada com base na carta de uso e ocupação do solo, planta de ordenamento do município da Guarda, e respetivas áreas ardidas, permite identificar a perigosidade e risco para o concelho da Guarda.

Risco refere-se à consequência, em termos de dano ou perda estimada, resultante da concretização de um perigo, tanto a nível de vidas humanas, bens económicos e/ou valores ambientais. A sua severidade pode ser dividida em diferentes categorias: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo, de acordo com a perigosidade e o dano potencial (Figura 19).

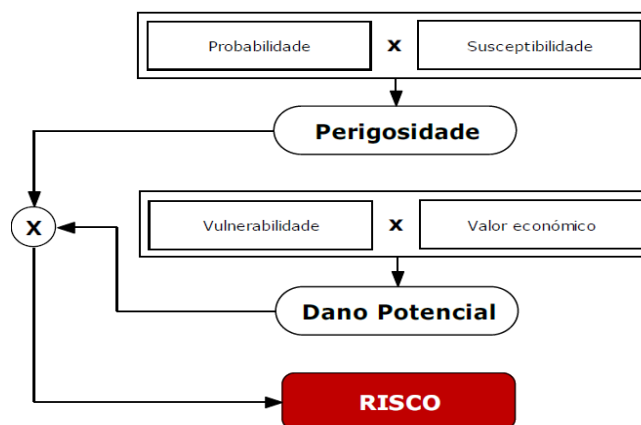


Figura 19. Componentes do modelo de risco (Fonte: adaptado de Direção de Unidade de Defesa da Floresta, 2012)

A perigosidade consiste na probabilidade de um determinado local ser afetado por um processo natural de expressão extraordinária, sendo dependente da suscetibilidade do local, ou seja, de condições que promovam a sua ocorrência. O dano potencial incide sobre o grau de prejuízo monetário provocado por um determinado elemento de risco, dependente da vulnerabilidade do local.

No concelho da Guarda, as classes de perigosidade de incêndio rural classificadas como alta e muito alta representam 37.8% da área total, e distribuem-se pela zona norte, noroeste, este e sul (Figura 20). Nestes locais predominam, áreas de “incultos”, correspondendo a zonas do território com vegetação a desenvolver-se de forma espontânea, o que reflete o abandono populacional e consequente aumento do registo de incêndios rurais, em particular nos últimos 10 anos (Mota *et al.*, 2020b).

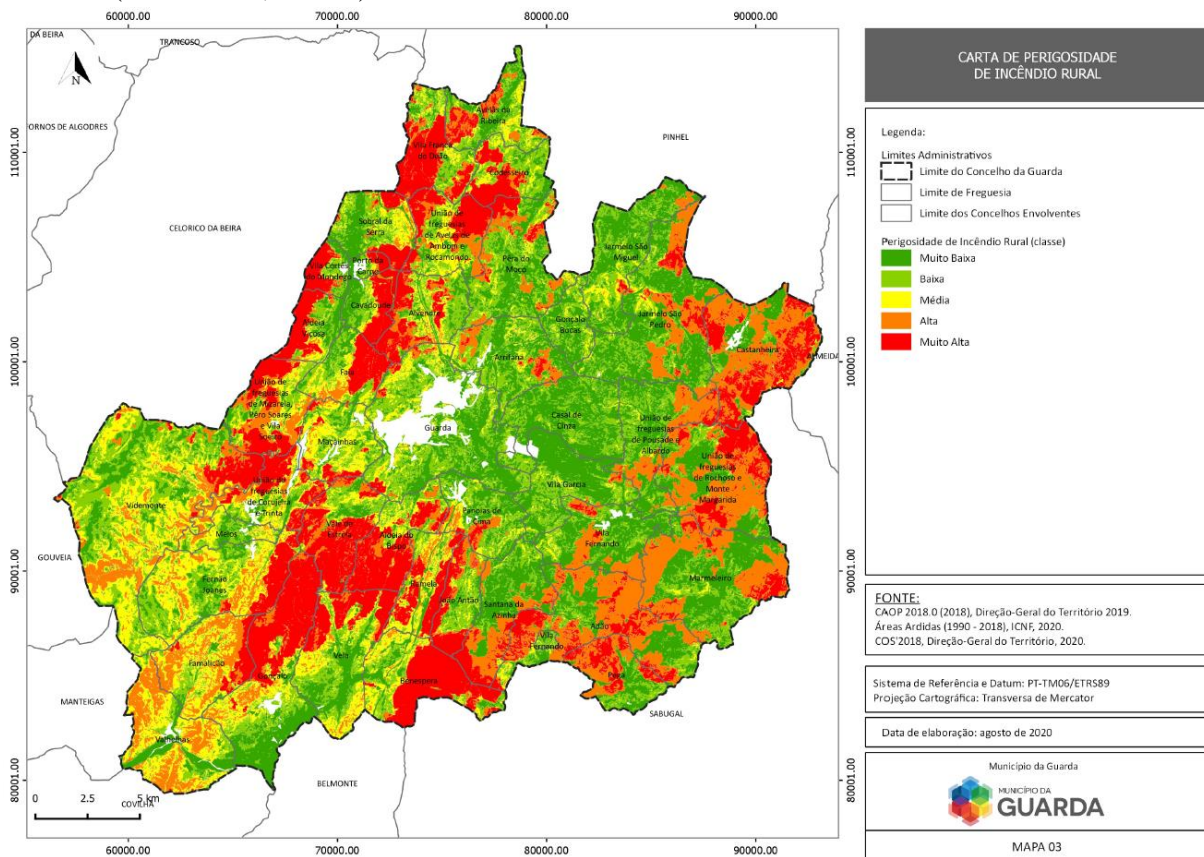


Figura 20. Carta de perigosidade de incêndio rural (Fonte: Mota *et al.*, 2020a)

O risco de incêndio rural varia entre “muito baixo” a “muito alto”, distribuído de forma heterogénea, ao longo da área do concelho, predominando as classes com risco “muito alto” e “alto” (Figura 21), que representam 41,2% do concelho, coincidindo maioritariamente com áreas ocupadas por floresta. À semelhança da carta de perigosidade, estas classes incidem preferencialmente na zona norte, noroeste, este e sul, identificando os locais mais vulneráveis e suscetíveis a incêndios rurais (Mota *et al.*, 2020b).

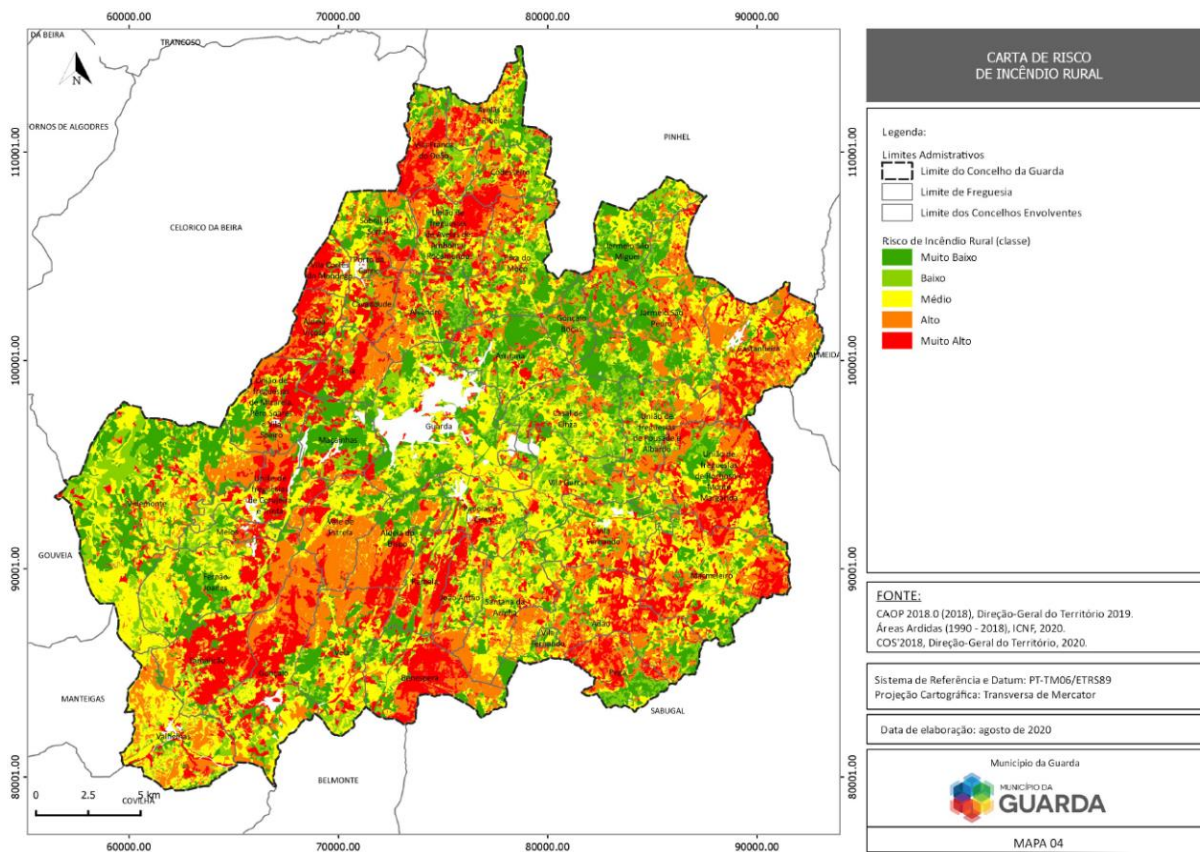


Figura 21. Carta de risco de incêndio rural (Fonte: Mota *et al.*, 2020a)

4.3.7 Histórico de Incêndios Rurais

A capacidade de propagação e proliferação de incêndios florestais está relacionada de forma direta ou indireta com as características do território, destacando-se o uso e ocupação do solo. No período entre 2012 e 2021, o concelho da Guarda registou diversas ocorrências, em alguns anos com áreas ardidas de elevada expressão (Figura 22). O ano de 2017, por exemplo, destaca-se por registar uma maior área ardida, associada aos incêndios de outubro, em zonas distintas do concelho e com múltiplos focos (Figura 22).

Algumas zonas são reincidentes ao longo dos anos coincidindo com os locais com risco e perigo de incêndio rural classificado como muito alto ou alto.

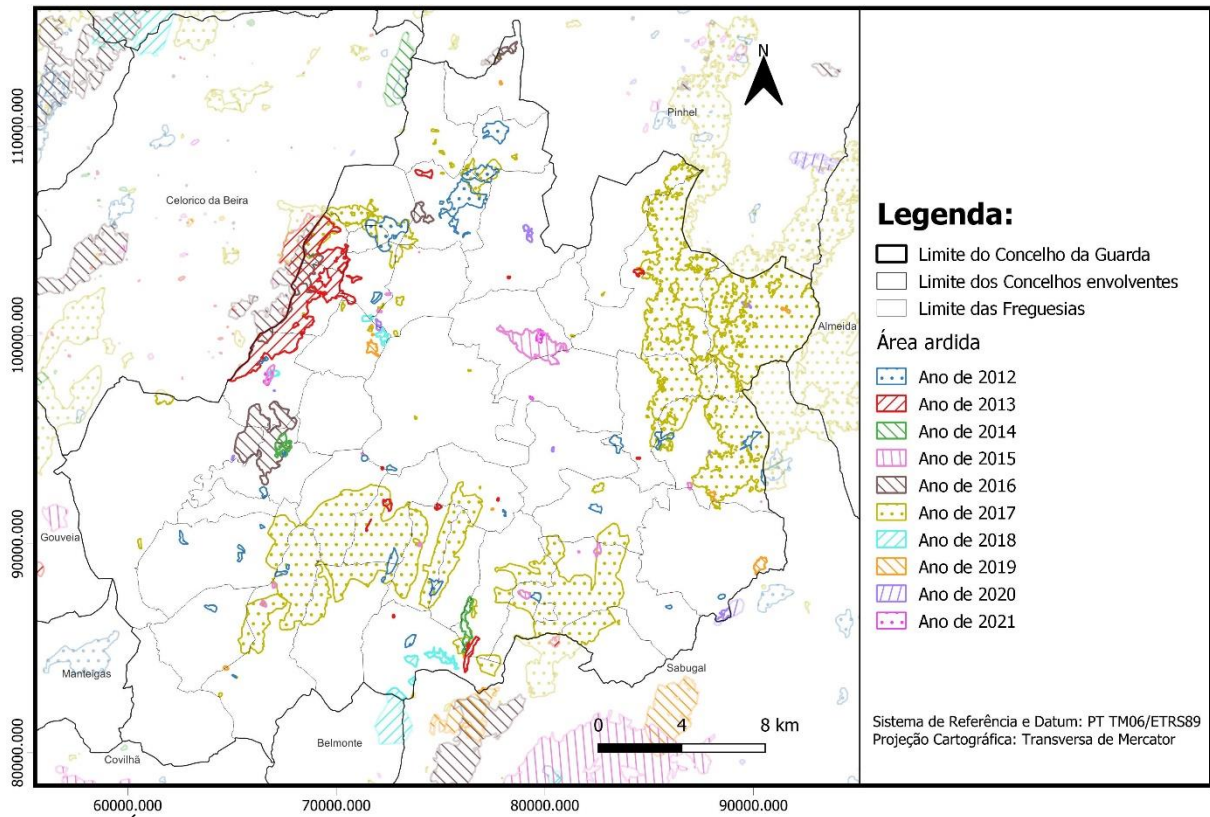


Figura 22. Área ardida no concelho da Guarda entre 2012-2021 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)

5. Incêndio da Serra da Estrela no concelho da Guarda

A região da Serra da Estrela em 2022 contabilizou entre o início de julho e de setembro, uma área ardida de cerca de 28 mil ha (USAID-BHA e USFS, 2023). A área classificada do Parque Natural da Serra da Estrela, registou a maior área ardida desde o ano de 1975, com 22 mil ha de área queimada, cerca de 25% da sua área total (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

Este incêndio deflagrou em agosto de 2022, na localidade de Garrocho, no concelho da Covilhã, em pleno PNSE, consumindo entre dia 6 e 17 de agosto, uma área total de cerca de 24 500 ha (Figura 23), destinando-se 16% a uso agrícola, 10% a águas interiores, 33% a floresta (pinheiro-bravo - 13 163 ha, outros carvalhos - 3 793 ha), 20% a matos (11 410 ha) e pastagens, 9% a utilização urbana e 12% classificadas como improdutivas (Resolução do Conselho de Ministros, 2022). As dimensões atingidas fizeram deste o sexto maior incêndio em Portugal, desde que há registos, não tendo sido registada qualquer vítima mortal (Resolução do Conselho de Ministros, 2022; Mendonça *et al.*, 2023b).

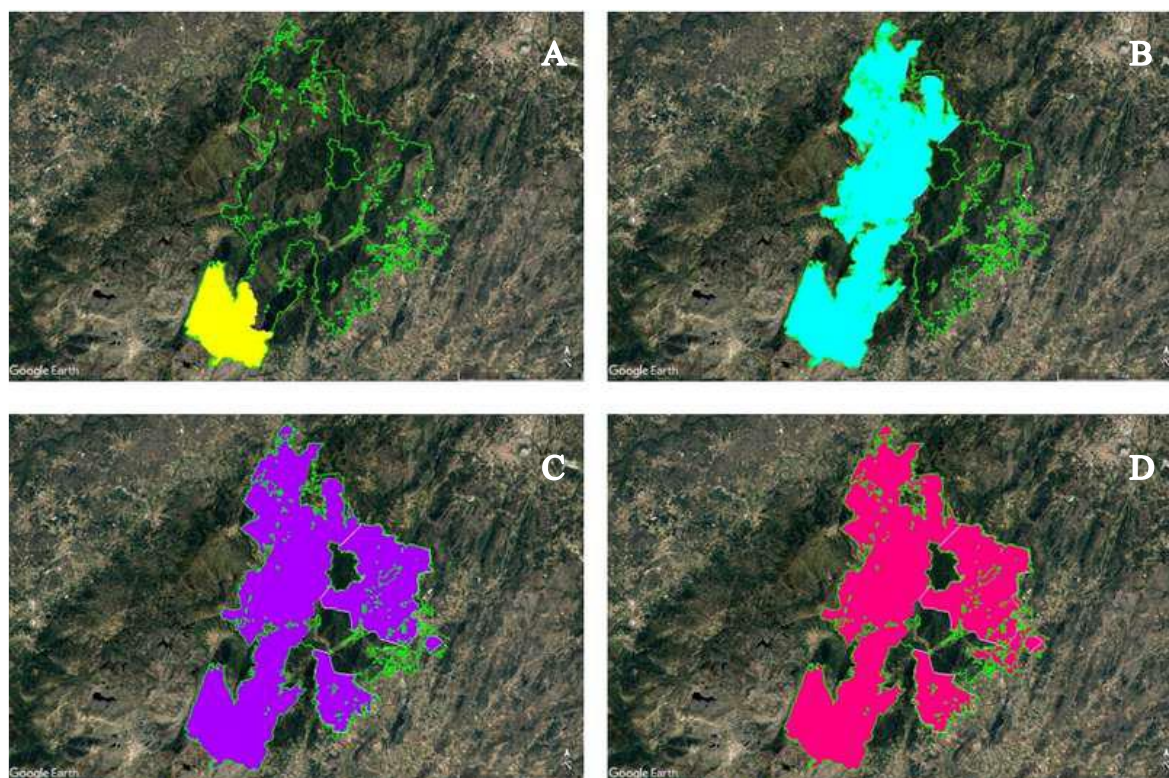


Figura 23. A - Fase inicial de propagação: desde a ignição, às 01h18 de 06/08, até às 17h15 de 08/08: o fogo progrediu tomando várias direções, queimando uma área aproximada de 3300ha; B - Fase de propagação para NNE: de 08/08 a 12/08: o fogo desenvolveu-se sobretudo no período diurno com grande intensidade, consumindo cerca de 11700ha; Fase intermédia de resolução: de 13/08 a 15/08, pequeno desenvolvimento do perímetro da área ardida; C - Fase de propagação para SEE: de 15/08 a 16/08: o fogo voltou a progredir com grande velocidade após uma reativação no Vale da Amoreira, dando origem a uma área ardida adicional de 8600ha; D - Fase final de resolução: desde 17Ago: progressão até domínio do fogo a 03/09, com aumento da área queimada de 730ha (Fonte: Mendonça *et al.*, 2023b).

Ao longo de cerca de duas semanas, o incêndio propagou-se a um total de 21 freguesias, distribuídas por 6 concelhos; Covilhã (6), Guarda (5), Manteigas (4), Gouveia (3), Celorico da Beira (2) e Belmonte (1). Em termos de área concelhia ardida o concelho de Manteigas (6 300 ha, 52 % da área do concelho) e o da Guarda (10 112 ha, 14 % da área total do concelho) foram os mais afetados (Resolução do Conselho de Ministros, 2022; Mendonça *et al.*, 2023b).

Este incêndio foi fortemente influenciado por diferentes fatores, destacando-se os combustíveis existentes, a meteorologia/vento e a topografia (Figura 24). Na sequência da seca prolongada que o país estava a ultrapassar, a vegetação e outros combustíveis atingiram elevados níveis de secura, aumentando drasticamente a sua inflamabilidade. Uma fração importante do território pertencente ao PNSE nunca havia ardido desde que há registos, influenciando consideravelmente o comportamento do fogo. Em simultâneo, a temperatura do ar, humidade relativa e vento forte, principalmente no período diurno, desencadearam maiores progressões do fogo e a sua projeção, alastrando a área de lavra e contornando as áreas estratégicas de combate. A topografia desta região montanhosa, com declives acentuados maioritariamente entre 15° e 30°, dificultou o acesso dos meios de combate a determinados locais, o que provocou o alastramento do perímetro do fogo, que chegou a ter aproximadamente 150 km de extensão. Apesar disso, as proporções atingidas deveram-se sobretudo à drástica mudança do uso da terra nestas latitudes, passando de uso agrícola de montanha para floresta e matagal, nas quais existe uma deficiente gestão de combustíveis, falta de manutenção e investimento (Mendonça *et al.*, 2023b; USAID-BHA e USFS, 2023).

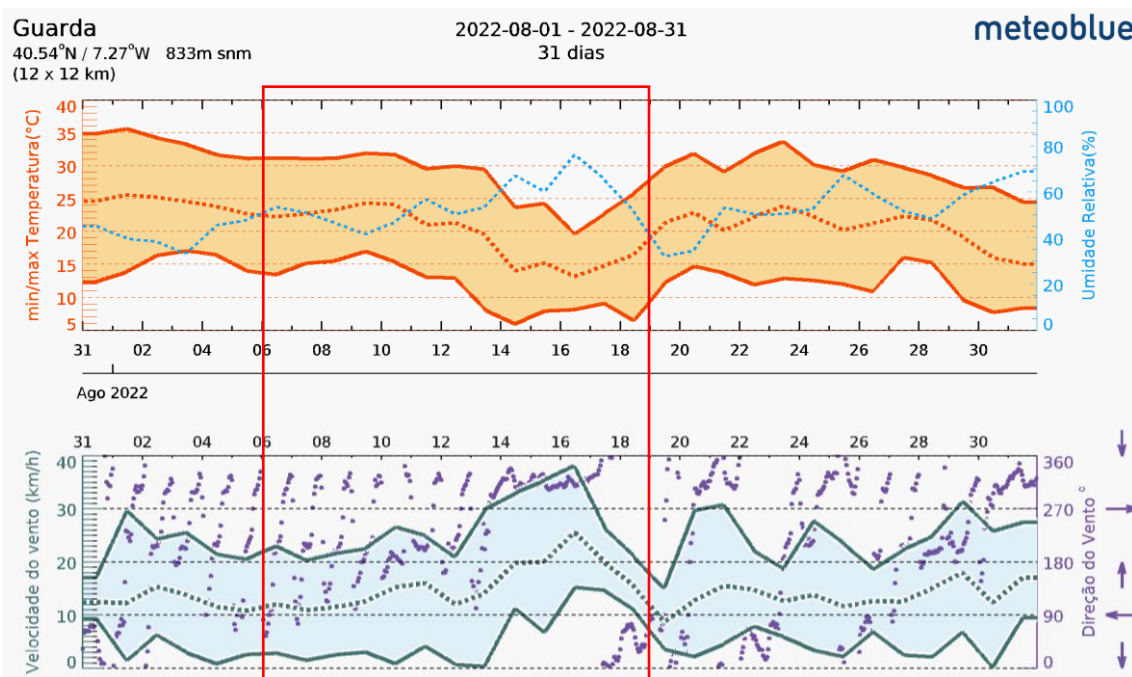


Figura 24. Condições meteorológicas (temperatura e vento) durante o período em que o incêndio da Serra da Estrela esteve ativo (6 a 17 de agosto) (Fonte: Meteoblue, 2023)

Devido à relevância das áreas afetadas, sobretudo as pertencentes ao PNSE, no que se refere aos danos provocados nos valores ecológicos, *habitats*, espécies da flora e fauna e em locais com elevada sensibilidade ecológica, o Estado Português com o objetivo de intervir com a maior celeridade possível nos locais mais afetados, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º73-B/2022, de 29 de agosto, declarou situação de calamidade durante um ano (30 de agosto de 2022 a 30 de agosto de 2023), para efeitos de reposição da normalidade e definiu um plano de ação (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

Este diploma estabeleceu a necessidade de realizar uma inventariação dos danos e prejuízos provocados pelos incêndios rurais e de averiguar quais as medidas necessárias, tanto de emergência como estruturais, ao nível da prevenção, recuperação e promoção da biodiversidade, paisagem e relançamento da economia, por parte dos municípios e das entidades do estado competentes, o ICNF e a APA (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

Devido ao Incêndio da Serra da Estrela, no ano de 2022, o concelho da Guarda foi fortemente afetado pelos incêndios, correspondendo 10 112 (6 368 ha integrados no PNSE) dos mais de 11 mil ha ardidos (Figura 25), a essa ocorrência e ao incêndio de Aldeia Viçosa (13 de agosto), também considerado como seu integrante dado ter ocorrido igualmente no PNSE, facilitando assim o processo de gestão após incêndio (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

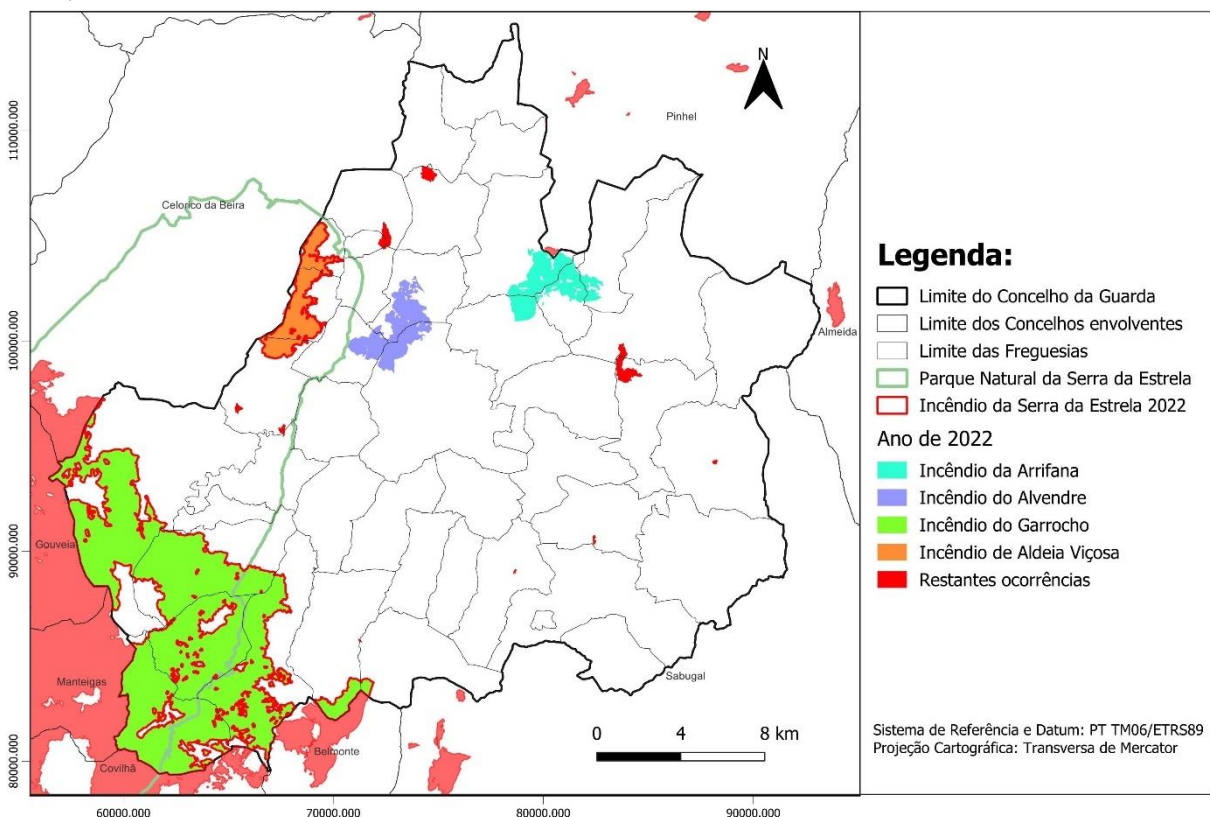


Figura 25. Área ardida no concelho da Guarda no ano de 2022 (Fonte: adaptado de IDE ICNF, 2023)

Apesar de não ter registado a maior percentagem de área afetada pelas chamas nesta ocorrência, este concelho destacou-se como o que totalizou o maior número de hectares ardidos, percorrendo quase a totalidade de algumas freguesias (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

O Incêndio do Garrocho atingiu os limites do concelho da Guarda, no dia 9 de agosto, na freguesia de Videmonte onde foi extinto, todavia no dia 15 de agosto, devido a um reacendimento no concelho de Manteigas, com uma elevada progressão, estendeu-se às freguesias de Valhelhas, Gonçalo, Famalicão, Fernão Joanes e novamente a Videmonte, levando à evacuação de diversas povoações e somando mais 9 000 ha consumidos pelas chamas, dos quais 5 590 no PNSE (Figura 26). No mesmo período, a 13 de agosto, apesar de não ter alcançado proporções tão elevadas, outro foco de incêndio teve lugar mais a norte, no PNSE, nas freguesias de Aldeia Viçosa, Vila Cortês do Mondego, e União de Freguesias de Mizarela, Pêro Soares e Vila Soeiro, consumindo 786 ha (Figura 26) (SGIF, 2023).

Para além das condições meteorológicas, os quatro fatores centrais responsáveis pelo aumento do risco de incêndio em Portugal (abandono das zonas rurais, o aumento de carga combustível/vegetação altamente inflamável nas florestas, o aumento das ignições e, o aumento da temperatura e a irregularidade da precipitação) estão fortemente presentes na região. O abandono das zonas rurais é o principal impulsionador, por incentivar a redução da manutenção das áreas agrícolas e florestais, beneficiando o crescimento e expansão das zonas de mato e floresta, conferindo um acréscimo de carga combustível e, conseqüentemente, inflamável nos meses com temperaturas mais elevadas (Instituto Florestal Europeu, 2017; Comissão Regional de Gestão Integrada de Fogos Rurais do Centro, 2022).



Figura 26. Registo da passagem do fogo nas freguesias de Valhelhas e Gonçalo (17 e 18 de agosto de 2022)

Comparando a cartografia de risco de incêndio rural para o concelho da Guarda e o mapa de áreas ardidas no ano de 2022, é notória a sua coincidência com locais onde o nível de risco é muito alto, alto e médio, assim como a perigosidade associada.

5.1 Pós incêndio da Serra da Estrela

Com a passagem das chamas, uma elevada percentagem da vegetação presente na zona oeste/sudoeste do município, importante para a preservação da paisagem, estabilização do solo e infiltração da água foi destruída. Por este motivo, mesmo não havendo zonas onde a severidade de queima do solo foi elevada (Anexo II) (USAID-BHA e USFS, 2023), devido à fragilidade destes locais, a ocorrência em território continental da tempestade “Danielle” (12 e 13 de setembro), depressão “Armand” (19 a 21 de outubro) e tempestade “Béatrice” (22 e 23 de outubro) (Figura 27), provocou enxurradas com grandes proporções, fortemente erosivas, que causaram danos e prejuízos em bens e infraestruturas, rondando a ordem de 1 milhão de euros (Mendonça *et al.*, 2023b).



Figura 27. Impacte da tempestade Danielle na Ribeira do Quêcere após o incêndio, com o transporte de grandes quantidades de cinzas e de sedimentos para a linha de água (15 de setembro de 2022)

As freguesias afetadas pelos incêndios no mês de agosto, foram fortemente fustigadas por estes ciclones e, apesar da precipitação registada ser classificada como moderada, comparativamente com os valores máximos registados pelo IPMA, desencadeou inúmeros episódios de pequenos movimentos de massa, enxurradas, abertura de fossas no solo, criação de novos percursos para a escorrência da água, resultante do entupimento de condutas por cinzas, sedimentos, material rochoso e detritos vegetais como troncos e ramos de árvores (Figura 28). As Infraestruturas de Portugal registaram várias ocorrências de impactes “*off-slope*”, como a obstrução de passagens hidráulicas e o arrastamento de materiais de taludes para a estrada, levando ao corte de algumas vias viárias (Mendonça *et al.*, 2023b).



Figura 28. Impacte dos ciclones nas linhas de água com a abertura de fossas no solo provocadas pelo aumento do escoamento superficial da água, na Quinta do Galrado, freguesia de Valhelhas (26 de outubro de 2022)

A proximidade temporal entre o incêndio e a tempestade “Danielle” não permitiu a atuação de emergência no local, pelo que se verificou a reduzida capacidade de infiltração de água no solo, provocada pela ausência de vegetação e repelência do solo, conduzindo ao aumento do escoamento superficial que promoveu o transporte e desaguamento de elevadas quantidades de cinzas e da camada superior do solo para as linhas de água (Figuras 29), criando um extenso manto ao longo das margens destas (Figuras 30). A EPAL reportou posteriormente, grandes alterações na qualidade da água, em especial o aumento da turvação. A captação superficial do Caldeirão, na Guarda, foi severamente afetada a nível do processo de produção e abastecimento de água potável (Mendonça *et al.*, 2023b).



Figura 29. Impacte dos ciclones com o transporte de grandes quantidades de sedimentos e cinzas para as linhas de água, na Quintas de Nossa Senhora da Misericórdia, freguesia de Gonçalo, junto do CM1179 (26 de outubro de 2022)

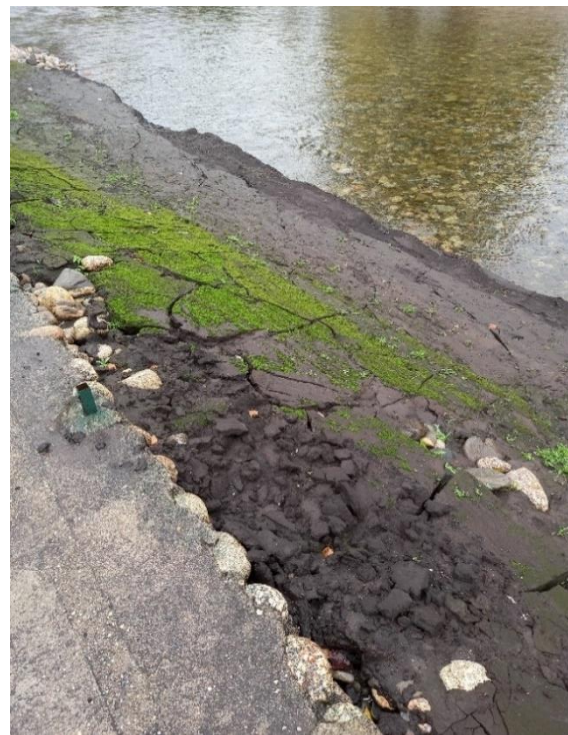


Figura 30. Impacte dos ciclones com o transporte de grandes quantidades de sedimentos e cinzas para a linha de água, na Praia Fluvial de Valhelhas, no Rio Zêzere, freguesia de Valhelhas (26 de outubro de 2022)

As consequências decorrentes destes 3 ciclones, nomeadamente os elevados níveis de erosão do solo, bastante superiores aos que seriam de esperar tendo em conta o curto espaço de tempo em que ocorreu o incêndio, mostraram a máxima urgência de intervenção, especialmente em termos de estabilização do solo (USAID-BHA e USFS, 2023). Estes resultados vão de

encontro com o mapa de potencial risco de erosão do solo, em áreas florestais (eucalipto e pinheiro) e de mato em Portugal, ao longo do primeiro ano após incêndio (Anexo III), identificado como uma ferramenta na identificação de áreas prioritárias para implementação de técnicas de minimização destes impactes (Parente *et al.*, 2022).

O mapa resultante foi obtido através do modelo de Morgan-Morgan-Finney, com dados registados ao longo de 38 anos (1980-2018), destacando os de pluviosidade e severidade do fogo, tendo sido identificadas áreas com taxas de risco de erosão extremas ($\geq 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em todas as regiões do país, incidindo sobretudo no Norte e Centro (Anexo III) (Parente *et al.*, 2022). No concelho da Guarda, existem áreas com uma taxa de erosão elevada e intermédia, variando entre $\geq 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo que na parte oeste, com declives mais acentuados, predominam as taxas mais elevadas, contrariamente ao que existe na zona este, onde as previsões de erosão são mais reduzidas (Figura 31).

Na área do incêndio da Serra da Estrela de 2022, praticamente a totalidade do território afetado apresenta um grau de previsão de vulnerabilidade extremo à erosão do solo durante o primeiro ano após o incêndio, com valores que podem ultrapassar os $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($\text{Mg/ha} = 100 \text{ g/m}^2$), coincidindo com o observado (Figura 29 e 30).

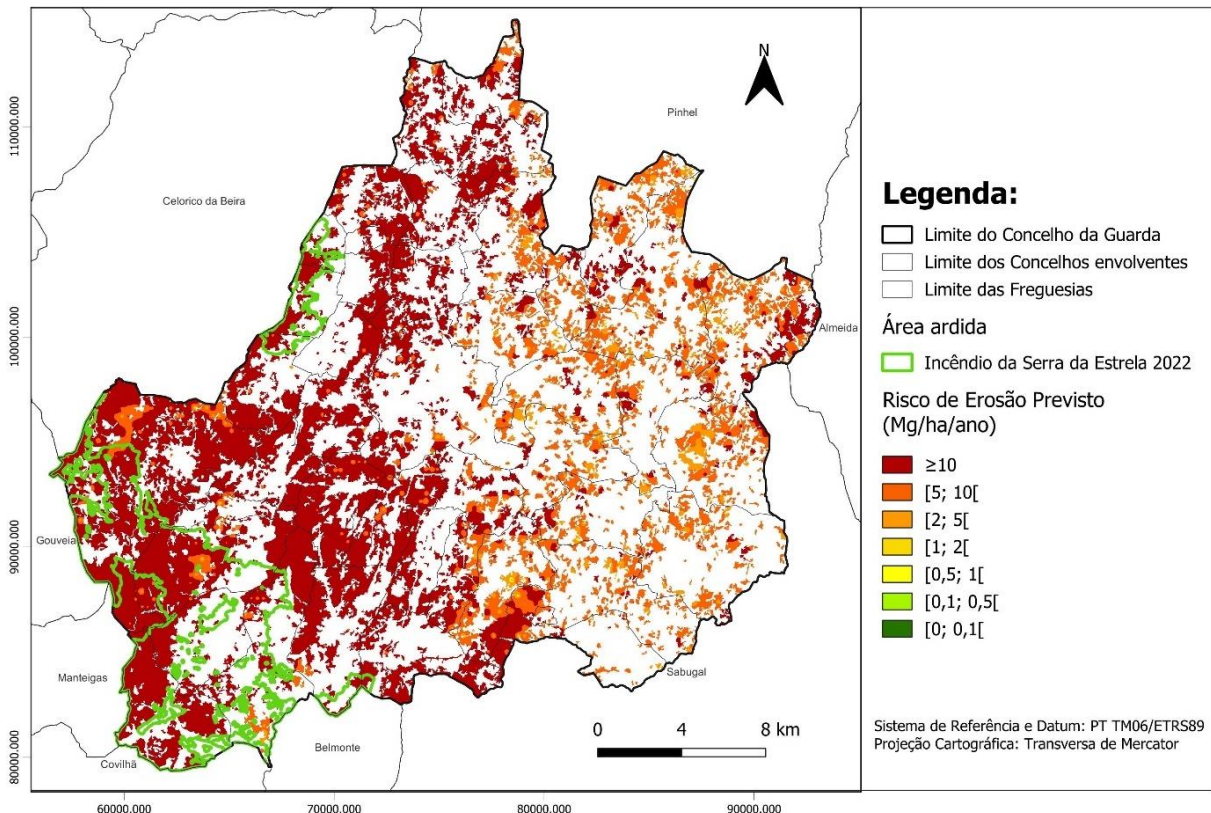


Figura 31. Extrato do mapa de risco de erosão de Patente *et al.*, (2022) para o concelho da Guarda

6. Recuperação de áreas ardidadas no Incêndio da Serra da Estrela (Concelho da Guarda)

Devido à importância natural em preservar a área geográfica afetada, tanto a nível da biodiversidade como da paisagem, foram definidas as etapas de recuperação a instaurar de imediato, com vista a reestabelecer a estrutura e funções degradadas nos ecossistemas, através da Resolução 73-B do Conselho de Ministros, de 29 de agosto de 2022. Primeiramente, e com a maior celebridade possível, procedeu-se à inventariação dos danos e prejuízos causados, assim como à identificação de zonas prioritárias de intervenção e técnicas de estabilização de emergência, a implementar inicialmente no processo de recuperação das áreas ardidadas (Resolução do Conselho de Ministros, 2022).

A primeira fase da recuperação de áreas ardidadas - estabilização de emergência - é a etapa com maior importância no processo, influenciando a magnitude e progressão das etapas seguintes, e consequentemente o tempo de retorno às condições de equilíbrio do sistema. A sua aplicação tem como objetivo a estabilização e minimização dos impactes provocados pelos incêndios, nomeadamente o aumento da erosão do solo, nos dois anos seguintes, atuando sobre o transporte de sedimentos e escoamento superficial. Tem ainda como foco, a prevenção de riscos que possam advir para as populações, bens e infraestruturas (Moreira *et al.*, 2010; Moreira *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2012; Pinto, 2018b; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019; Mendonça *et al.*, 2023b).

A sua aplicação para controlo da erosão do solo, incide sobretudo em encostas e taludes através de técnicas como sementeiras, replantação, mulching e barreiras físicas, o que permite ainda, evitar e/ou minimizar a dispersão de impactes negativos ao longo de toda a cadeia ecológica, especialmente a jusante dos cursos de água (Vieira *et al.*, 2012; Correia, 2019).

Em linhas de água, a aplicação foca-se na minimização do efeito de cheias e inundações, através do controlo e estabilização do gradiente de velocidade de escoamento dos cursos de água perenes, intermitentes e efémeros, assim como de sedimentos transportados. Algumas técnicas, como obras de correção torrencial e bacias de retenção são exemplos aplicáveis, contudo ações de limpeza e remoção de detritos que ajudem a reestabelecer os processos naturais de escoamento da água e transporte de sedimentos, evitando obstruções, são fundamentais (Vieira *et al.*, 2012; Correia, 2019).

Por este motivo, e para que tal suceda, a sua aplicação em zonas identificadas como prioritárias, requer que seja o mais rápida possível após a ocorrência do fogo e de preferência antes das primeiras chuvas, de forma a maximizar o custo-benefício (Moreira *et al.*, 2010; Moreira *et al.*, 2012; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019; Mendonça *et al.*, 2023b).

Conforme o artigo 45.º do Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, na sua redação atual, em incêndios rurais onde a superfície afetada é igual ou superior a 500 ha, o ICNF, é o responsável pela avaliação e identificação dos locais e das necessidades de estabilização de emergência, em articulação com os municípios. A avaliação do ICNF em matéria de estabilização de emergência após-incêndio, segue diferentes tipologias de intervenção de escala territorial relevantes para agentes abióticos, nomeadamente as estabelecidas na Portaria n.º134/2015, de 18 de maio, na sua redação atual (Portaria n.º134/2015; Decreto-Lei n.º 82/2021).

Contudo, nos dois meses seguintes ao incêndio, enquanto se procedia à inventariação dos danos e prejuízos resultantes e identificação das áreas prioritárias de intervenção, a precipitação associada aos vários ciclones mencionados anteriormente, desencadeou o agravamento e dispersão dos danos pelos ecossistemas confirmando a necessidade extrema de intervenção nesta região, principalmente no que se refere à:

- ✓ redução da ação de processos erosivos e hidrológicos e;
- ✓ promoção de infiltração da água e da sedimentação, sobretudo em encostas e taludes (Vieira *et al.*, 2012; Correia, 2019).

6.1 Medidas de estabilização de emergência pós-incêndio

Da avaliação feita para o território pertencente ao concelho da Guarda, afetado pelo Incêndio da Serra da Estrela, o ICNF definiu a aplicação na primeira etapa do processo de recuperação destas áreas ardidas, de técnicas enquadradas na operação 8.1.4, «Restabelecimento da floresta afetada por agentes bióticos e abióticos ou por acontecimentos catastróficos», inserida na ação 8.1, «Silvicultura Sustentável» da Medida 8, «Proteção e Reabilitação dos Povoamentos Florestais» do Programa de Desenvolvimento Rural do Continente (PDR 2020), presente no Item II do Anexo III da Portaria n.º134/2015, de 18 de maio, para minimizar os riscos existentes e a levar a cabo pelas entidades com jurisdição na área de intervenção, o ICNF e a APA (Decreto-Lei n.º 82/2021). As tipologias das técnicas de estabilização de emergência, de intervenção de escala territorial relevante para a operação em causa dividem-se em:

- a) Recuperação das infraestruturas danificadas;
- b) Controlo da erosão, tratamento e proteção de encostas;
- c) Prevenção da contaminação e assoreamento e recuperação de linhas de água;
- d) Diminuição da perda de biodiversidade.

As técnicas de estabilização de emergência escolhidas, presentes na Tabela 4, estenderam-se a todo o território atingido pelo incêndio pertencente ao concelho (Anexo IV), atuando sobre diferentes fatores críticos com necessidade de intervenção. A sua aplicação incidu sobretudo nas cabeceiras e zonas com maior declive para impedir o desenvolvimento de condições desencadeadoras de impactes negativos. A grande maioria da sua implementação teve início em janeiro de 2023 estendendo-se até julho de 2023, contudo devido à falta de resposta do ICNF em alguns locais no presente momento ainda se está a realizar o corte de árvores direcionado, perfazendo uma área total intervencionada superior a 167 ha.

Tabela 4. Técnicas de estabilização de emergência implementadas

Tipologia de Intervenção	Medida	Técnica
Recuperação de Infraestruturas afetadas	Recuperação de troços de rede secundária de FGC	Corte de arvoredo/vegetação queimada numa faixa de 25m
Controlo da erosão, tratamento e proteção de encostas	Estruturas de contenção/consolidação	Corte de árvores direcionado, apoiados em cepos
		Entrançados de resíduos florestais em curva de nível
		Abertura de valas segundo a curva de nível
Prevenção da contaminação e assoreamento e recuperação de linhas de água		Construção de pequenas obras de correção torrencial
		Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido

6.1.1 Recuperação de Infraestruturas afetadas

Uma das medidas prioritárias de recuperação após incêndio, definida no Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, consiste em garantir segurança de circulação na rede viária e ferroviária, atuando por este motivo, nas fontes de risco existentes na sua envolvência. A técnica selecionada para este fim, destinou-se à recuperação de troços de rede secundária de

faixas de gestão de combustível, através da remoção de todo o material vegetal queimado numa faixa mínima de 25 metros para cada lado das vias.

✓ **Recuperação de troços de rede secundária de faixas de gestão de combustível**

Operação 1: Corte de arvoredo/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária (A21)

Área de Intervenção: 78,32 ha

Esta ação tem como objetivo a manutenção da operacionalidade da rede viária, através do corte da vegetação ardida, de forma a reduzir o perigo de queda ou escoamento de vegetação com diferentes dimensões, que possam vir a provocar a obstrução da via, e do risco para as pessoas e bens.

O material ardido ao longo dos 25 metros sem valor comercial e com diâmetro reduzido, é cortado e destroçado, mas mantido no local, funcionando como uma camada protetora do solo, contra o elevado poder erosivo que a chuva tem sobre este, funcionando como a técnica de mulching, com o mesmo objetivo. O restante material também cortado, é aproveitado para formar cordões no local, a partir da sobreposição de material acamado ao solo, no mesmo sentido, perpendicularmente à linha de maior declive, estabilizados e ancorados em troncos com uma altura de 0.3 a 0.5m, deixados no local (Figura 32). A sua aplicação tem ainda como objetivo reduzir a velocidade de escoamento superficial e servir de barreira para conter a erosão do solo, devendo desta forma estar em máximo contacto com o solo e não ter espaços por preencher que comprometam as suas funções.



Figura 32. Corte de arvoredo/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária: **a)** material cortado e destroçado; **b)** material cortado e encordado

6.1.2 Controlo da erosão, tratamento e proteção de encostas

O controlo da erosão do solo é uma das questões prioritárias de intervenção, recorrendo por esta razão a diferentes técnicas para esse fim, aplicadas sobretudo em encostas mais declivosas. As estruturas criadas utilizam maioritariamente material vegetal morto disponível no local, e têm como objetivo minimizar o fluxo de escorrência e reter sedimentos, permitindo uma melhor infiltração da água.

Operação 2: Corte de árvores direcionado, apoiados em cepos (B12)

Área de Intervenção: 51,04 ha

Esta técnica tem como objetivo, através do abate direcional de árvores queimadas existentes no local e colocação nas linhas de curva de nível devidamente ancoradas (Figura 33), a retenção dos materiais mais finos, reduzir a velocidade da água de escorrência e promover o aumento da capacidade de infiltração de água no solo. Para obter a máxima eficiência com a sua aplicação, os troncos deverão ficar dispostos de forma a garantir o máximo contacto com o solo, devendo, quando possível, os espaços vazios ser colmatados.

Uma das suas condicionantes é que apenas deve ser utilizado em zonas com pelo menos 150 a 200 árvores por hectare disponíveis, sem valor comercial, em encostas com menos de 25° de declive, com distanciamento entre linhas variável segundo esse declive. Caso o material tenha menores dimensões, poderá ser utilizado, devendo para tal ser empregue mais do que uma árvore, diminuindo conseqüentemente a eficácia da ação.



Figura 33. Corte de árvores direcionado, apoiado em cepos

Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível (B11)

Área de Intervenção: 8,59 ha

Esta ação caracteriza-se por dar uso à vegetação calcinada no local, principalmente os caules, para a elaboração de estruturas similares aos cordões da operação 1, depositados segundo as curvas de nível, para que travem o arrastamento de inertes, em encostas com maior declive (Figura 34).

Depois de cortada, a vegetação obtida é depositada ou entrançada de forma ordenada em cordões, distanciados entre si 5 metros, variando a distância conforme a disponibilidade de vegetação queimada e, em menor grau, do pendente existente no local.

Para que a estrutura seja eficaz, os troncos, caules ou ramos a utilizar, têm de ficar bem encostados ao solo, sendo para isso necessário desramar de um lado as árvores queimadas de pequena e média dimensão, bem como segmentar os arbustos queimados que apresentam caules arqueados, de modo que aumentem o contacto com o solo. A deposição ordenada deverá seguir o critério base de procedimento: as pontas mais finas da vegetação ou a parte mais grossa do caule/tronco ficarem sempre deitadas no mesmo sentido, mas de modo que se obtenha uma sobreposição parcial de determinado ramo /arbusto/árvore, pelo imediatamente adjacente. A sobreposição ou “entrelaçado” entre ramos deverá permitir que a estrutura vegetal resista ao efeito do vento. Por este motivo, e para obter um maior contacto entre a vegetação morta e o solo, os entrançados têm de ser bem compactados.



Figura 34. Entrançados de resíduos florestais em curva de nível

Operação 4: Abertura de valas segundo a curva de nível (B14)

Área de Intervenção: 2,18 ha

Outra técnica adotada foca-se na execução de valas segundo as curvas de nível, com formato em V e profundidade entre 0.30 e 0.5 metros, elaborada com trator com ripper, distanciadas em si de 8 a 10 metros, consoante o declive (Figura 35).

Esta operação, de todas as elaboradas para controlo da erosão, tratamento e proteção de encostas, é a mais invasiva, provocando uma ação direta e de modificação no solo.



Figura 35. Técnica de abertura de valas segundo curva de nível

6.1.3 Prevenção da contaminação e assoreamento e recuperação de linhas de água

As linhas de água são essenciais no processo de recuperação da área ardida, quer pelo seu valor ecológico, ambiental e paisagístico quer pela sua capacidade de absorção e escoamento de água. Por isso, a remoção de vegetação marginal e morta e de material sólido que esteja a obstruir o leito e a criar obstáculos ao normal escoamento no curso de água são fundamentais, assim como estruturas que controlem a chegada de sedimentos aos seus cursos. O objetivo primordial das intervenções nas linhas de água é a redução da velocidade de escoamento e assim, naturalmente, reduzir a sua capacidade de transporte.

Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial (C71)

N.º: 220 estruturas

A construção de obras de correção torrencial nos leitos das linhas de água efémeros, intermitentes e perenes, dá-se perpendicularmente ao leito, na parte superior das encostas, para prevenir ou reduzir a entrada de sedimentos nos cursos de água permanentes e retardar o

escoamento superficial (Figura 36). Estas podem ser de vários tipos, consoante a fisiografia, tipo de curso de água, o seu leito e materiais disponíveis (barreiras de troncos ou de pedras).

O seu espaçamento é determinado pelo declive, prevendo-se a distância de 50 metros. As barreiras de troncos ou pedra devem ter entre 40 e 60 centímetros de altura, variando o seu comprimento em função da largura do leito da linha de água e ancoradas ao solo com estacas de madeira (Figura 36).



Figura 36. Obra de correção torrencial em linha de água perene

Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido (C11)

Área de Intervenção: 27,48 ha

Esta operação destina-se ao corte de todo o material arbóreo e arbustivo carbonizado, ao longo de uma faixa para cada lado da linha de água, contados a partir do limite do leito, com largura entre 2 e 10 metros e posterior remoção do material de maiores dimensões, a fim de melhorar a drenagem da água e criar melhores condições à regeneração da vegetação ripária existente na sua envolvência.

A sua execução deverá ser desenvolvida de jusante para montante, promovendo a secção vazão natural da linha de água, mantendo no local a vegetação verde ou regenerada.

Os trabalhos incidem na remoção da parte área da vegetação ardida que possa estar a impedir a passagem de água, e deposição em pilhas fora do leito de cheia das linhas de água (Figura 37).

Esta ação nunca deve incidir na mobilização do solo, de forma a evitar o desencadeamento de processos erosivos de difícil controlo, não se devendo arrancar as raízes das plantas nos taludes dos cursos de água. As intervenções não deverão introduzir alterações significativas nos percursos da água de modo a evitar outros impactes negativos.



Figura 37. Linha de água intervencionada com corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido

6.2 Avaliação da eficácia das intervenções de estabilização de emergência implementadas após incêndio

Apesar de haver vários estudos desenvolvidos ao longo dos anos, e inúmeras situações em que se aplicaram técnicas de estabilização de emergência, não é possível prever o nível de sucesso da sua utilização, existindo um grande grau de incerteza associado. Este deve-se principalmente à componente climática e à capacidade de resposta dos ecossistemas (Moreira *et al.*, 2010). Assim sendo, o acompanhamento e monitorização, ao longo das diferentes etapas de recuperação de áreas ardidas, através da documentação do progresso, resultados e conclusões permite avaliar e comparar a eficácia da aplicabilidade das diferentes técnicas ao longo do tempo e a necessidade de algum reajuste ou manutenção, a fim de se atingir o máximo de benefícios (Moreira *et al.*, 2012; Correia, 2019; Observatório Técnico Independente *et al.*, 2019).

Segundo Pinto (2018b), a monitorização deve ser dividida em quatro momentos (Tabela 5), começando antes da execução das intervenções, estendendo-se até depois da sua conclusão, para garantir que os objetivos de recuperação foram atingidos, acontecendo por isso durante vários anos. Todavia, muitas das vezes os programas de monitorização, focam-se sobretudo na

monitorização após a implementação dos primeiros tratamentos de recuperação das áreas afetadas para avaliar a sua eficácia.

Tabela 5. Tipos de monitorização (Fonte: adaptado de Correia, 2019; Pinto, 2018b)

Tipos de monitorização	Descrição	Objetivos
Monitorização de Base	Caracterização das condições existentes pré-implementação da ação	Obtenção de um cenário de comparação antes e depois da aplicação das técnicas
Monitorização de Execução	Comparação entre a execução e o plano definido	Confirmar se as intervenções ocorreram conforme o previsto no plano de gestão
Monitorização de Eficácia	Recolha de dados relacionados com as técnicas aplicadas para averiguar a sua eficácia	Avaliar o desempenho das técnicas aplicadas
Monitorização de Validação	Estabelecer relação causa/efeito entre as técnicas e os indicadores de reabilitação	Adquirir novos conhecimentos sobre a aplicação das técnicas para a aumentar a sua eficácia a longo prazo

Os planos de monitorização de um projeto de restauração implicam a recolha de dados e informação através de métodos qualitativos e quantitativos enquadrados com as técnicas escolhidas. Estes incidem em parâmetros chave, essenciais para avaliar a sua eficácia, tanto ecológicos, físico-químicos, biológicos, aspetos sociais e o tempo de implementação, que influenciam fortemente o sucesso dos resultados obtidos (Moreira *et al.*, 2012; Correia, 2019).

Apesar da monitorização ser indispensável para a avaliação da eficácia das técnicas de recuperação de áreas ardidas, em particular na etapa de estabilização de emergência, verificou-se uma ausência de planos de monitorização a seguir e para aplicação. Por este motivo, a partir da bibliografia existente e tendo por base o trabalho de Correia (2019), foi desenvolvida uma metodologia de monitorização, focada numa abordagem qualitativa e quantitativa, com recolha simples e direta de dados, adequadas ao local, a aplicar neste trabalho que permitam avaliar a eficácia das técnicas implementadas descritas no capítulo 6.1.

O plano de monitorização desenvolvido corresponde à “Monitorização de Eficácia”, tendo como objetivo analisar a eficácia das técnicas de estabilização de emergência, em termos de redução dos níveis de erosão do solo, do escoamento superficial, da escorrência de sedimentos e cinzas para as linhas de água, promoção da infiltração da água e da sedimentação e diminuição do risco para as pessoas e bens. Esta avaliação resulta da comparação dos dados recolhidos em duas saídas de campo, nas quais foram realizadas medições simples e observações diretas. A primeira ocorreu em março de 2023 para reconhecimento dos locais, das

técnicas executadas e registo fotográfico (com exceção da operação 6 que ocorreu mais tarde), e a segunda em junho de 2023 para recolha de dados relativos ao desempenho temporal, tendo em conta os objetivos pretendidos, e também para avaliar a recuperação dos ecossistemas um ano após o incêndio.

6.2.1 Metodologia de monitorização da eficácia aplicada

A metodologia de monitorização escolhida para avaliar a eficácia das técnicas de estabilização de emergência escolhidas para atuar perante os fatores de risco existentes na área ardida do incêndio da Serra da Estrela de 2022 no concelho da Guarda, teve em consideração a recolha de dados relativos a diferentes fatores. De acordo com Correia (2019), os principais elementos a ter em consideração nesta fase de monitorização são as propriedades físicas da estrutura, vegetação, gestão de sedimentos e condições climatéricas.

As propriedades físicas da estrutura são um fator extremamente importante pois a forma, o material utilizado na sua elaboração e as dimensões influenciam diretamente a sua durabilidade e, conseqüentemente a sua função. Por este motivo, monitorizar a integridade física da estrutura, averiguando a presença de falhas ou instabilidades é fundamental para antever ou atuar perante possíveis entraves que comprometam o normal funcionamento das técnicas, sendo feita por observação direta (Pinto, 2018b; Correia, 2019).

A vegetação é um fator chave para o restabelecimento do equilíbrio num sistema. A sua ausência, como referido, é a grande responsável pelo desencadeamento de diversos impactes associados aos incêndios rurais. Neste sentido, avaliar como se está a desenvolver o coberto(ura) vegetal e a regeneração de árvores, revela-se pertinente para obter conclusões sobre os níveis de infiltração de água no solo, de erosão do solo, de redução do escoamento superficial; que têm relação direta com o desempenho das técnicas e resultados obtidos. Verificar se espécies invasoras se estão a desenvolver é fundamental, uma vez que estas constituem uma ameaça ao desenvolvimento de espécies autóctones e incentivam a criação de florestas com condições propícias à rápida propagação do fogo.

O transporte de sedimentos, resultantes sobretudo da erosão do solo é um dos maiores riscos que advém dos incêndios rurais, afetando fortemente os sistemas naturais. Conseqüentemente muitas das técnicas aplicadas têm como finalidade a sua retenção, evitando o aumento da carga de sedimentos no leito dos rios e o seu transporte para jusante. Dada a sua relevância, a monitorização foca-se na observação direta da quantidade e tipo de sedimentos

acumulados, assim como, na necessidade de limpeza, nomeadamente de desassoreamento para que as estruturas continuem a desempenhar a sua função.

As condições climatéricas registadas desde a implantação das técnicas até ao dia da monitorização, influenciam fortemente a sua eficácia de estabilização. Os impactes associados aos incêndios podem ser potenciados por diferentes intensidades climatéricas, pelo que é importante ter em consideração o histórico da região.

Tendo presente estes quatro elementos, para o processo de monitorização foi selecionado um conjunto de parâmetros, enquadrados com as estruturas construídas e a sua localização, baseados em observações diretas e medições, descritas na Tabela 6, e transpostas para a ficha de monitorização elaborada (Anexo V).

Tabela 6. Parâmetros selecionados para monitorização das técnicas implementadas

Técnica	Parâmetros qualitativos	Parâmetros quantitativos
Operação 1: Corte de arvoredos/ vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária	<ul style="list-style-type: none"> - Regeneração da vegetação - Presença de espécies invasoras 	
Operação 2: Corte de árvores direcionado, apoiado em cepos	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de conservação da estrutura - Acumulação de sedimentos a montante - Existência de fugas de sedimentos a jusante - Desenvolvimento / Regeneração de vegetação - Presença de espécies invasoras 	- Altura (cm) acumulação de sedimentos
Operação 3: Entrancados de resíduos florestais em curvas de nível	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de conservação da estrutura - Acumulação de sedimentos a montante - Existência de fugas de sedimentos a jusante - Desenvolvimento / Regeneração de vegetação - Presença de espécies invasoras 	- Altura (cm) acumulação de sedimentos
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial	<ul style="list-style-type: none"> - Material utilizado - Estado de conservação da estrutura - Acumulação de sedimentos a montante - Existência de fugas de sedimentos a jusante - Desenvolvimento / Regeneração de vegetação - Presença de espécies invasoras - Necessidade de ações de limpeza/manutenção - Tipo de curso de água 	- Altura (cm) acumulação de sedimentos
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de sedimentos - Presença de vegetação no leito - Recuperação da galeria ripícola 	

6.3 Monitorização das técnicas de estabilização de emergência aplicadas

A metodologia de monitorização apresentada foi aplicada a todas as categorias de técnicas de estabilização de emergência, utilizadas nas áreas ardidas durante o Incêndio da Serra da Estrela no concelho da Guarda, com exceção da operação 4: Abertura de valas segundo a curva de nível (B14), devido ao difícil acesso ao local onde ocorreu a sua implantação. Para as restantes cinco operações, foram selecionados diferentes locais (Figura 38) representativos da sua aplicação, distribuídos pelas diferentes freguesias afetadas, perfazendo um total de 8 locais. No primeiro local aplicou-se a operação 6, no segundo, terceiro e quinto a operação 5, no quarto a operação 2, no sexto a operação 3 e no sétimo e oitavo a operação 1.

A avaliação da eficácia destas técnicas focou-se principalmente na verificação de cumprimento da sua missão de barreira e na capacidade de retenção de sedimentos, sobretudo em encostas com elevado declive, com vista a reduzir o risco de erosão do solo, assim como, no leito das linhas de água, evitando possíveis assoreamentos, a jusante, que possam potenciar o risco de cheias.

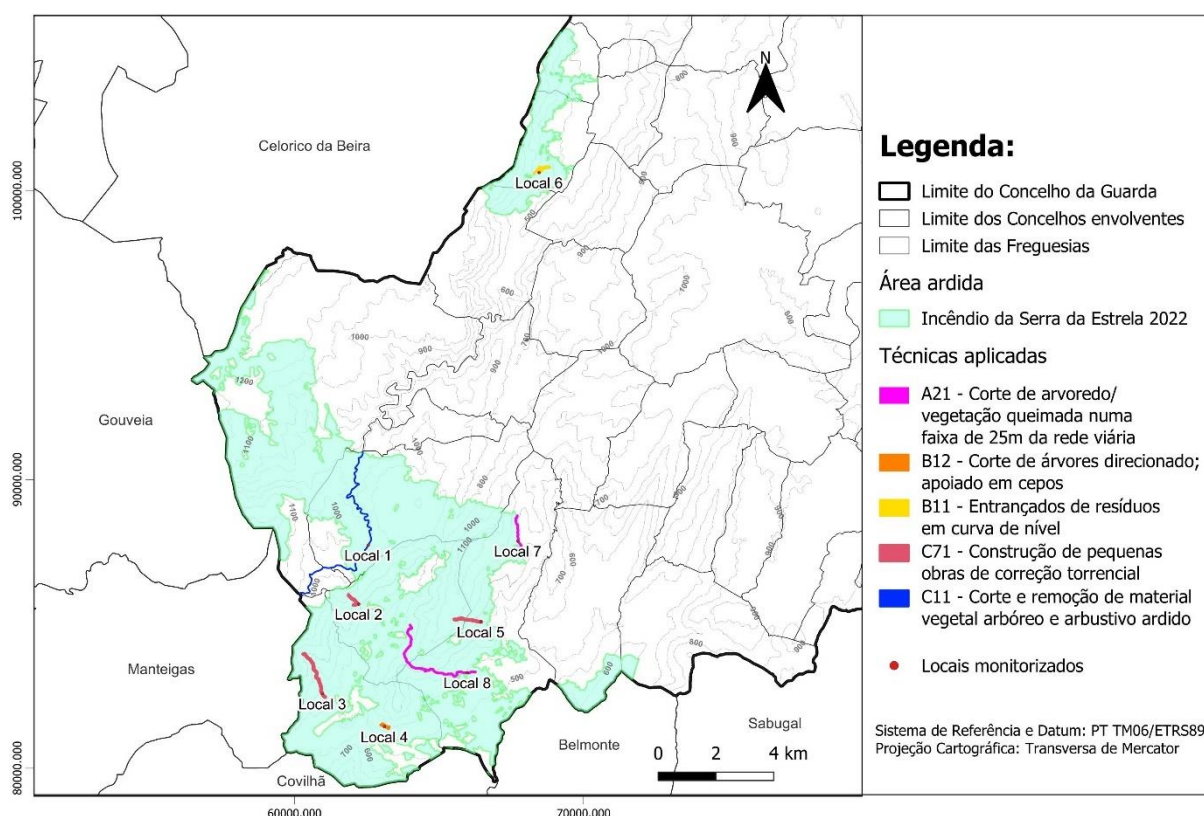


Figura 38. Mapa com os locais alvo de monitorização

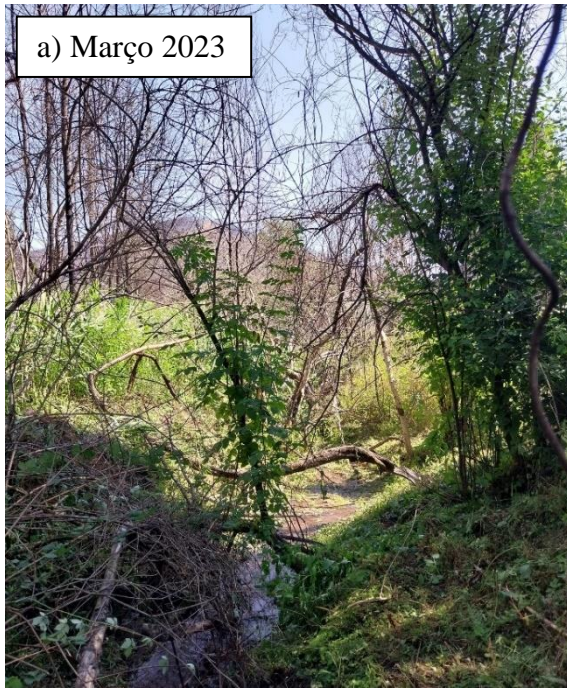
6.3.1 Local 1

O primeiro local alvo de monitorização - Ribeira do Quêcere - afluente do Rio Mondego, tal como noutras linhas de água, o seu percurso foi atingido pelas chamas. Após a sua passagem, tanto no leito como nas margens, ficaram grandes quantidades de material lenhoso ardido, causando constrangimentos à circulação da água. Desta forma, a atuação neste local mostrava-se de extrema importância, tendo-se aplicado a operação 6 ao longo de todo o seu trajeto, com o corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido, ao longo de uma faixa de 10 metros, contrariamente aos 2 metros definidos para as restantes linhas de água, devido à dimensão do seu leito.

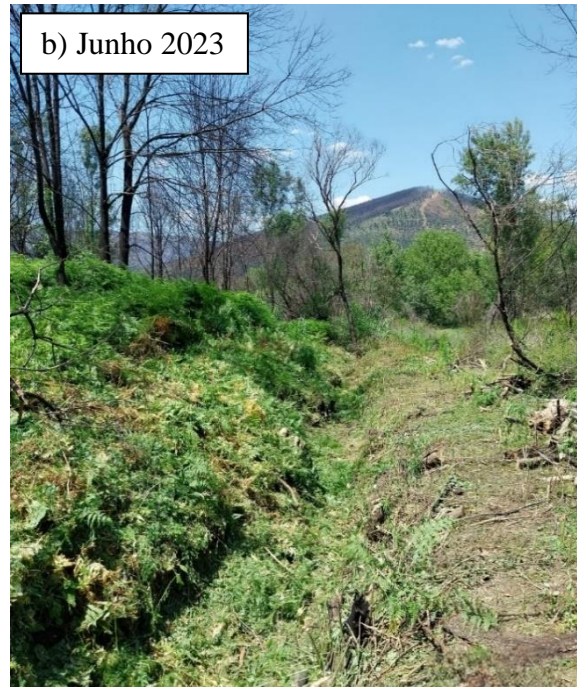
Para ilustrar o trabalho desenvolvido e proceder à monitorização da eficácia da utilização desta técnica selecionaram-se dois troços desta linha de água, na freguesia de Fernão Joanes (Figuras 39 e 40).

O primeiro troço, em março de 2023, ainda não tinha sofrido qualquer intervenção, tendo-se verificado indícios de regeneração da vegetação rasteira (Figura 39 a)), ainda que num estado primário, destacando-se especialmente os fetos face à sua elevada densidade. Contrariamente, tanto a vegetação arbórea presente no leito da linha de água como nas margens, mostrou sinais de reduzida regeneração.

Posteriormente em junho de 2023 (Figura 39 b)), os trabalhos já haviam sido executados durante o mês de maio, tendo-se verificado uma grande diferença paisagística com a retirada da vegetação carbonizada ao longo do leito e das margens do rio. Esta ação permitiu reestabelecer uma melhor circulação da água, apesar de neste setor o leito da ribeira ter reduzido bastante, e permitiu criar melhores condições para a continuação da regeneração da vegetação.



a) Março 2023



b) Junho 2023

Figura 39. Evolução do local de monitorização 1 antes e após a implementação da medida de estabilização de emergência no Troço 1 Ribeira do Quêcere: **a)** 1ª visita em março de 2023, antes da intervenção; **b)** 2ª visita em julho de 2023, depois da intervenção

À semelhança do troço anterior, em junho de 2023 no troço 2, também foi possível verificar uma elevada regeneração da vegetação existente na envolvência da linha de água (Figura 40 a) e b)).

Comparando a Figura 27 e a Figura 40, é possível verificar como o local registou uma elevada regeneração e desenvolvimento de vegetação, entre o mês de setembro e junho de 2023.



a) Junho 2023



b) Junho 2023

Figura 40. Evolução do local de monitorização 1 antes e após a implementação das medidas de estabilização de emergência no Troço 2 Ribeira do Quêcere: **a)** 2ª visita em junho de 2023, depois da intervenção; **b)** 2ª visita em junho de 2023, depois da intervenção

6.3.2 Local 2

No local 2, na freguesia de Famalicão, implementou-se a operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial, realizada ao longo de inúmeras linhas de água.

Esta OCT foi construída no início de março de 2023, num curso de água efémero, que aquando da passagem da tempestade “Danielle”, depressão “Armand” e tempestade “Béatrice” foi um local crítico devido à elevada atividade, sendo fundamental a execução desta operação ao longo do seu percurso.

Para a sua elaboração foram utilizados materiais disponíveis na envolvente, nomeadamente rochas e troncos de madeira queimada, dispendo a estrutura de 2 metros de largura por 1 de altura (Figura 41). Considerando a proximidade temporal entre a sua execução e a primeira visita ao local, não se verificou a presença de sedimentos a montante da barreira nem a presença de água.

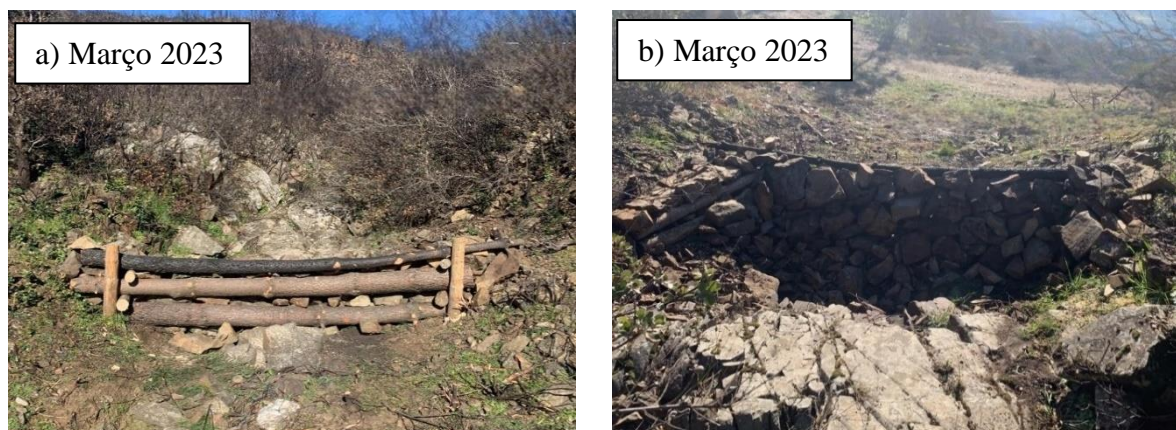


Figura 41. Local de monitorização 2 na 1ª visita, em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante da OCT; **b)** vista a montante da OCT

Em junho de 2023, foi possível concluir que a OCT se mantinha em bom estado de conservação e que ao longo dos 3 meses se registou crescimento de vegetação, tanto na envolvente como no seu interior (Figura 42). Apesar disso, concluiu-se que durante esse período não ocorreu acumulação de sedimentos a montante da estrutura (Figura 42 a)), nem que existiram fugas a jusante (Figura 42 b)). Estes resultados podem ser justificados pelo facto de nestes meses os níveis de precipitação terem sido reduzidos, não desencadeando a atividade nesta linha de água, assim como a escorrência superficial resultante.



Figura 42. Local de monitorização 2 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante da OCT; **b)** vista a montante da OCT

6.3.3 Local 3

O local 3, como o anterior, corresponde a um troço de implementação da operação com maior expressão de aplicação, a 5, localizando-se na freguesia de Valhelhas. À semelhança do local anterior, esta OCT também foi construída no mês de março de 2023, com materiais disponíveis na envolvente, madeira e rochas, apresentando uma largura de 2 metros e uma altura de 0,60 metros, contudo a linha de água associada tem um comportamento perene (Figura 43). Na primeira ida ao local não se observou qualquer acumulação de sedimentos a montante.



Figura 43. Local de monitorização 3 na 1ª visita em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante da OCT; **b)** vista a montante da OCT

Com a nova visita ao local verificaram-se algumas diferenças, sobretudo na sua envolvência, com o crescimento e regeneração de vegetação e árvores. A estrutura mostrou estar em bom estado de conservação funcionando como barreira aos sedimentos, não tendo ocorrido fugas a jusante (Figura 44 a)) e verificando-se uma quantidade considerável de acumulação de cascalho (\varnothing 4;32] mm), a montante (Figura 44 b)). Devido à dificuldade de quantificação dos sedimentos retidos, apenas foram realizadas medições de comprimento e largura, obtendo 0.90mx0.50m, optando por não obter a altura devido ao nível de incerteza associado à sua medição (Figura 44 c)).

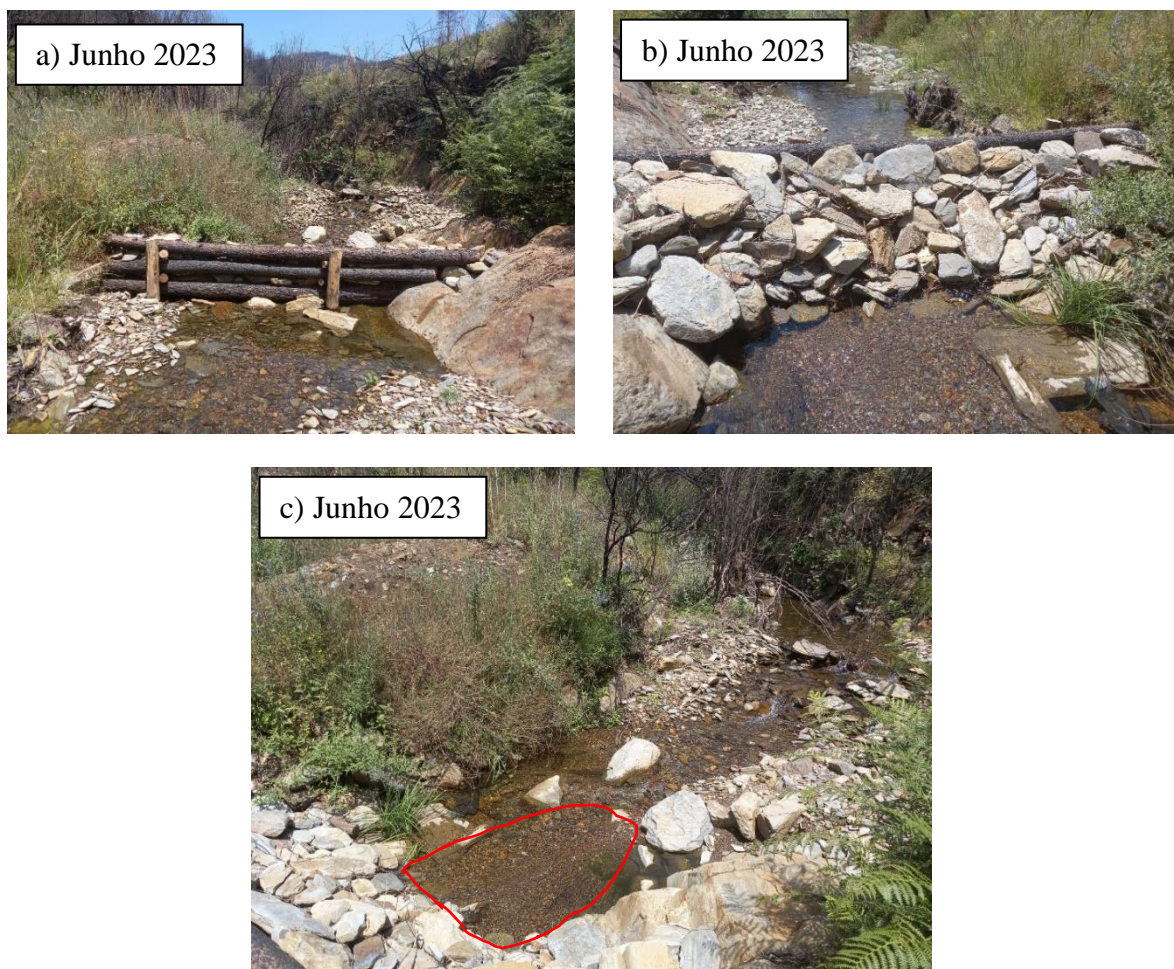


Figura 44. Local de monitorização 3 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante da OCT; **b)** vista a montante da OCT; **c)** acumulação de sedimentos a montante da OCT

6.3.4 Local 4

Ainda na freguesia de Valhelhas, procedeu-se à monitorização de outra técnica; o corte de árvores direcionado e apoiado em cepos. A sua execução teve lugar no mês de março de 2023, tendo como particularidade a sua exceção apenas em locais com elevada densidade de árvores, uma vez que utiliza apenas troncos de árvores ardidas.

Entre as duas visitas foi possível notar o desenvolvimento de vegetação rasteira, nomeadamente arbustos, não cobrindo estes a totalidade do solo, assim como a regeneração de árvores, nomeadamente o sobreiro (Figura 45).



Figura 45. Local de monitorização 4 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência

Relativamente à eficácia da técnica, não se verificou qualquer acumulação de sedimentos, tanto a montante como a jusante, podendo ter ocorrido sobretudo devido ao tipo de geologia do local, em que predominam rochas metassedimentares, assim como, ao desenvolvimento de vegetação, que conferiu ao local a capacidade de fixação do solo. Além disso, foi possível verificar que os troncos das árvores não se encontravam na sua grande maioria em contacto direto com o solo, anulando o efeito pretendido de barreira.

6.3.5 Local 5

O quinto local monitorizado, localizado na freguesia de Gonçalo, consistiu numa linha de água perene, ao longo da qual se construíram pequenas obras de correção torrencial (operação 5). Este troço, tal como os restantes da mesma categoria foi intervencionado em março de 2023, utilizando o mesmo tipo de materiais. Uma das particularidades deste local debate-se com o facto de dispor de duas OCT's, funcionando as duas em simultâneo apenas em situações em que o caudal do curso de água atinge maiores dimensões (Figura 46).



Figura 46. Local de monitorização 5 na 1ª visita em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: a) vista a jusante da OCT; b) vista a montante da OCT

Comparativamente com o observado na primeira visita ao local, na segunda visita registou-se uma significativa mudança resultante do desenvolvimento e regeneração da vegetação e restante galeria ripícola na envolvência da linha de água (Figura 47 a)). Ambas as estruturas registaram um bom estado de conservação, não apresentando nenhum sinal de enfraquecimento, além de terem representado uma barreira à passagem de sedimentos, cativando grandes quantidades de cascalho a montante (Figura 47 b) e c)). Na área identificada na Figura 47 b), a acumulação de sedimentos correspondeu a, aproximadamente 0.9 metros de comprimento e de largura; enquanto na Figura 47 c), cerca de 2 metros de comprimento por 1 metro de largura.

Apesar da OCT de pedras localizada mais a montante (Figura 47 c)) representar uma estrutura implantada durante o processo de recuperação daquela área ardida no ano de 2017, a sua presença ainda que num estado de conservação ligeiramente precário, constituiu também uma importante barreira para a retenção de sedimentos.



Figura 47. Local de monitorização 5 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante da OCT; **b)** vista a montante da OCT e acumulação de sedimentos; **c)** acumulação de sedimentos a montante da OCT construída para recuperação da área ardida em 2017

Atendendo a que nos meses de verão o caudal das linhas de água tende a diminuir, e considerando a quantidade de sedimentos retidos naquela zona, uma ação de manutenção das estruturas é necessária para a continuação do normal funcionamento da linha de água.

6.3.6 Local 6

Neste local, na freguesia de Aldeia Viçosa, foram elaborados entrançados de resíduos florestais em curva de nível (operação 3), com o objetivo de atuar o mais rapidamente possível na contenção do solo erodido, tendo os trabalhos decorrido em janeiro de 2023.

Em março de 2023, durante a 1ª visita ao local, verificou-se o crescimento de vegetação um pouco por toda a parte, destacando as zonas entre os entrançados (Figura 48). Contudo, tanto a jusante como a montante das estruturas, não se observou qualquer acumulação de sedimentos.

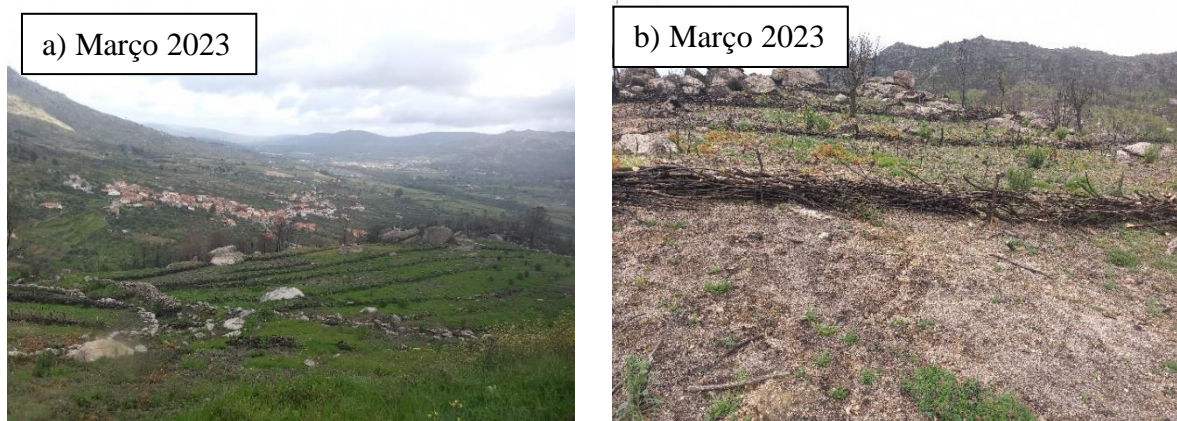


Figura 48. Local de monitorização 6 na 1ª visita, em março de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista sobre um dos conjuntos de entrançados; **b)** vista pormenorizada sobre os entrançados

Em junho de 2023 a diferença na paisagem foi notória, com a vegetação a dominar a paisagem, mostrando uma enorme regeneração após a passagem do fogo (Figura 49). Em algumas zonas onde os entrançados foram elaborados, a sua presença passou quase despercebida devido ao elevado desenvolvimento vegetativo. As árvores, como o sobreiro e carvalho, mostraram sinais de regeneração, contudo, em particular estes últimos, mostram dificuldade de proliferação.

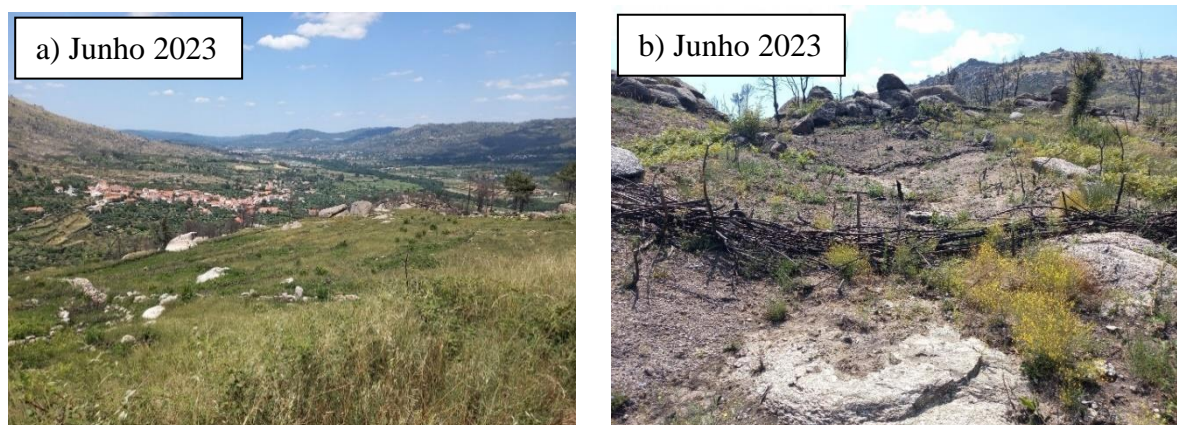


Figura 49. Local de monitorização 6 na 2ª visita, em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista sobre um dos conjuntos de entrançados; **b)** vista pormenorizada sobre os entrançados

Neste local foi possível comprovar que os entrançados permitiram a acumulação de sedimentos transportados ao longo da encosta resultantes da erosão do solo, variando a sua granulometria entre cascalho e areia, esta última de maior predominância. A presença de sedimentos ocorreu tanto a montante como a jusante do entrançado, simbolizando a existência de fugas pela parte inferior da estrutura, demonstrando um deficiente estado de conservação, comparativamente com o verificado no mês de março de 2023. As dimensões da acumulação atingiram cerca de 0.90 metros de comprimento, 0.50 metros de largura e 0.01 metros de altura (Figura 50 a)). Por sua vez, a acumulação, a montante do entrançado, mostrou uma clara tendência de acumulação de sedimentos mais grosseiros na zona com vegetação (Figura 50 b)), contrariamente ao que acontece na zona mais central sem vegetação.

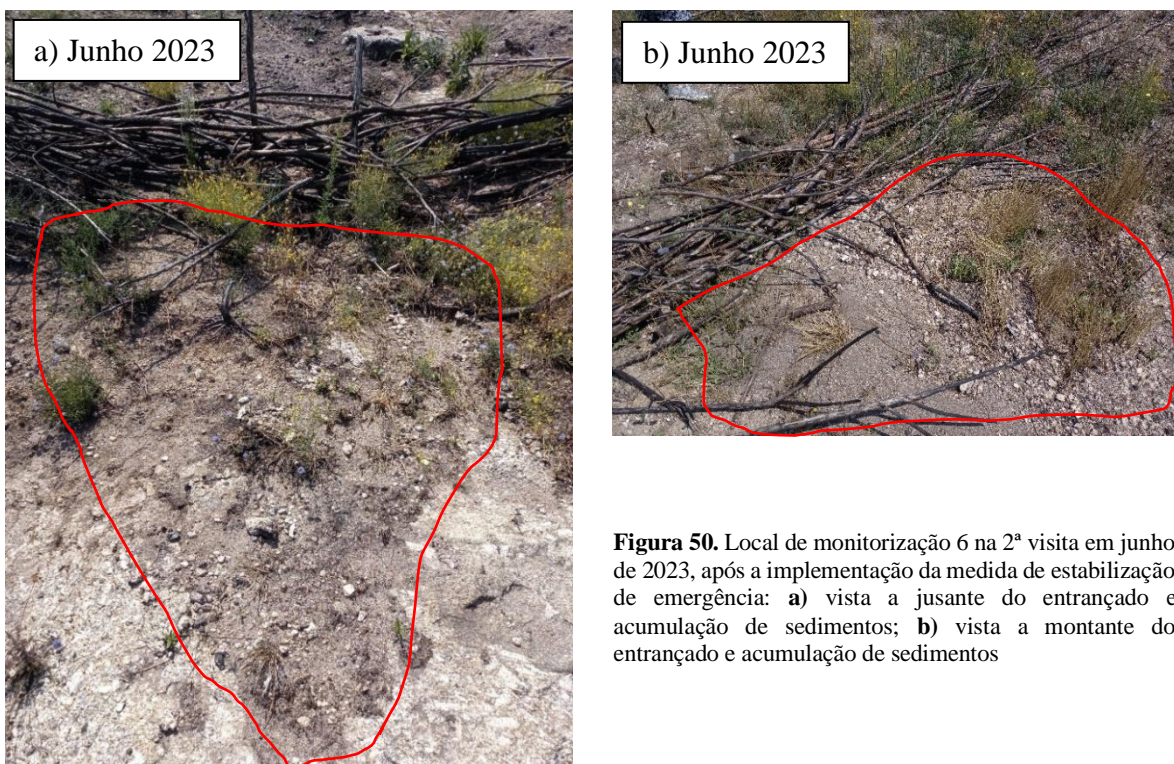


Figura 50. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** vista a jusante do entrançado e acumulação de sedimentos; **b)** vista a montante do entrançado e acumulação de sedimentos

6.3.7 Local 7

Na freguesia de Gonçalo, o corte de arvoredos/ vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária (operação 1) teve bastante expressão. Durante a primeira visita ao local foi possível observar o resultado dos trabalhos executados durante o mês de janeiro de 2023. Com o material oriundo da limpeza das proximidades da rede viária foram executados cordões, funcionando como barreira atenuante à redução da velocidade do escoamento superficial da água da chuva (Figura 51 a)). Todavia não se verificou retenção de sedimentos, a montante, nem evidências na zona envolvente de movimentos do solo. Após 3 meses, constatou-se a

elevada capacidade de colonização do solo queimado pela vegetação, que invadiu as estruturas construídas, passando estas por despercebidas, e nas quais não foi visível qualquer acumulação de sedimentos (Figura 51 b)).

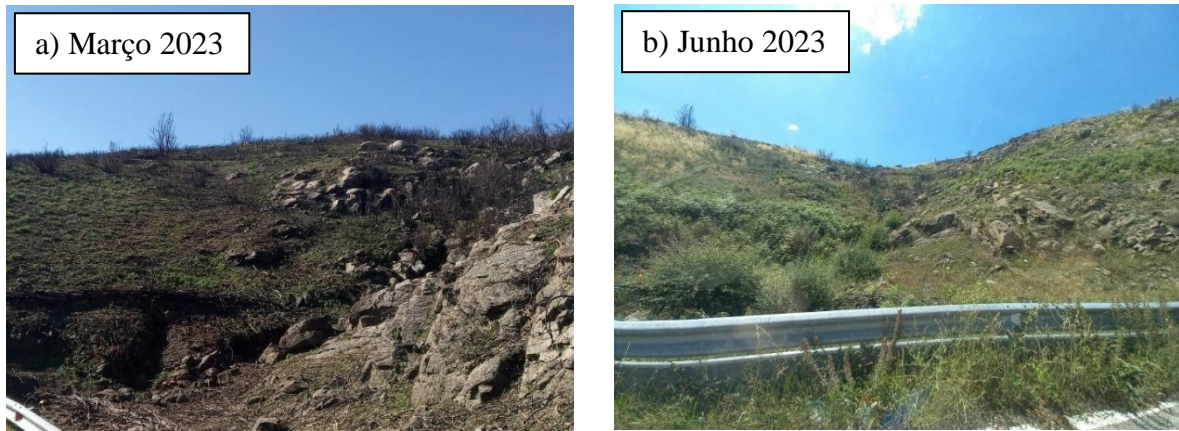


Figura 51. Local de monitorização 7, após a implementação da medida de estabilização de emergência: **a)** aquando da 1ª visita em março de 2023; **b)** aquando da 2ª visita em junho de 2023

6.3.8 Local 8

No local 8, localizado também na freguesia de Gonçalo, ocorreu a operação 1, onde durante os 3 meses que separaram a visita ao local se comprovou um elevado crescimento e desenvolvimento da vegetação, permitindo que os entrançados construídos com o material queimado passassem a ser pouco perceptíveis na paisagem face à sua integração (Figura 52). Contudo, contrariamente ao assistido nos restantes locais, a zona envolvente situada na parte sul desta freguesia, enfrenta uma problemática não assistida noutros locais. A vegetação com maior expressão nas áreas ardidas, consiste numa espécie invasora - comumente conhecida como acácia – com um acelerado nível de desenvolvimento e de densidade (Figura 53 a)). Pontualmente é possível verificar que espécies autóctones se estão a desenvolver na envolvência, como o pinheiro-bravo embora a uma velocidade muito mais reduzida e em menor quantidade (Figura 53 b)).



Figura 52. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023, após a implementação da medida de estabilização de emergência

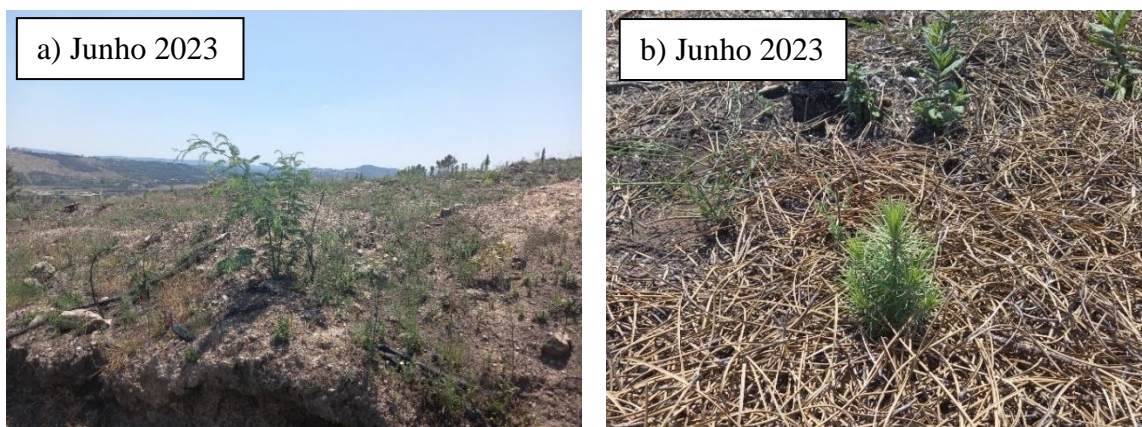


Figura 53. Local de monitorização 6 na 2ª visita em junho de 2023: **a)** regeneração de acácias; **b)** regeneração de pinheiro bravo

6.4 Resultados

A observação realizada durante os trabalhos de monitorização nos vários locais permitiu a obtenção de diferentes conclusões quanto à resposta e evolução dos locais ardidos, ao longo dos 10 meses após um incêndio. De um modo geral, em todos os locais foi registada a regeneração de vegetação, justificada pelo facto de o solo apenas ter registado níveis baixos e moderados de severidade da queima e às elevadas temperaturas sentidas ao longo dos meses.

Os resultados obtidos foram inferiores aos que seriam de esperar, em particular a acumulação de solo nos locais onde foram aplicadas as operações 2 e 3, destinadas à retenção do solo, tendo em conta que nos 2 primeiros anos após o incêndio, estes são mais elevados.

Considerando os resultados obtidos, os principais fatores influenciadores foram:

- ✓ Época/mês de concretização das operações no local;
- ✓ Reduzida precipitação registada entre janeiro e junho de 2023;
- ✓ Regeneração da vegetação, com função de fixação do solo e de diminuição da escorrência superficial.

Entre o início da aplicação das técnicas de estabilização de emergência e a ocorrência do incêndio, passaram cerca de 5 meses, durante os quais foi registada uma elevada precipitação (Tabela 7). Após 1 a 2 meses, com a passagem de diversos ciclones neste território, foi provocada a erosão e o transporte de elevadas quantidades de solo, até às linhas de água, sem possibilidade de atenuação da situação. Desta forma, a maioria do material mais frágil, que seria de esperar que fosse removido progressivamente, e sobre o qual se esperava que a estabilização de emergência fosse atuar, de forma a reduzir o risco de erosão do solo, foi retirado

bruscamente, mostrando que a estabilização de emergência foi tardia, considerando a realidade climatológica assistida.

Por este motivo, os resultados verificados nos locais 4 e 6, onde se aplicaram as operações 2 (corte de árvores direcionado; apoiados em cepos) e 3 (entrançados de resíduos florestais em curva de nível), apresentaram menor expressão, tendo também sido influenciados pelas características locais.

No local 4 (operação 2) não se registaram quaisquer evidências de acumulação de sedimentos, o que pode ter sido devido a diversos fatores, como a geologia do local, a regeneração de vegetação que fixou o solo impedindo ou diminuindo o seu transporte, a reduzida precipitação e o facto de os troncos das árvores, em alguns pontos, não estarem em contacto direto com o solo.

Contrariamente, no local 6 (operação 3), entre março e junho de 2023, apesar do estado de conservação da estrutura, foi visível a retenção de sedimentos, a qual deverá ter ocorrido sobretudo devido à precipitação e vegetação existente na zona, tendo por esse motivo o entrançado cumprido com o objetivo pretendido.

Nos locais 7 e 8 (operação 1 - Corte de arvoredos/ vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária), apesar do objetivo principal da operação realizada incidir na salvaguarda da segurança durante a circulação na via, o material retirado foi utilizado para construir estruturas que também se destinavam a atenuar a erosão do solo. Contudo, não ocorreu a deposição de sedimentos a montante dos cordões, nem se evidenciou qualquer movimento, na envolvente. Tal pode ter acontecido devido ao evidente e forte desenvolvimento de vegetação entre março e junho de 2023, funcionando como fixador e redutor do escoamento superficial.

Nos locais 2, 3 e 5, nos quais foi aplicada a operação 5 – Construção de pequenas obras de correção torrencial, os resultados obtidos mostraram que a sua aplicação teve efeito, registando em 2 locais (3 e 5) a acumulação de sedimentos, e evitando assim o seu transporte para jusante, minimizando o perigo e risco de cheias. No local 2, não se observou retenção de sedimentos pelo facto de, contrariamente aos restantes locais, se encontrar inserido numa linha de água efémera, de atividade inexistente, uma vez a precipitação registada desde a sua construção em março até junho de 2023 (Tabela 7), não foi em quantidade suficiente ou até mesmo inexistente.

A operação 6 (corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido) realizada no local 1, considerando a sua área de atuação e urgência, apenas foi praticada em maio de

2023, contribuindo imediatamente para melhorar as condições de fluxo da linha de água e de limpeza da sua envolvência. Apesar disso, a sua aplicação mostrará resultados mais evidentes em épocas mais chuvosas em que haja o aumento do caudal da linha de água.

Além dos fatores identificados como principais influenciadores dos resultados obtidos, a maioria das técnicas aplicadas pretende representar uma barreira na retenção de sedimentos, sobre as quais se conhece uma menor eficácia na mitigação da erosão do solo em encostas comparativamente com as técnicas baseadas em cobertura protetora do solo (Mendonça *et al.*, 2023b).

Tabela 7. Resumo mensal de precipitação total e máxima diária no Estação Meteorológica da Guarda (adaptado de IPMA, 2023)

	Média da temperatura mínima (°C)	Média da temperatura máxima (°C)	Precipitação Total (mm)	Precipitação Máxima Diária (mm) /Dia	
Setembro 2022	11.6	21.4	179.7	83.7	13
Outubro 2022	11.6	18.5	180.6	51.1	22
Novembro 2022	6.0	11.5	144.4	23.9	16
Dezembro 2022	5.7	9.0	331.0	57.0	8
Janeiro 2023	1.2	7.5	100.8	30	7
Fevereiro 2023	1.3	9.2	4.6	3.4	8
Março 2023	5.2	13.6	55.2	33.0	8
Abril 2023	8.0	18.5	13.7	10.5	21
Mai 2023	8.2	19.0	36.9	13.4	26
Junho 2023	13.5	23.3	93.7	22.9	8

7. Conclusão

Os incêndios rurais são uma realidade cada vez mais presente e mais intensa nos países mediterrâneos, por isso nestes países é fundamental investir fortemente na preparação e prevenção, com minimização tanto do perigo como do risco associado. Contudo, ano após ano, em Portugal, é visível que os investimentos incidem sobretudo no aumento de meios de combate, deixando de parte medidas que visem a redução da progressão dos incêndios e a sua prevenção.

Com o vasto incêndio da Serra da Estrela, registado em 2022, a presença de vários fatores críticos no concelho da Guarda e envolventes, que aumentam consideravelmente o perigo e o risco de incêndio rural, tornou ainda mais evidente a necessidade extrema de reverter esta realidade. Apesar da Resolução 73-B do Conselho de Ministros, de 29 de agosto de 2022, ter decretado imediatamente após o domínio das chamas, uma estratégia de intervenção para a recuperação desta área classificada, a atuação no território com estabilização de emergência começou apenas 5 meses depois, em janeiro de 2023, o que fez com que, considerando os acontecimentos meteorológicos registados em setembro e outubro de 2022, esta se mostrasse tardia. Desta forma, algumas das medidas executadas tornaram-se desnecessárias ou inadequadas, tendo em consideração a recuperação natural e progressiva dos ecossistemas.

Esta ocorrência mostrou que é imperativa a criação e adoção de planos de atuação eficazes e imediatos após os incêndios, por parte das entidades competentes, os quais são de extrema importância para os ecossistemas e para proteger as populações face a outros potenciais riscos. Para isso é necessário que a disponibilização de recursos financeiros seja maior e mais facilitada e que a identificação de zonas com necessidade urgente de atuação das técnicas a aplicar e sua execução seja mais rápida, o que implica uma maior disponibilização de recursos humanos. Considerando que as áreas ardidas envolvem sempre uma grande percentagem de propriedades privadas, o levantamento de prejuízos e a sua validação, também deveriam ser realizados num espaço de tempo mais reduzido, de forma a compensar os proprietários mais rapidamente.

Uma estabilização de emergência mais precoce permite que perante a imprevisibilidade das condições meteorológicas subsequentes aos incêndios e, por vezes, extremas, nomeadamente durante os meses mais frios, as técnicas praticadas possam atenuar e impedir mais eficazmente a dispersão e severidade dos impactes negativos causados pelo fogo nos ecossistemas e o aumento abrupto de fontes de perigo e do risco para a população.

Todavia, através da monitorização efetuada para análise da eficácia das técnicas de estabilização de emergência aplicadas, na área pertencente ao concelho da Guarda ardida durante o incêndio da Serra da Estrela de 2022, foi possível verificar que estas cumpriram a função pretendida. São de destacar, as obras de correção torrencial e os entrançados, que promoveram a retenção de sedimentos, apesar de reduzidas. Contrariamente a técnica que envolve o corte de árvores direcionado, apoiado em cepos revelou apresentar uma relevância de utilização quase inexistente.

Por fim, é clara a potencialidade e a importância do investimento na recuperação de áreas ardidas, representando uma chave fundamental e uma oportunidade de iniciar uma reestruturação em termos de ordenamento do território, principalmente nas regiões mais sensíveis e onde o perigo de incêndio rural reincide com maior frequência. Porém, para que possa ocorrer, é fundamental que após as primeiras ações de emergência, se continue a investir e a executar as restantes etapas da recuperação, não deixando o processo a meio.

Os riscos ambientais devem ser encarados como parte integrante da dinâmica da Terra, por isso é fundamental que o Homem aprenda a adaptar-se e que desenvolva estratégias focadas e atentas às suas mudanças, locais e globais, que permitam inverter a tendência crescente de danos ambientais que têm vindo a ser registados.

Referências Bibliográficas

- AGIF (2022). Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais 20-30. Novembro 2022.
- AGIF (2021). Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais 20-30 Programa Nacional de Ação. Junho 2021
- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (2019). Avaliação Nacional de Risco; 1º atualização – julho de 2019. Disponível em: ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (prociv.gov.pt)
- Brito de Carvalho, L. H., Peres, A. M., Santos, J.P., Barros, R. F. (1966). Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50 000, folha 17-D - Gouveia. Disponível em: [geoPortal do LNEG](http://geoPortal.doLNEG)
- CIMBSE (2022). Municípios Associados – Concelho da Guarda. Disponível em: <https://cimbse.pt/apresentacao/municipios-associados/guarda-2/> (consultado a 28 de dezembro de 2022)
- Comissão Europeia - Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (ECHO) (2021). Overview of natural and man-made disaster risks the European Union may face: 2020 edition, Publications Office. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2795/1521>
- Comissão Regional de Gestão Integrada de Fogos Rurais do Centro (2022). Programa Regional de Ação de Gestão Integrada de Fogos Rurais - Centro.
- Correia, S. M. A. (2019). Monitorização da Eficácia de intervenções para proteção dos recursos hídricos após incêndio florestal: o caso dos incêndios de junho e outubro de 2017. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente 2018/2019. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/122965>
- Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro da Presidência do Conselho de Ministros (2008). Diário da República: I Série, n.º 199. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/82-2021-172745163>
- Decreto-Lei n.º 557/76 de 16 de julho da Presidência do Conselho de Ministros (1976). Diário da República: I Série, n.º 165. Disponível em: [15621565.pdf](https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/557-76-15621565) (dre.pt)
- Decreto Regulamentar n.º 50/97, de 20 de novembro (1997). Diário da República: I Série-B, n.º 269. Disponível em: [63116315.pdf](https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-regulamentar/50-97-63116315) (diariodarepublica.pt)
- DGT (2020). Uso e Ocupação do solo em Portugal continental. <https://www.dgterritorio.gov.pt/Uso-e-ocupacao-do-solo-em-Portugal-continental-1995-2018>
- Direção de Unidade de Defesa da Floresta (2012). Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI) – Guia Técnico. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, abril de 2012. Disponível em: [guia-tecnico-pmdfci-afn-abril2012.pdf](https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/plano-municipal-de-defesa-da-floresta-contra-incendios-pmdfci-guia-tecnico-afn-abril2012) (icnf.pt)
- Estrela Geopark (2023). Geodiversidade. Disponível em: <https://www.geoparkestrela.pt/geopark/geodiversidade> (consultado a 15 de abril de 2023)
- Ferro, M. N., Medeiros, A. C., Carvalhosa, A., Pilar, L. (1962). Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50 000, folha 18-A - Vila Franca das Naves. Disponível em: [geoPortal do LNEG](http://geoPortal.doLNEG)

- Gomes, A. (2003). Incêndios Florestais - Um Risco Natural, Revista Floresta e Ambiente, Janeiro/Março 2003.
- Goudie, A. (2013). The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future, 7th Edition, Wiley.
- Henriques, S. A. (2011). Reincidência de incêndios florestais no distrito da Guarda – Fatores desencadeantes e consequências ambientais da manifestação do risco dendrocaustológico. Dissertação de Mestrado em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Disponível em: Reincidência de incêndios florestais no distrito da Guarda : factores desencadeantes e consequências ambientais da manifestação do risco dendrocaustológico | Estudo Geral (uc.pt)
- ICNF (2021). Restauro Florestal: A importância da estabilização de emergência na recuperação de áreas ardidas. II Seminário da Rede Incêndios Solo – Incêndios, Solos e Território: da ameaça à sustentabilidade.
- ICNF (2022). 8.º Relatório Provisório de Incêndios Rurais de 2022 – 1 de janeiro a 15 de outubro. Divisão de Gestão do Programa de Fogos Rurais, 8.º RPIR/DGPFR/2022
- IDE ICNF (2023). Geocatalogo: Tema 5 – Riscos e ameaças. Disponível em: geoCATALOGO (icnf.pt) Consultado a 21 de abril de 2023
- Instituto Florestal Europeu (2017). Fighting catastrophic forest fires: a new vision Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ApwsV0FFoZc&feature=youtu.be>
- Instituto Geográfico do Exército (1998). Carta Militar de Portugal. Escala 1:25 000, Série M888, Edição 4, Folhas: 181; 182; 192; 193; 202; 203; 204; 213; 214; 215
- Instituto Nacional de Estatística (INE) (2022). Censos 2021. Disponível em: https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_main&xpid=CENSOS21&xlang=pt (consultado a 24 de novembro de 2022)
- IPMA (2023). Boletim Climático Portugal Continental – Setembro a Junho. Disponível em: Instituto Português do Mar e da Atmosfera (ipma.pt) (consultado a 30 de julho de 2023)
- Lourenço, L., Serra, G., Mota, L., Paul J.J., Correia S., Parola J., Reis J. (2001). Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção.
- Martins, J. A., Medeiros, A. C., Pilar, L., Ferro, M. N., Mesquita, L. P. (1963). Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50 000, folha 18-C - Guarda. Disponível em: geoPortal do LNEG
- Mendonça, J. M., Máguas, C., Pereira, J. M. C., Fernandes, P., Viegas, D. X., Tedim, F., Keizer, J., Silva, J. S. (2023a). Sumário Executivo – Grupo de Peritos dos Incêndios Rurais. Março 2023. Disponível em: SumarioExecutivo_GrupoPeritosIncendiosRurais_Mar2023_printversion (agif.pt)
- Mendonça, J. M., Máguas, C., Pereira, J. M. C., Fernandes, P., Viegas, D. X., Tedim, F., Keizer, J., Silva, J. S. (2023b). Relatório Final do Grupo de Peritos dos Incêndios Rurais. Janeiro de 2023. Disponível em: Relatório-Final-do-Grupo-de-Peritos-dos-Incêndios-Rurais.pdf (agif.pt)
- Meteoblue (2023). Arquivo meteorológico Guarda – Agosto de 2022. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/guarda_portugal_2738785?fcstlength=1m&year=2022&month=8 (consultado a 24 de novembro de 2023)

- Moreira, F., Arianoutsou, M., Vallejo, V. R., de las Heras, J., Corona, P., Xanthopoulos, G., Fernandes, P. e Papageorgiou, K. (2012). Setting the scene for post-fire management. In *Post-fire management and restoration of Southern European Forests* (pp. 1-19): Springer.
- Moreira, F., Catry, F. X., Silva, J. S., & Rego, F. C. (2010). Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas. In (pp. 1-323): ISAPress.
- Mota, A., Costa, T., Coimbra, C. (2020a). Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios 2020-2029 Caderno I Diagnóstico (Informação de Base). Planum Assessorias e Projectos Lda
- Mota, A., Costa, T., Pereira, P., Coimbra, C. (2020b). Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios 2020-2029 Caderno II Diagnóstico (Plano de Ação). Planum Assessorias e Projectos Lda
- Observatório Técnico Independente, Castro Rego F., Fernandes P., Sande Silva J., Azevedo J., Moura J.M., Oliveira E., Cortes R., Viegas D.X., Caldeira D., e Duarte Santos F. - Coords. (2019). ESTUDO TÉCNICO – Estabilização de Emergência Pós-Fogo. Assembleia da República. Lisboa. 31 pp.
- Parente, J., Girona-García, A., Lopes, A.R., Keizer, J. J. e Vieira, D. C. S. (2022). Prediction, validation, and uncertainties of a nation-wide post-fire soil erosion risk assessment in Portugal. *Scientific Reports* **12**, 2945 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07066-x>
- Peixoto, F. A. C. (2018). Os impactos de incêndios florestais e gestão pós-fogo na qualidade do solo e sua erosão hídrica em plantações de eucalipto. Relatório de estágio para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro
- Pinto, M. J. O. M. (2018a). Riscos naturais, tecnológicos e mistos no concelho da Covilhã (versão final após defesa). Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade da Beira Interior
- Pinto, A. A. S. (2018b). Estabilização de margens fluviais. Uma abordagem multifuncional. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do Grau de Doutor em Engenharia Civil - Especial em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Portaria n.º 134/2015, de 18 de maio do Ministério da Agricultura e do Mar (2015). Diário da República: I Série, n.º95. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/134-2015-67232588>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 73-B/2022, de 29 de agosto da Presidência do Conselho de Ministros (2022). Diário da República: 1.ª série, n.º166. Disponível em: Resolução do Conselho de Ministros n.º 73-B/2022, de 29 de agosto | DRE
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., Artés-Vivancos, T., Oom, D., Branco, A., de Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., Onida, M., Löffler, P. (2022). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2021. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/34094, JRC130846.
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Liberta`, G., Oom, D., Branco, A., De Rigo, D., Ferrari, D., Roglia, E. and Scionti, N., (2023). Advance Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022. EUR 31479 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, ISBN 978-92-68-02143-9, doi:10.2760/091540, JRC133215.

- Santos, B. F. B. (2010). Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de apoio ao combate a Incêndios Florestais no Concelho da Guarda. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica. Universidade da Beira Interior
- SGIF (2023). Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais. Disponível em: <https://fogos.icnf.pt/sgif2010/InformacaoPublicalist.asp>
- Teixeira, C., Carvalho, H., Santos, J. P. (1975). Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50 000, folha 20-B - Covilhã. Disponível em: geoPortal do LNEG
- Turco M., Rosa-Canovas J.J., Bedia J., Jerez S., Montavez J.P., Llasat M.C., Provenzale A. (2018). Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nat Commun* 9(1):3821 Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-06358-z>
- Turco, M., von Hardenberg, J., AghaKouchak, A., Llasat, M. C., Provenzale, A. e Trigo, R. M. (2017). On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe. *Sci Rep* 7, 81. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00116-9>
- US Agency for International Development-Bureau for Humanitarian Assistance (USAID-BHA) e US Forest Service (USFS) (2023). 2022 Portugal Wildfires: Burned Area Emergency Response (BAER) Review. Disponível em: [2022-Portugal-Wildfires-Burned-Area-Emergency-Response-BAER.pdf](#) (agif.pt)
- Vieira, A., Gonçalves, A. B., Lourenço, L., Nunes, A. (2012). Medidas de mitigação da erosão em canais: aplicação em áreas ardidas no NW de Portugal. *Revista GeoNorte*, 1, 4, 800-815, 2012.
- WWF España (2019). Arde el Mediterráneo – Propuesta mediterránea de WWF para la prevención de incendios forestales. WWF/Adena (Madrid España) julio de 2019.
- World Meteorological Organization (2022). WMO Provisional State of the Global Climate 2022.

ANEXOS

Anexo I

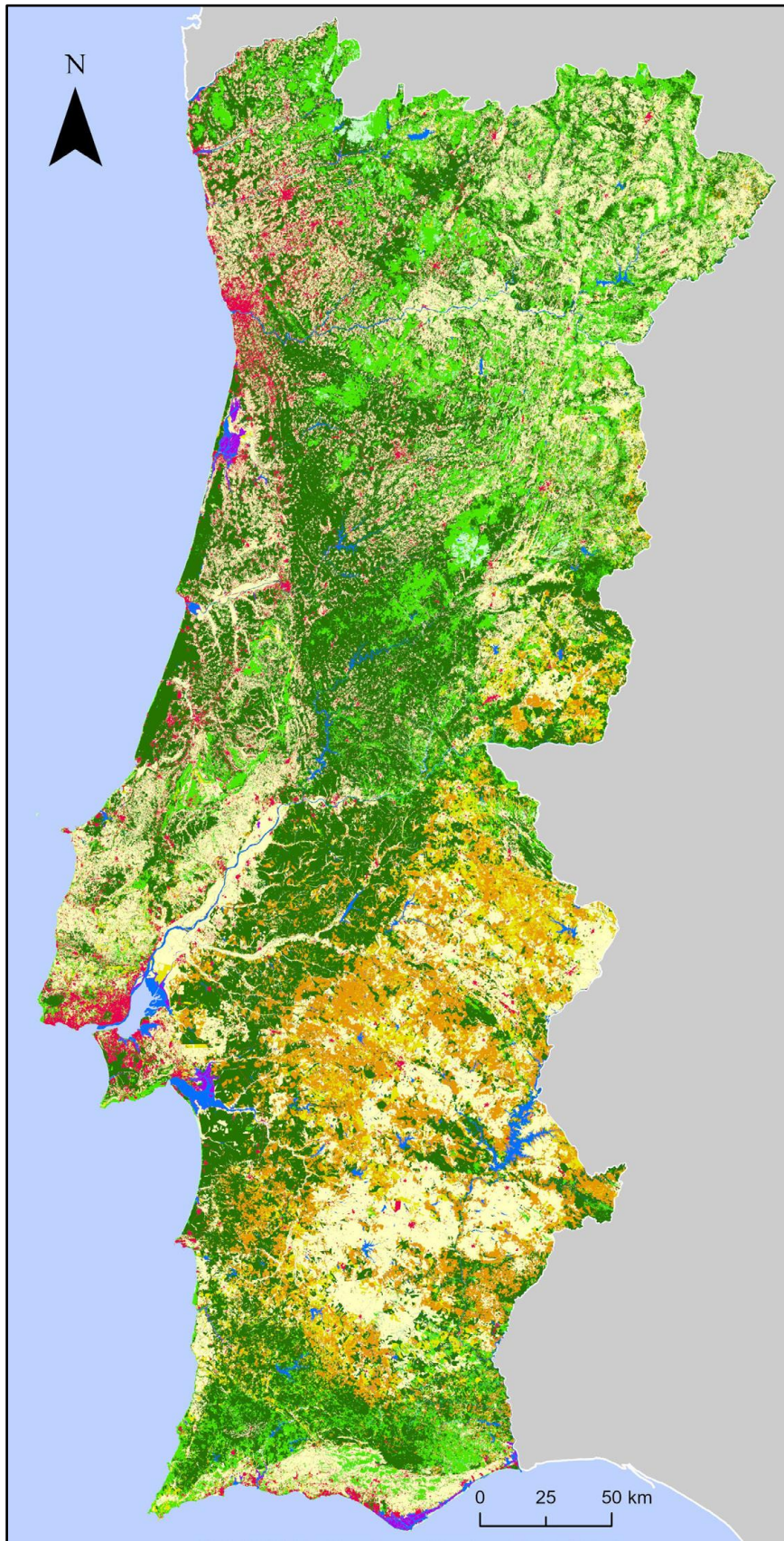


Figura 54. Carta de Uso e Ocupação do solo – COS 2018 (Fonte: DGT, 2020)

Anexo II

Severidade de queima do solo

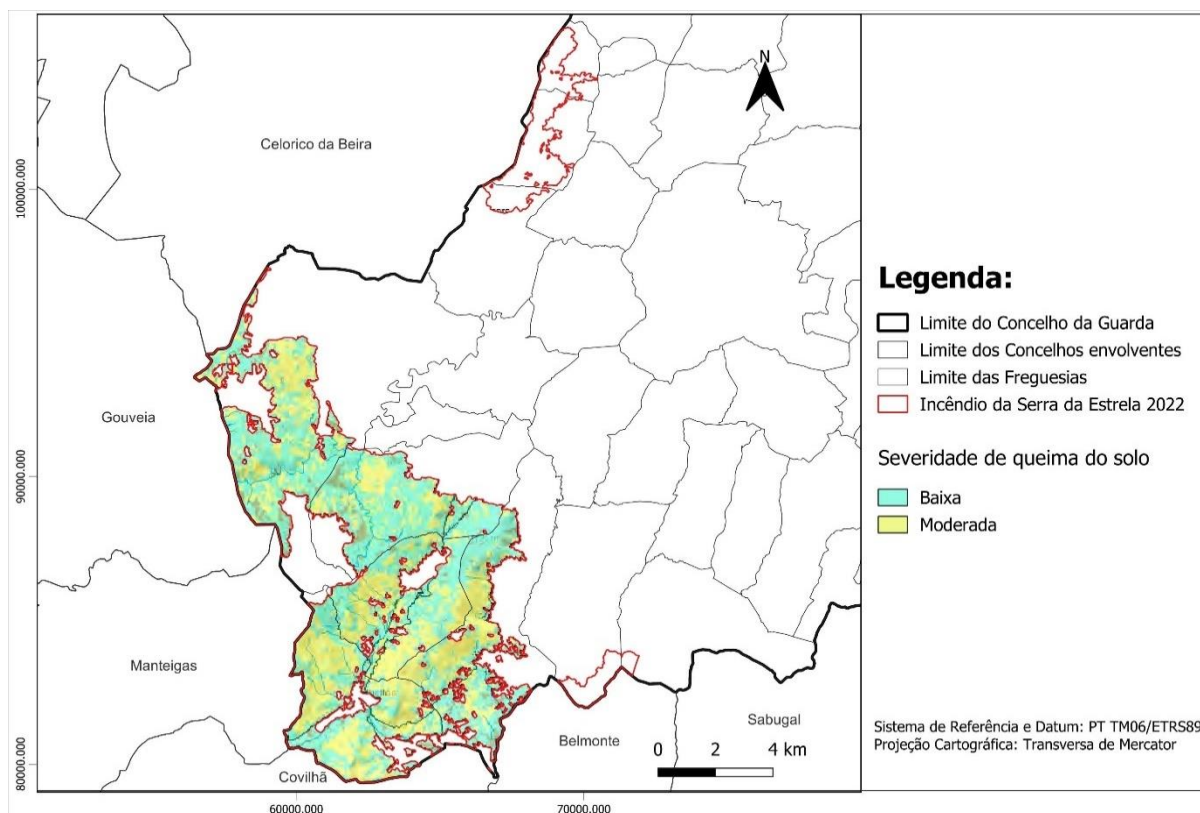


Figura 55. Severidade de queima do solo do Incêndio da Serra da Estrela de 2022 no concelho da Guarda (Fonte: adaptado de USAID-BHA e USFS, 2023).

Tabela 8. Consequência dos diferentes estados que severidade de queima do solo (Fonte: adaptado de USAID-BHA e USFS, 2023).

Severidade	Crítérios
Baixa	Áreas onde a vegetação foi carbonizada, não se registando afetação das suas raízes, o que leva a prever uma rápida recuperação da vegetação e reduzidos níveis de erosão do solo
Moderada	Áreas onde a vegetação foi completamente consumida pelo fogo, afetando as suas raízes, prevê-se que a vegetação terá alguma dificuldade em regenerar, notando-se alguma repelência do solo à água, o que levanta preocupações relativamente à erosão do solo após incêndio
Alta	Áreas onde a vegetação e a matéria orgânica das camadas superficiais do solo foram completamente consumidas pelo fogo, resultando numa drástica mudança da estrutura do solo e da sua cor para tons alaranjados

Anexo III

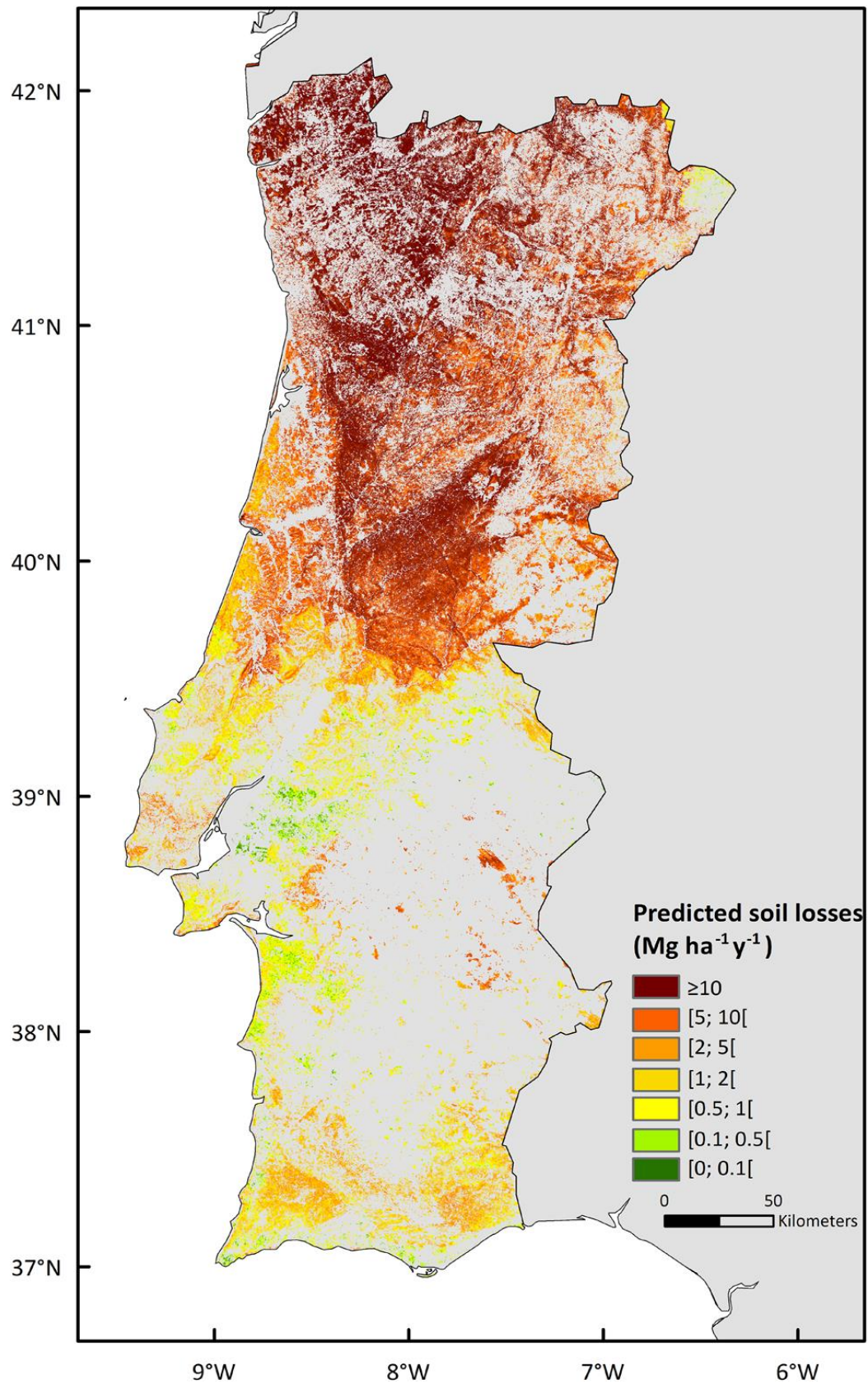


Figura 56. Mapa de potencial risco de erosão do solo, em áreas florestais (eucalipto e pinheiro) e de mato em Portugal, ao longo do primeiro ano após incêndio (Fonte: Parente *et al.*, 2022)

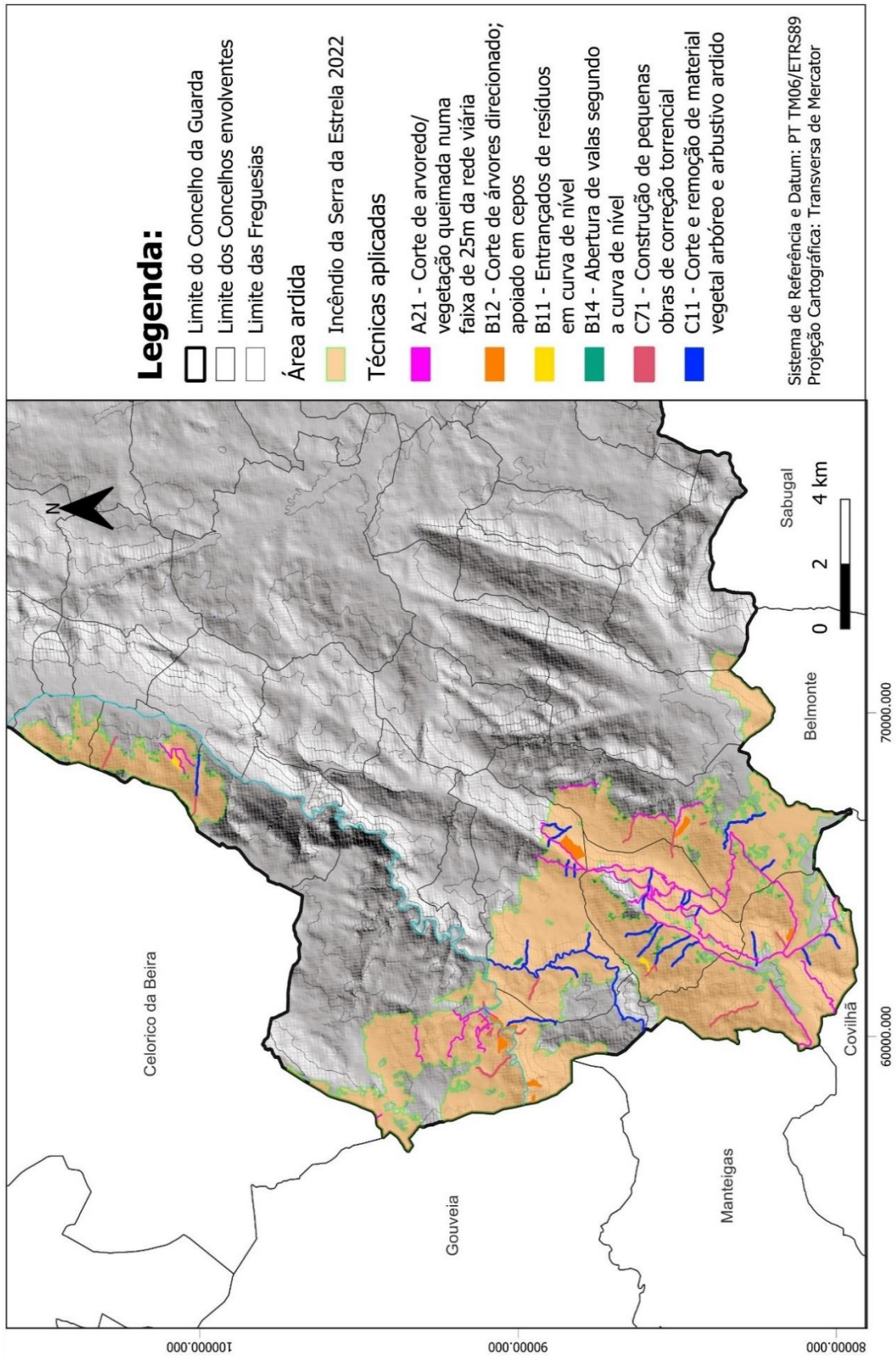


Figura 57. Localização da aplicação das técnicas de estabilização de emergência

Anexo V - Modelo da ficha de monitorização

Tabela 9. Modelo da ficha de monitorização

Descrição do Local			<i>Local:</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>		<i>Data da visita:</i>
	<i>Coordenadas</i>		<i>Temperatura:</i>
<i>Mês de implantação</i>			<i>Precipitação: Sim / Não</i>
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
	<i>Observação direta</i>		<i>Medição</i>
<i>Estado de conservação da estrutura</i>			
<i>Material utilizado</i>			
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>	Sim:	Não:	Altura (m): Comprimento (m): Largura (m):
	Tamanho	Fino: Médio: Grosso:	
<i>Existência de fugas a jusante:</i>	Sim:	Não:	
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim:	Não:
		Espécies:	
	<i>Vegetação rasteira</i>	Sim:	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>	Sim:	Não:	
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>	Sim:	Não:	
<i>Tipo de curso de água</i>	Efémero		
	Intermitente		
	Perene		
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
<i>Evidência de algum processo erosivo inesperado</i>	Sim:	Não:	
<i>Presença de sedimentos no leito</i>	Muitos		
	Médio		
	Poucos		
<i>Presença de vegetação no leito</i>	Muita		
	Médio		
	Pouca		
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>	Muito boa		

Anexo VI – Dados recolhidos da monitorização realizada a 23 de junho de 2023

Tabela 10. Ficha de monitorização local 1

Descrição do Local			<i>Local: 1</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>	Famalicão da Serra	<i>Data da visita:</i> 23/6/2023
	<i>Coordenadas</i>	N 40° 27' 24'' W007° 23' 41''	<i>Temperatura:</i> 25°C
<i>Mês de implantação</i>		Maio	<i>Precipitação:</i> Não
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrancados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
		<i>Observação direta</i>	<i>Medição</i>
<i>Estado de conservação da estrutura</i>			
<i>Material utilizado</i>			
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>		Sim:	Não:
		Tamanho	Fino: Médio: Grosso:
<i>Existência de fugas a jusante:</i>		Sim:	Não:
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim:	Não:
		Espécies:	
	<i>Vegetação rasteira</i>	Sim:	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>		Sim:	Não:
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>		Sim:	Não:
<i>Tipo de curso de água</i>	Efémero		
	Intermitente		
	Perene		
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			x
<i>Evidência de algum processo erosivo inesperado</i>		Sim:	Não:
<i>Presença de sedimentos no leito</i>	Muitos		
	Médio		
	Poucos	x	
<i>Presença de vegetação no leito</i>	Muita	x	
	Médio		
	Pouca		
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>		Muito boa	

Tabela 11. Ficha de monitorização local 2

Descrição do Local			Local: 2
Localização	Freguesia	Famalicão da Serra	Data da visita: 23/6/2023
	Coordenadas	N 40° 26' 27'' W007° 24' 15''	Temperatura: 25°C
Mês de implantação		Março	Precipitação: Não
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrancados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			X
		Observação direta	Medição
Estado de conservação da estrutura		Bom	
Material utilizado		Troncos de árvores queimadas e rocha	
Acumulação de sedimentos a montante	Sim:	Não: x	Altura (m): Comprimento (m): Largura (m):
	Tamanho	Fino: Médio: Grosso:	
Existência de fugas a jusante:		Sim:	Não: x
Regeneração / Desenvolvimento de vegetação	Árvores	Sim:	Não: x
	Vegetação rasteira	Sim: x	Não:
Presença de espécies exóticas e invasoras		Sim:	Não: x
Necessidade de ações de limpeza/manutenção		Sim:	Não: x
Tipo de curso de água	Efémero	x	
	Intermitente		
	Perene		
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
Evidência de algum processo erosivo inesperado		Sim:	Não:
Presença de sedimentos no leito	Muitos		
	Médio		
	Poucos		
Presença de vegetação no leito	Muita		
	Médio		
	Pouca		
Recuperação da galeria ripícola			

Tabela 12. Ficha de monitorização local 3

Descrição do Local			<i>Local: 3</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>	Valhelhas	<i>Data da visita:</i> 23/6/2023
	<i>Coordenadas</i>	N 40° 24' 35'' W007° 24' 54''	<i>Temperatura: 25°C</i>
<i>Mês de implantação</i>		Março	<i>Precipitação: Não</i>
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			x
		Observação direta	Medição
<i>Estado de conservação da estrutura</i>		Bom	
<i>Material utilizado</i>		Troncos de árvores queimadas e rocha	
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>		Sim: x	Altura (m): - Comprimento (m): 0,90 Largura (cm): 0.50
		Tamanho	
<i>Existência de fugas a jusante:</i>		Sim:	Não:
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim:	Não: x
	<i>Vegetação rasteira</i>	Sim: x	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>		Sim:	Não: x
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>		Sim:	Não: x
<i>Tipo de curso de água</i>		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	x
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
<i>Evidência de algum processo erosivo inesperado</i>		Sim:	Não:
<i>Presença de sedimentos no leito</i>		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
<i>Presença de vegetação no leito</i>		Muita	
		Médio	
		Pouca	
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>			

Tabela 13. Ficha de monitorização local 4

Descrição do Local			Local: 4
Localização	Freguesia	Valhelhas	Data da visita: 23/6/2023
	Coordenadas	N 40° 21' 57'' W007° 23' 22''	Temperatura: 25°C
Mês de implantação		Maio	Precipitação: Não
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			X
Operação 3: Entronçamentos de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
		Observação direta	Medição
Estado de conservação da estrutura		Bom	
Material utilizado		Troncos de árvores queimadas	
Acumulação de sedimentos a montante		Sim:	Não: x
		Tamanho	Fino: Médio: Grosso:
Existência de fugas a jusante:		Sim:	Não: x
Regeneração / Desenvolvimento de vegetação	Árvores	Sim: x	Não:
	Vegetação rasteira	Sim: x	Não:
Presença de espécies exóticas e invasoras		Sim:	Não: x
Necessidade de ações de limpeza/manutenção		Sim:	Não: x
Tipo de curso de água		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
Evidência de algum processo erosivo inesperado		Sim:	Não:
Presença de sedimentos no leito		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
Presença de vegetação no leito		Muita	
		Médio	
		Pouca	
Recuperação da galeria ripícola			

Tabela 14. Ficha de monitorização local 5

Descrição do Local			<i>Local: 5</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>	Gonçalo	<i>Data da visita:</i> 23/6/2023
	<i>Coordenadas</i>	N 40° 25' 54'' W007° 21' 00''	<i>Temperatura: 25°C</i>
<i>Mês de implantação</i>		Março	<i>Precipitação: Não</i>
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			X
		Observação direta	Medição
<i>Estado de conservação da estrutura</i>		3 estruturas - Bom	
<i>Material utilizado</i>		Pedras e Madeira Pedras	
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>		Sim: x	Não:
		Tamanho	Fino: x Médio: x Grosso:
			Altura (m): - / - Comprimento (m): 0,90 / 2 Largura (m): 0.90 / 1
<i>Existência de fugas a jusante:</i>		Sim: x	Não:
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim:	Não: x
	<i>Vegetação rasteira</i>	Espécies:	
		Sim: x	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>		Sim:	Não: x
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>		Sim:	Não: x
<i>Tipo de curso de água</i>		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	x
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
<i>Evidência de algum processo erosivo inesperado</i>		Sim:	Não:
<i>Presença de sedimentos no leito</i>		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
<i>Presença de vegetação no leito</i>		Muita	
		Médio	
		Pouca	
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>			

Tabela 15. Ficha de monitorização local 6

Descrição do Local			Local: 6
Localização	Freguesia	Aldeia Viçosa	Data da visita: 23/6/2023
	Coordenadas	N 40° 34' 19'' W007° 19' 27''	Temperatura: 25°C
Mês de implantação		Janeiro	Precipitação: Não
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			x
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
		Observação direta	Medição
Estado de conservação da estrutura		Médio a Bom	
Material utilizado		Vegetação queimada	
Acumulação de sedimentos a montante		Sim: x	Altura (m): 0.01 Comprimento (m): 0.90 Largura (m): 0.50
		Tamanho	
Existência de fugas a jusante:		Sim: x	Não:
Regeneração / Desenvolvimento de vegetação	Árvores	Sim: x	Não:
	Vegetação rasteira	Espécies: Sobreiro	
Presença de espécies exóticas e invasoras		Sim:	Não: x
Necessidade de ações de limpeza/manutenção		Sim:	Não: x
Tipo de curso de água		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
Evidência de algum processo erosivo inesperado		Sim:	Não:
Presença de sedimentos no leito		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
Presença de vegetação no leito		Muita	
		Médio	
		Pouca	
Recuperação da galeria ripícola			

Tabela 16. Ficha de monitorização local 7

Descrição do Local			<i>Local: 7</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>		<i>Data da visita:</i> 23/6/2023
	<i>Coordenadas</i>	N 40° 27' 24'' W007° 20' 04''	<i>Temperatura: 25°C</i>
<i>Mês de implantação</i>			<i>Precipitação: Não</i>
Operação 1: Corte de arvoredo/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			x
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
		Observação direta	Medição
<i>Estado de conservação da estrutura</i>		Bom	
<i>Material utilizado</i>		Vegetação queimada	
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>		Sim:	Não: x
		Tamanho	Fino: Médio: Grosso:
			Altura (m): Comprimento (m): Largura (m):
<i>Existência de fugas a jusante:</i>		Sim:	Não: x
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim: x	Não:
	Espécies: Sobreiro		
	<i>Vegetação rasteira</i>	Sim: x	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>		Sim: x	Não:
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>		Sim:	Não: x
<i>Tipo de curso de água</i>		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
<i>Evidencia de algum processo erosivo inesperado</i>		Sim:	Não:
<i>Presença de sedimentos no leito</i>		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
<i>Presença de vegetação no leito</i>		Muita	
		Médio	
		Pouca	
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>			

Tabela 17. Ficha de monitorização local 8

Descrição do Local			<i>Local: 8</i>
<i>Localização</i>	<i>Freguesia</i>	Gonçalo	<i>Data da visita:</i> 23/6/2023
	<i>Coordenadas</i>	N 40° 25' 06'' W007° 20' 49''	<i>Temperatura: 25°C</i>
<i>Mês de implantação</i>			<i>Precipitação: Não</i>
Operação 1: Corte de arvoredos/vegetação queimada numa faixa de 25 metros da rede viária			x
Operação 2: Corte de árvores direcionado; apoiados em cepos			
Operação 3: Entrançados de resíduos florestais em curva de nível			
Operação 5: Construção de pequenas obras de correção torrencial			
		Observação direta	Medição
<i>Estado de conservação da estrutura</i>		Bom	
<i>Material utilizado</i>		Vegetação queimada	
<i>Acumulação de sedimentos a montante</i>		Sim:	Não: x
		Tamanho	Fino: Médio: Grosso:
			Altura (m): Comprimento (m): Largura (m):
<i>Existência de fugas a jusante:</i>		Sim:	Não: x
<i>Regeneração / Desenvolvimento de vegetação</i>	<i>Árvores</i>	Sim: x	Não:
	Espécies: Acácia, Pinheiro		
	<i>Vegetação rasteira</i>	Sim: x	Não:
<i>Presença de espécies exóticas e invasoras</i>		Sim: x	Não:
<i>Necessidade de ações de limpeza/manutenção</i>		Sim:	Não: x
<i>Tipo de curso de água</i>		Efémero	
		Intermitente	
		Perene	
Operação 6: Corte e remoção de material vegetal arbóreo e arbustivo ardido			
<i>Evidência de algum processo erosivo inesperado</i>		Sim:	Não:
<i>Presença de sedimentos no leito</i>		Muitos	
		Médio	
		Poucos	
<i>Presença de vegetação no leito</i>		Muita	
		Médio	
		Pouca	
<i>Recuperação da galeria ripícola</i>			