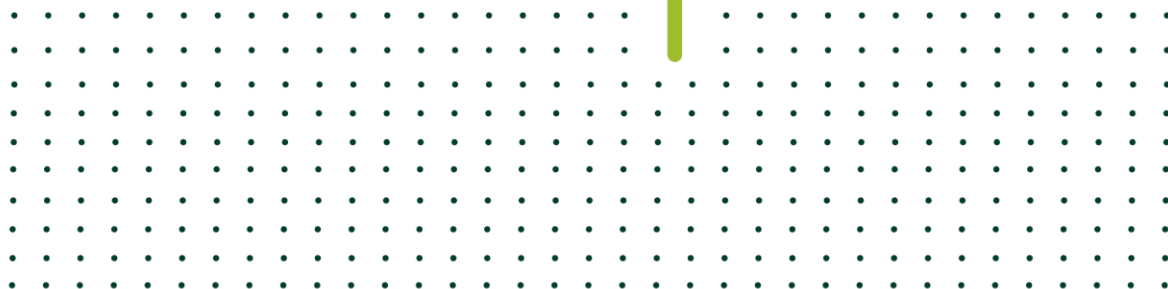


rePLANT



Resultados da amostragem e inventário de combustíveis

PPS 2 | Atividade 2.3 | Entregável E2.3.1

versão 1.1 | maio de 2023

utad UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO



www.replant.pt

grounding collaborative strategies for integrated mngt of forests & fire



Cofinanciado por:



Índice

1. Introdução	3
2. Metodologia	4
2.1. Seleção das áreas e locais de amostragem.....	4
2.2. Caraterização de contexto dos locais de amostragem	4
2.3. Descrição da vegetação e combustível nos locais de amostragem	6
2.3.1 Procedimentos de amostragem.....	6
2.3.2 Avaliação qualitativa do potencial de comportamento do fogo	8
2.3.3 Estimação dos descritores do complexo combustível	9
2.3.3.1 Descritores estruturais.....	9
2.3.3.2 Carga de combustível.....	10
3. Resultados	11
3.1. Distribuição da amostragem: geográfica e por tipo de vegetação	11
3.2. Variação nos descritores do complexo combustível	17
4. Conclusão	21
5. Referências bibliográficas	22

Autoria e aprovação

Autores:

UTAD: Dalila Lopes, Paulo Fernandes

Contribuíram para o documento (planeamento ou execução do trabalho de campo e/ou entrada de dados):

UTAD: Carlos Fernandes, Paulo Ventura

ForestWISE: Ana Magalhães, Mariana Amaro

E-REDES: Inês Lopes

Histórico do documento

v1.0 – 15/04/2023 – primeira versão do documento

v1.1 – 26/05/2023 – segunda versão do documento

Sumário

Este documento descreve as metodologias de campo e de processamento dos dados resultantes do inventário de combustíveis em troços da rede elétrica de média e elevada tensão. O trabalho incidu em 97 locais distribuídos por dez municípios de Portugal Continental (Braga, Valongo, Mogadouro, Góis, Alcobaça, Rio Maior, Alcácer do Sal, Nisa, Silves e Loulé). Os dados foram colhidos em pontos localizados sistematicamente ao longo de transeptos posicionados perpendicularmente ao eixo das faixas de gestão de combustível (FGC) e em pontos localizados no exterior da FGC. As variáveis avaliadas no campo descrevem a presença, espessura/altura e composição dos estratos de combustível de superfície (folhada, resíduos lenhosos, vegetação não lenhosa – herbáceas e fetos – e vegetação lenhosa – arbustos). O processamento desses dados conduziu a descritores estruturais do complexo combustível e à estimação da carga de combustível que podem ser usados em simulações das características de comportamento do fogo. Complementarmente, aplicou-se uma metodologia de classificação do comportamento potencial do fogo.

A quantificação das características do complexo combustível é apresentada sinteticamente através de estatísticas descritivas da distribuição. A respetiva variação é examinada em função do tempo de acumulação do combustível e contrastando os municípios alvo de amostragem. O aumento do perigo de incêndio ao longo do tempo é em geral bastante notório, especialmente depois do segundo ano pós-intervenção. É contudo muito variável, assinalando o importante efeito das condições biofísicas nos locais, sendo que a dinâmica observada varia com o estrato de combustível.

1. Introdução

Os incêndios florestais são um problema recorrente em Portugal, especialmente durante os meses de verão, quando as condições meteorológicas e o clima seco tornam o espaço florestal mais suscetível e vulnerável ao fogo, especialmente num quadro de alterações socioeconómicas contribuindo para extensas áreas florestais sem gestão florestal ativa (Beighley & Hyde, 2018). Acresce que o crescente investimento na supressão de incêndios, em detrimento da prevenção, tem contribuído para a acumulação de combustível, agravando conseqüentemente o perigo de incêndio (Moreira et al., 2020). A gestão de combustíveis e utilização de técnicas de silvicultura preventiva são assim essenciais para reduzir a probabilidade de ignição e de propagação do fogo e a sua intensidade, mitigando os impactes negativos.

Os incêndios rurais podem potencialmente danificar as infraestruturas de transporte e distribuição de eletricidade, as quais podem por sua vez dar origem a incêndios (Arab et al., 2021), especialmente sob condições meteorológicas extremas (Mitchell et al., 2013). Gerir a vegetação sob as infraestruturas e na sua vizinhança é, portanto, essencial, modificando a estrutura do complexo combustível, nomeadamente aumentando a descontinuidade horizontal e vertical e a compactação, e diminuindo a carga de combustível.

O planeamento adequado e preferencialmente otimizado das intervenções de gestão do combustível sob linhas de energia elétrica exige compreender a dinâmica do combustível após tratamento. Contudo, as recomendações técnicas e as práticas atuais, nomeadamente quanto à periodicidade das intervenções, não consideram a variabilidade inerente às diferenças induzidas pelo tipo de intervenção, vegetação, solo e clima. O conhecimento neste domínio em Portugal e na Europa é escasso e está limitado às dinâmicas subseqüentes à gestão de combustíveis em plantações de eucalipto (Mirra et al., 2017).

No âmbito do objetivo global de caracterização da dinâmica do combustível nas faixas de gestão de combustível (FGC) associadas à rede elétrica (Atividade 2.3 do PPS 2), este documento reporta os resultados dos inventários de campo e da análise dos dados obtidos, antecedendo o entregável E2.3.2 que caracterizará os padrões temporais de evolução do combustível e do comportamento do fogo.

2. Metodologia

2.1. Seleção das áreas e locais de amostragem

A seleção das áreas de amostragem foi efetuada em diálogo com a E-REDES e baseou-se essencialmente em critérios de abrangência e representatividade, procurando cobrir o essencial da variabilidade climática, edáfica e de tipos de vegetação florestal dominante no território continental.

Uma primeira etapa identificou 10 municípios distribuídos de norte a sul do país, em situação mais litoral ou mais interior (Figura 1). Dentro de cada município, procuraram-se selecionar cerca de 20 a 25 locais de amostragem, tendo presente a cartografia das linhas elétricas de média e alta tensão e usando como critério base a sua acessibilidade, verificada no Google Earth. Um segundo critério relevante seria o tempo decorrido desde a última intervenção, a fim de cobrir um intervalo temporal significativo. Contudo, não chegou a ser aplicado, porque em regra as FGC são intervencionadas a cada três anos. O plano de amostragem incluiu 234 locais no total, prevendo a possibilidade de ter que excluir uma parte destes locais no decurso do trabalho de campo.

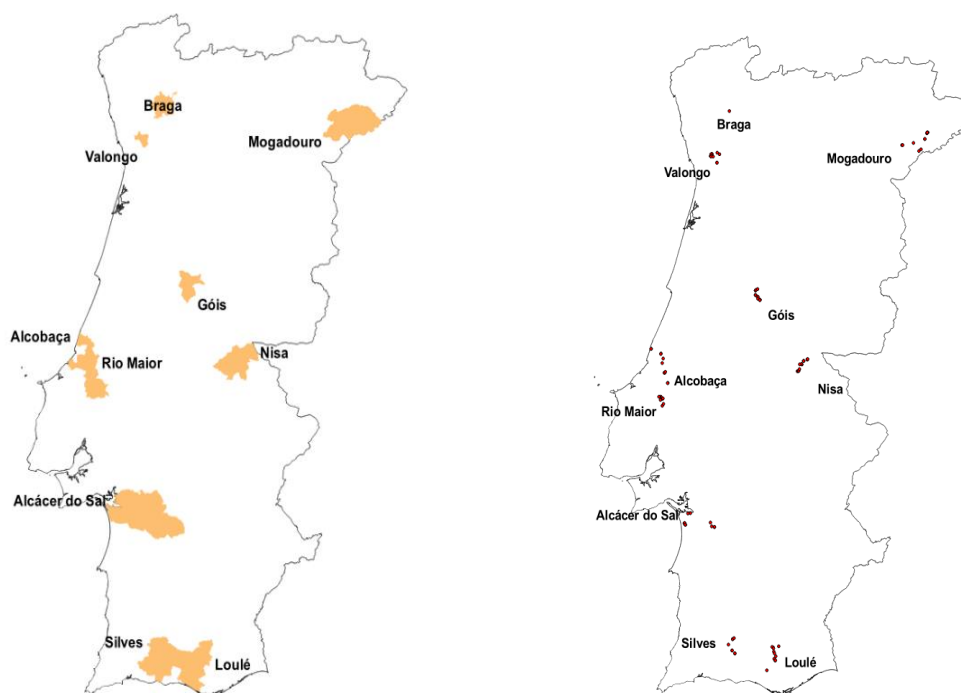


Figura 1. Municípios nos quais se procedeu a inventário de combustíveis em FGC da rede elétrica (mapa à esquerda) e localização dos locais de amostragem (mapa à direita).

2.2. Caracterização de contexto dos locais de amostragem

É expectável que a vegetação existente e em particular a carga e estrutura do complexo combustível variem muito em função do ambiente biofísico, que determina a produtividade vegetal. Cada local de amostragem foi descrito de acordo com características climáticas e litológicas prevalentes, a fim de

considerar o potencial efeito dessas influências, recorrendo às cartografias do índice ombrotérmico, disponível em

http://home.isa.utl.pt/~tmh/aboutme/Informacao_bioclimatologica.html)

e cartografia litológica (material parental do solo expresso em classes de riqueza-textura potencial), obtida em

http://home.isa.utl.pt/~tmh/aboutme/Outras_camadas_SIG.html

Para obter os valores por local de amostragem utilizou-se o software ArcGis.

A variação das variáveis biofísicas de contexto consta da Tabela 1. As áreas dos municípios das regiões Centro e Alentejo abrangeram litologias básica-pesada, siliciosa-pesada, siliciosa-ligeira e siliciosa-franca, na região Norte eram siliciosas pesadas ou francas e no Algarve siliciosa-pesada e básica-pesada. Em relação ao clima, as áreas do Norte e Centro contemplam os horizontes ombrotípicos húmido ou sub-húmido, sendo no Alentejo e Algarve do tipo sub-húmido ou seco.

Tabela 1. Variação na litologia, índice ombrotérmico e horizontes ombrotípicos dos locais de amostragem.

Município	Litologia	Índice ombrotérmico	Horizontes ombrotípicos
Alcácer do sal	siliciosa-pesada siliciosa-ligeira	3,073 - 3,210	seco superior
Alcobaça	básica-pesada siliciosa-pesada siliciosa-ligeira siliciosa-franca	4,789 - 5,537	sub-húmido superior
Braga	siliciosa-franca	11,203	húmido superior
Góis	siliciosa-pesada siliciosa-franca	6,304 - 10,288	húmido inferior húmido superior
Loulé	básica-pesada siliciosa-pesada	3,632 - 5,747	sub-húmido inferior sub-húmido superior
Mogadouro	siliciosa-pesada siliciosa-franca	4,843 - 6,731	sub-húmido superior húmido inferior
Nisa	siliciosa-pesada siliciosa-franca	3,180 - 4,519	seco superior sub-húmido inferior
Rio Maior	básica-pesada siliciosa-franca	4,599 - 5,942	sub-húmido superior
Silves	siliciosa-pesada	3,559 - 4,690	seco superior sub-húmido inferior
Valongo	siliciosa-pesada	8,854 - 9,609	húmido superior

2.3. Descrição da vegetação e combustível nos locais de amostragem

2.3.1 Procedimentos de amostragem

O trabalho de campo decorreu entre fevereiro e julho de 2022. A caracterização do complexo combustível, qualitativa e quantitativa, resultou da aplicação de técnicas de amostragem não destrutiva da vegetação, no interior e no exterior das FGC sob linhas elétricas de média e elevada tensão. Do tratamento posterior deste conjunto de informações resultaram todas as variáveis descritoras da estrutura e carga do complexo combustível, perigo de incêndio e comportamento do fogo.

Em cada local registou-se o tipo genérico de ocupação na FGC (floresta ou vegetação aberta), o complexo combustível predominante na FGC (folhada, resíduos lenhosos, herbáceo, fetos, arbustivo) e o tipo de vegetação na envolvente da faixa (floresta, definida pela(s) espécie(s) dominante(s); matos; ervas).

A data da última intervenção de redução do combustível na faixa foi fornecida pela E-REDES, a fim de determinar o tempo de acumulação (ou a “idade”) do combustível. Nos casos de omissão desta informação foi assumida a data obtida por análise das imagens disponíveis no Google Earth, informada quando necessário pelo ano para o qual estava planeada a intervenção. Para alguns locais foi possível determinar o tempo de acumulação do combustível no exterior da FGC, assumindo a data do último incêndio via base de dados espaciais de áreas ardidas do ICNF (https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo_tema5.html) ou, em eucaliptal, o ano da plantação (Google Earth).

Na FGC o combustível foi descrito ao longo de três transeptos paralelos e perpendiculares à faixa, na forma de fita métrica e distanciados 10 metros entre si (Figuras 2 e 3). As medições e avaliações fizeram-se em oito pontos por transepto (no interior da FGC), equidistantes (4 m), e em dois pontos no exterior da FGC, totalizando assim 30 pontos de amostragem por local. As extremidades dos transeptos definiram o primeiro e o último ponto de amostragem.



Figura 2. Representações alternativas do esquema de amostragem do complexo combustível.



Figura 3. Fita métrica em FGC ao longo da qual se amostrou o complexo combustível não destrutivamente.

Num raio de 5 cm de cada ponto de amostragem, definido pela inserção de um prego cavilha, registou-se a presença ou ausência dos vários estratos de combustível: folhada, herbáceo, fetos, arbustivo (vegetação lenhosa com altura até cinco metros) e resíduos lenhosos.

Em cada ponto de amostragem mediu-se a altura/espessura de cada estrato presente. Para avaliar a folhada (horizonte superficial não decomposto e subsuperficial em decomposição), o perfil do solo orgânico no ponto de amostragem foi exposto e a espessura da folhada foi medida com uma fita métrica graduada em milímetros. No caso dos estratos de vegetação, considerou-se a altura como a medida da distância entre o topo médio do estrato e o topo da folhada (Figura 15a, 15b e 15c). Estimou-se visualmente para o estrato arbustivo a percentagem de combustível morto, e identificaram-se as espécies presentes, pelo menos até ao género.

A avaliação do combustível no exterior da FGC incluiu as medições de altura realizadas nos pontos localizados na FGC, mas a avaliação de presença/ausência foi substituída pela avaliação visual da percentagem de solo coberto pelos estratos de combustível, usando a Figura 4 como auxiliar.



Figura 3. Exemplos de medição da altura dos estratos de combustível.

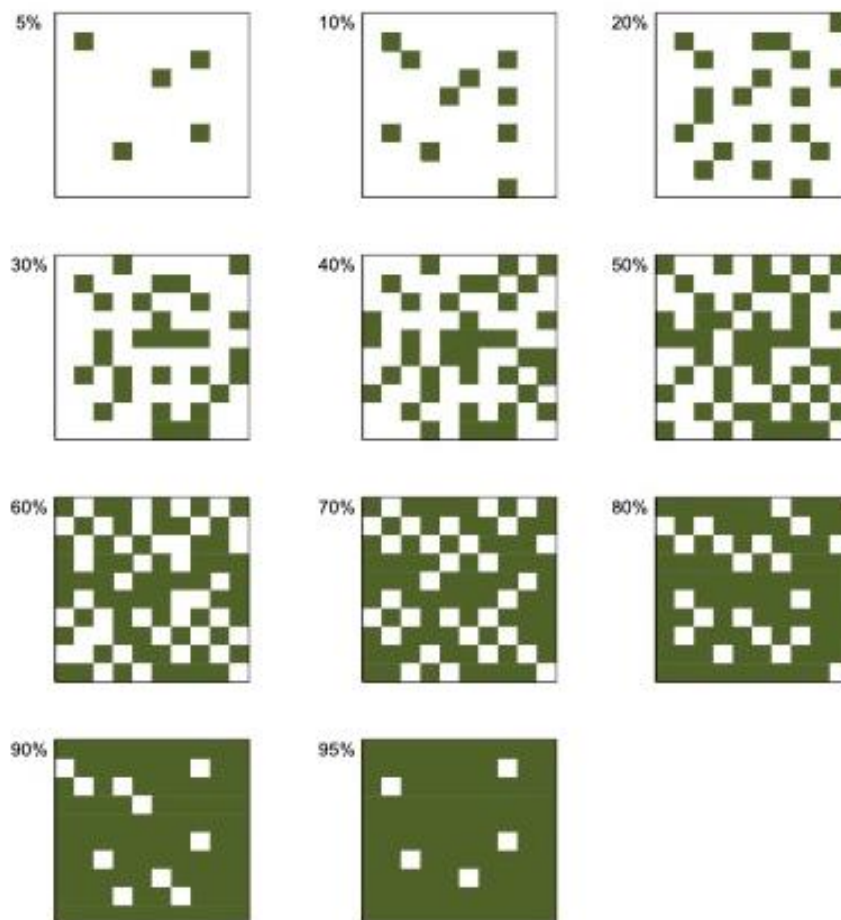


Figura 4. Avaliação visual da percentagem de solo coberta por arbustos.

2.3.2 Avaliação qualitativa do potencial de comportamento do fogo

Para efeitos de comparação do complexo combustível entre a FGC e o seu exterior, o perigo potencial de incêndio associado ao combustível foi descrito através da metodologia semi-qualitativa australiana (Gould et al., 2008). A cada estrato na FGC e na sua envolvente foram atribuídas uma de cinco pontuações (zero a quatro) com base em avaliação visual (Tabela 2), correspondendo a uma avaliação qualitativa do comportamento potencial do fogo. Esta metodologia considera a folhada, um estrato contíguo de combustível com orientação predominantemente horizontal (vegetação prostrada e seca, cascas), o estrato elevado (vegetação lenhosa ou não lenhosa com orientação vertical) e a casca nas árvores (apenas considerada para eucaliptos). As pontuações foram convertidas em classes (nulo a extremo) e os vários estratos combinados para determinação de uma classificação global de perigo de acordo com Hines et al. (2010).

Tabela 2. Relação entre as características descritivas de cada estrato de combustível e as pontuações a atribuir no sistema australiano de avaliação do perigo de incêndio associado à vegetação.

Combustível de superfície (Folhada)			
Classe de perigo	Descrição	Score	Espessura (mm)
Nulo	Folhada ausente, solo nú	0	-
Reduzido	Folhada muito fina, sem decomposição, descontínua	1	<10
Moderado	Folhada fina, sem decomposição, contínua	2	10-20
Elevado	Folhada consistente, contínua, com decomposição	3	15-25
Mto. Elevado	Folhada espessa, contínua, com decomposição, possivelmente com húmus	3.5	15-25
Extremo	Folhada muito espessa e contínua com húmus	4	>25

* Combustível morto sobre o solo. Componentes com orientação horizontal predominante.

*Combustível contíguo à superfície		
Classe de perigo	Descrição	Score
Nulo	Ausente	0
Reduzido	Esparso e disperso, material morto praticamente ausente	1
Moderado	Dispersos, <20% morto	2
Elevado	Escondem parcialmente rochas e troncos, 20-50% morto	3
Mto. Elevado	40-60% coberto, 20-50% morto	3.5
Extremo	Enorme quantidade, >50% morto, vegetação senescente, troncos e rochas totalmente escondidos	4

* Ervas e arbustos baixos e sub-bosque prostrado que geralmente inclui folhas, ramos e cascas de árvores suspensas. Copa arbustiva morta. Altura pode exceder 1 m. Orientação dos componentes é variada.

Combustível elevado			
Classe de perigo	Descrição	% morto	Score
Nulo	Ausente	-	0
Reduzido	Esparso e disperso	<5	1
Moderado	Esparso e disperso, ocasionalmente roça nas pernas	<20	2
Elevado	Arbustos dispersos ou verdes, pouco combustível fino na base	10-30	3
Mto. Elevado	Difícil caminhar, material morto com boa continuidade vertical	>20	3.5
Extremo	Difícil caminhar, material morto com continuidade vertical desde o solo	>30	4

* Arbustos altos e outra vegetação do sub-bosque. Material suspenso pouco significativo. Orientação dos componentes (mortos e vivos) é predominantemente vertical.

Combustível da casca		
Classe de perigo	Descrição	Score
Reduzido	Ausente	0
Moderado	Casca em tiras curtas	1
Elevado	Casca em tiras longas	2
Mto. Elevado	Casca em tiras longas e soltas	3

* Casca no tronco e ramos

2.3.3 Estimação dos descritores do complexo combustível

2.3.3.1 Descritores estruturais

Em cada local de amostragem estimaram-se para a FGC e para o seu exterior as médias de três descritores da estrutura do complexo combustível úteis para fins de avaliação e monitorização da dinâmica do combustível e do perigo de incêndio ou mesmo para a predição do comportamento do fogo:

- Coberto (%) dos estratos de vegetação (soma dos estratos herbáceo, fetos e arbustos) na escala 0-100%, ou seja, não considerando sobreposição de estratos;
- altura média da vegetação (cm), a altura combinada dos vários estratos ponderada pelos respetivos cobertos e não considerando sobreposições, isto é, usando no cálculo o estrato mais alto num determinado ponto;
- fitovolume, resultante do coberto e altura média à escala do hectare ($m^3 ha^{-1}$).

Adicionalmente, estimou-se o fitovolume de cada um dos estratos para efeitos de estimação da carga de combustível por estrato.

2.3.3.2 Carga de combustível

As cargas de combustível foram estimadas para cada um dos estratos por multiplicação do volume do estrato pela sua massa volúmica, a concentração de combustível (peso seco) por unidade de volume:

$$W = \frac{\rho_b V}{1000} \quad (1)$$

sendo W a carga de combustível ($t \text{ ha}^{-1}$), ρ_b a massa volúmica (kg m^{-3}) e v o volume ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Os cálculos foram efetuados para cada um dos pontos de amostragem e posteriormente obtida a média por local, individualizando a FGC do seu entorno. Dependendo da disponibilidade de informação publicada, utilizaram-se massas volúmicas constantes ou dependentes não linearmente da altura da vegetação, recorrendo a compilações utilizadas em outros trabalhos para as várias espécies ou agrupamentos de espécies similares (Fernandes, 2009; Mirra et al., 2017; Fernandes et al., 2019).

A carga total de combustível calculou-se como a soma das cargas de cada estrato. A estimação da carga de combustível considerou a componente fina da biomassa, por convenção inferior a 6 mm de diâmetro ou espessura, ou a sua soma com os resíduos lenhosos sobre o solo, assumida como sendo a carga total de combustível. Biomassa viva de maior calibre não contribui para a propagação da frente de chamas.

3. Resultados

3.1. Distribuição da amostragem: geográfica e por tipo de vegetação

O número total de FGC amostradas em cada município representou apenas 41,5% do número de locais identificados na fase de planeamento (Tabela 3). Os grandes motivos para a exclusão *in situ* de locais a inventariar foram a ausência de faixa (40,9%) ou a sua inacessibilidade (42,3%), por motivos variados, nomeadamente a existência de cercas. Noutros casos verificou-se redundância entre locais próximos ou conversão para outros usos do solo.

Tabela 3. Amostragem de FGC em cada município: número de locais planeados e executados.

Município	Planeado	Executado
Alcácer do sal	16	10
Alcobaça	16	9
Braga	15	1
Góis	24	12
Loulé	8	11
Mogadouro	15	11
Nisa	6	14
Rio Maior	14	10
Silves	13	8
Valongo	10	11

As principais ocupações florestais nacionais estão bem representadas na amostragem (Tabela 4), à exceção da azinheira (ausente). Verifica-se alguma sobre-representação do eucalipto, sendo pronunciada no caso do pinhal manso, o que se deve à sua preponderância em Alcácer do Sal. Pelo contrário, o pinhal bravo e, mais significativamente, o montado de sobro, estão sub-representados na amostra.

Tabela 4. Distribuição das FGC amostradas por tipo de vegetação envolvente.

Tipo	% do total
euc	36,08
mato	19,59
pbravo	15,46
sobr	9,28
pmans	8,25
pbravo+euc	4,12
euc+pbravo	2,06
euc+pmanso	1,03
euc+sobr	1,03
pbravo+mato	1,03
pbravo+pmans	1,03
sobr+pmans	1,03

As Figuras 5 a 14 ilustram as FGC associadas à rede elétrica e avaliadas em cada município.



Figura 5. FGC avaliadas em Braga.



Figura 6. FGC avaliadas em Valongo.



Figura 7. FGC avaliadas em Mogadouro.



Figura 8. FGC avaliadas em Silves.



Figura 9. FGC avaliadas em Loulé.



Figura 10. FGC avaliadas em Alcácer do Sal.



Figura 11. FGC avaliadas em Alcobaça.



Figura 12. FGC avaliadas em Nisa.



Figura 13. FGC avaliadas em Rio Maior.



Figura 14. FGC avaliadas em Góis.

3.2. Variação nos descritores do complexo combustível

O propósito desta secção é reportar as tendências genéricas de variação nas características do combustível, nomeadamente em relação ao tempo desde tratamento e à localização geográfica (município).

Os dados foram distribuídos por três classes de tempo desde a intervenção, <3 anos, 3-5 anos e 6 ou mais anos, sendo que os resultados são mais sólidos e representativos no caso da primeira classe, porque inclui 66,7% do número total de observações. A primeira constatação (Figuras 15 a 19) é a enorme variação que é possível dentro de cada classe, evidenciando a influência de fatores adicionais.

Os estratos com orientação horizontal, folhada e resíduos lenhosos, não apresentam padrões temporais consistentes entre si (Figura 15). A cobertura de folhada aumenta menos ao longo do tempo do que a sua espessura, ao contrário do que sucede com os resíduos lenhosos.

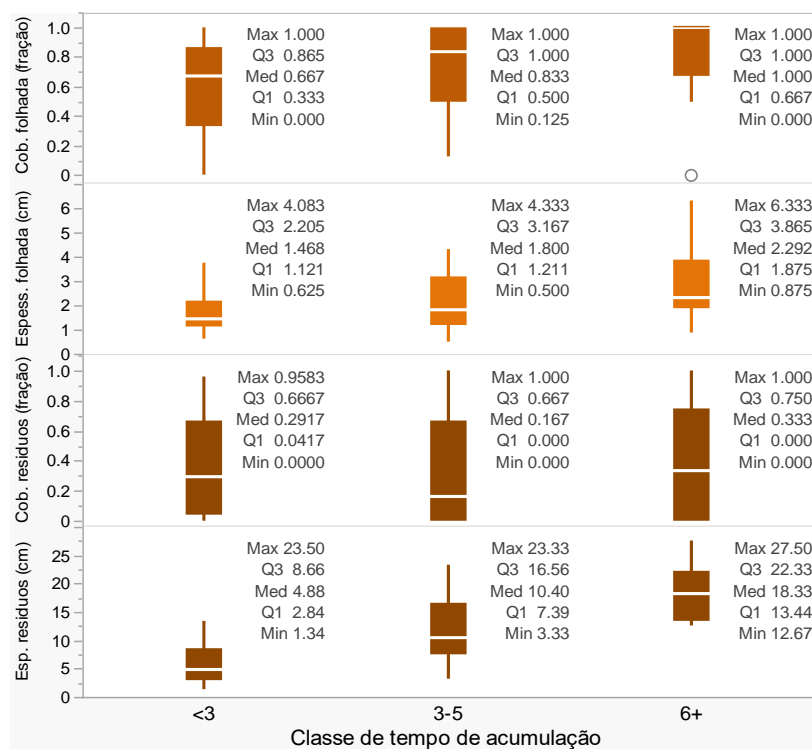


Figura 15. Gráficos de caixa para o coberto e espessura/altura dos estratos de folhada e resíduos lenhosos em função de classes do tempo (anos) de acumulação nas FGC e no seu entorno. Max = máximo; Q3 = 3º quartil; Med = mediana; Q1 = 1º quartil; Min = mínimo.

Os estratos herbáceo e arbustivo apresentam dinâmicas temporais distintas (Figura 16). O primeiro difere pouco em estrutura entre a classe <3 anos e a classe 3-5 anos, com variação bastante mais acentuada na segunda classe, e perde importância na terceira fase, o que é consistente com o “fechar” da vegetação à medida que aumenta o tempo desde a perturbação. O coberto e altura do estrato arbustivo são notoriamente inferiores durante a fase inicial, mas a sua ocupação espacial recupera rapidamente (pouca diferença entre a segunda e a terceira fase), ao contrário do crescimento em altura, que prossegue. Contudo, a vegetação como um todo exibe padrões temporais de desenvolvimento estrutural mais vincados (Figura 17).

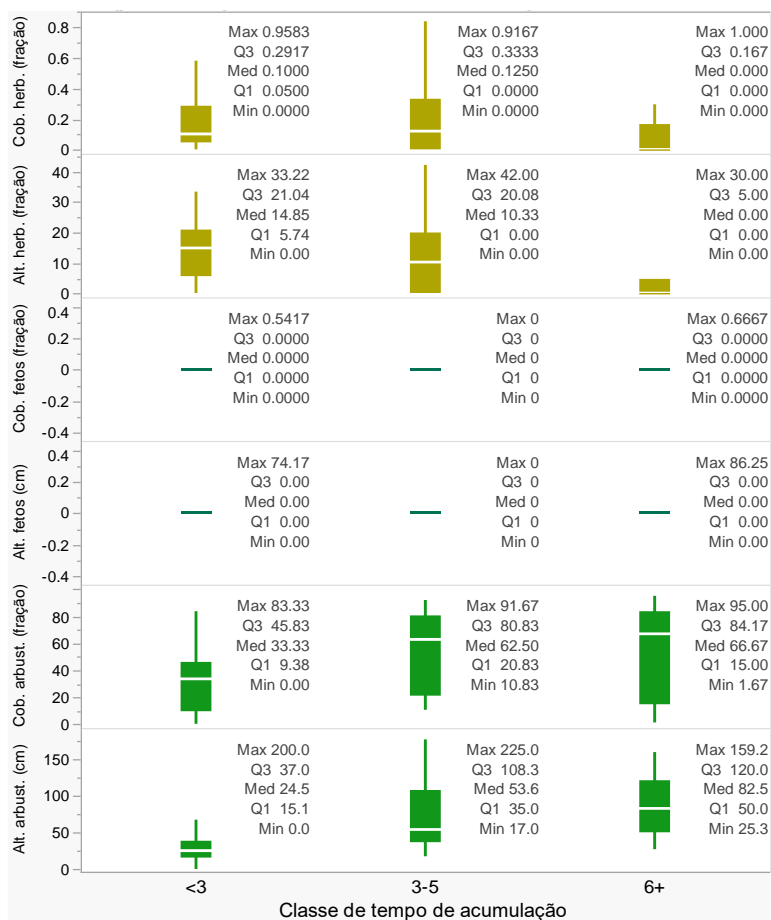


Figura 16. Gráficos de caixa para o coberto e altura dos estratos de vegetação em função de classes do tempo (anos) de acumulação nas FGC e no seu entorno.

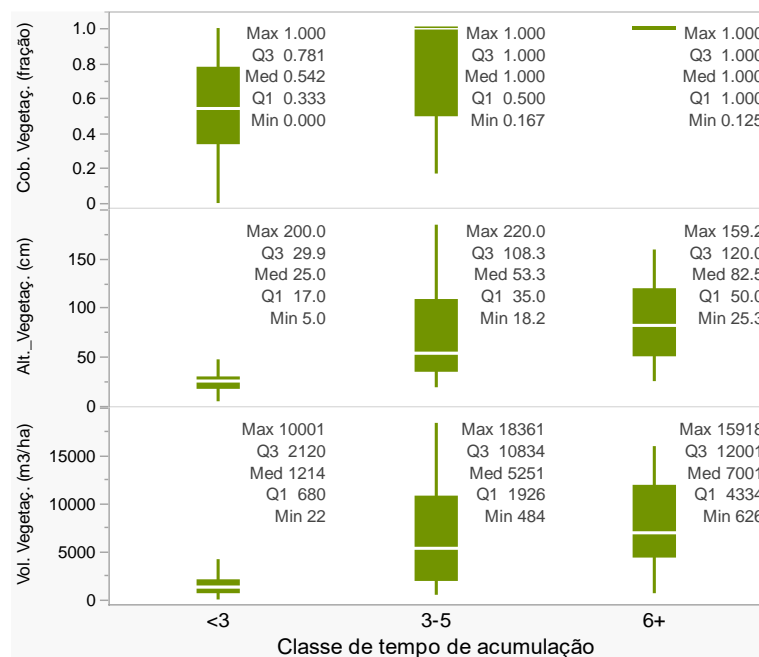


Figura 17. Gráficos de caixa para o coberto, altura e volume globais da vegetação em função de classes do tempo (anos) de acumulação nas FGC e no seu entorno.

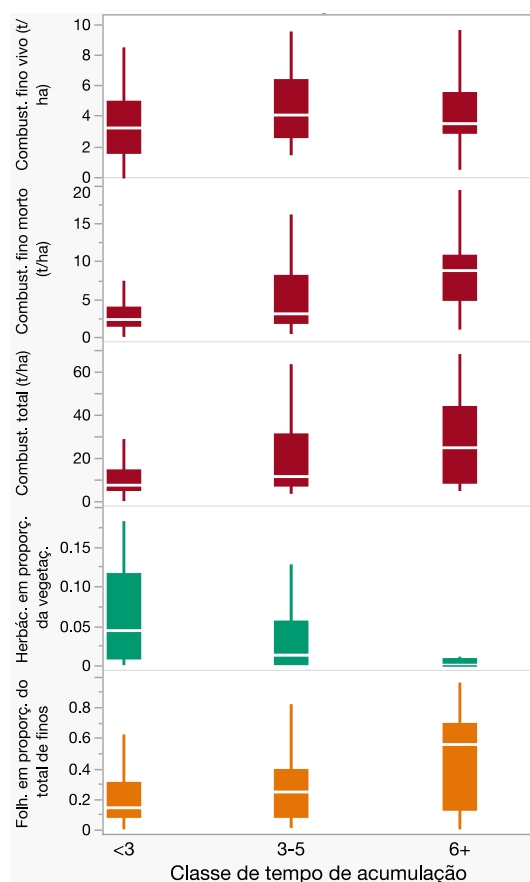


Figura 18. Gráficos de caixa para as cargas de combustível fino vivo, fino morto e total, e para as proporções de herbáceas relativamente à carga total de vegetação e de folhada relativamente à carga total de combustível fino, representadas em função de classes do tempo (anos) de acumulação nas FGC e no seu entorno.

Nos dois primeiros anos após tratamento as cargas de combustível fino e total, como expectável, são menores, ainda que a diferença entre as classes <3 anos e 3-5 anos se faça sentir mais na componente do combustível morto do que na do combustível vivo (Figura 18). São também evidentes as alterações na composição relativa do combustível, com as frações herbácea (relativamente à vegetação total) e de folhada (relativamente à carga total de combustível fino) seguindo padrões opostos, respetivamente de diminuição e aumento ao longo do tempo.

A Figura 19 evidencia resultados de volume e carga de combustível muito distintos entre municípios, em que Alcobaça, Rio Maior e Nisa se destacam dos demais. Dada a modesta intensidade de amostragem e a magnitude das diferenças observadas, a explicação residirá muito mais nas influências locais do que nas diferenças entre municípios.

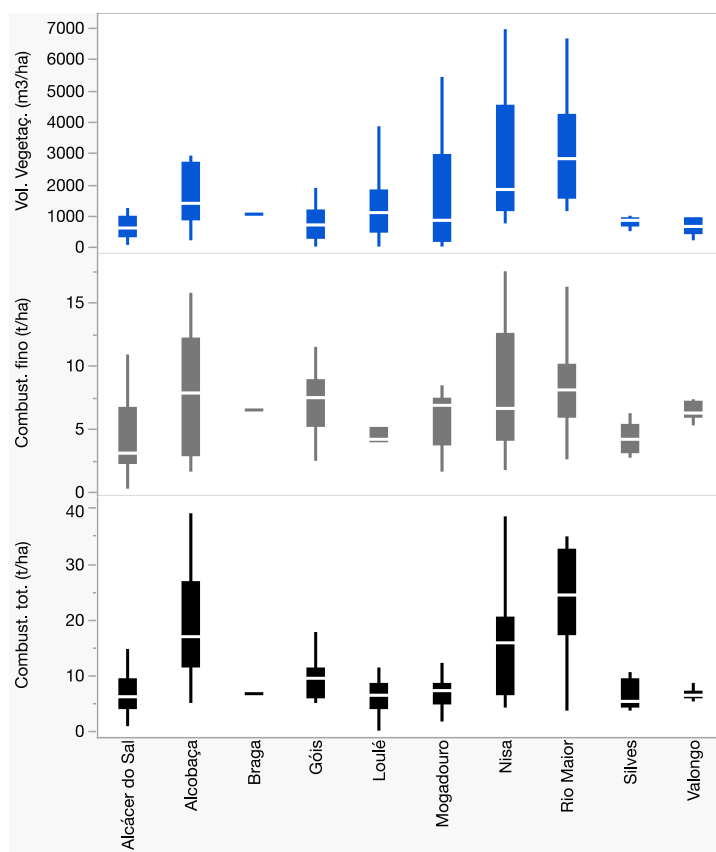


Figura 19. Gráficos de caixa para o volume de vegetação e cargas de combustível fino e combustível total nas FGC para cada um dos municípios alvo de amostragem.

4. Conclusão

O esforço de amostragem não destrutiva nas FGC associadas à rede elétrica de média e alta tensão permitiu caracterizar a altura, volume e carga dos vários estratos à escala local. A base de dados correspondente, e cujos resultados se apresentaram aqui sinteticamente, será analisada no sentido de responder às questões de fundo da Atividade 2.3, respostas essas que se espera que venham a melhorar a racionalidade das práticas de gestão de combustíveis.

Ficou patente a enorme variabilidade estrutural da vegetação, presumivelmente induzida por influências variadas e que não se restringem ao tempo decorrido desde a intervenção. As mais determinantes serão a produtividade vegetal, tal como determinada pelo clima e solo, e a composição florística da vegetação. A capacidade de explicar a variabilidade observada aparenta ser limitada, o que será clarificado pelo entregável E2.3.2. Apesar do número de locais amostrados (n=97) ter ficado aquém do plano inicial é provável que um maior esforço de amostragem não melhorasse essa capacidade apreciavelmente, julgando pelos resultados de estudos de dinâmica do combustível efetuados anteriormente em Portugal (Rosa et al., 2011; Botequim et al., 2015; Mirra et al., 2017).

5. Referências bibliográficas

- Arab, A., Khodaei, A., Eskandarpour, R., Thompson, M. P., & Wei, Y. 2021. Three lines of defense for wildfire risk management in electric power grids: A review. *IEEE Access*, 9, 61577-61593.
- Beighley, M., Hyde, A.C. 2018. *Gestão dos Incêndios Florestais em Portugal numa Nova Era. Avaliação dos Riscos de Incêndio, Recursos e Reformas*. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Botequim, B., Zubizarreta-Gerendiain, A., Garcia-Gonzalo, J., Silva, A., Marques, S., Fernandes, P.M., ... & Tome, M. 2015. A model of shrub biomass accumulation as a tool to support management of Portuguese forests. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(2), 114.
- Fernandes, P. M. 2009. Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal. *Annals of Forest Science*, 66(4), 1-9.
- Fernandes, P.M., Guiomar, N., & Rossa, C.G. 2019. Analysing eucalypt expansion in Portugal as a fire-regime modifier. *Science of the total environment*, 666, 79-88.
- Gould, J.S., McCaw, W.L., Cheney, N.P., Ellis, P.F., & Matthews, S. 2008. *Field guide: fire in dry eucalypt forest: fuel assessment and fire behaviour prediction in dry eucalypt forest*. CSIRO Publishing.
- Hines, F., Hines, F., Tolhurst, K.G., Wilson, A.A., & McCarthy, G.J. (2010). *Overall fuel hazard assessment guide*. Melbourne: Victorian Government, Department of Sustainability and Environment.
- Mirra, I.M., Oliveira, T.M., Barros, A.M., & Fernandes, P.M. 2017. Fuel dynamics following fire hazard reduction treatments in blue gum (*Eucalyptus globulus*) plantations in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 398, 185-195.
- Mitchell, J.W. (2013). Power line failures and catastrophic wildfires under extreme weather conditions. *Engineering Failure Analysis*, 35, 726-735.
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M. C., Catry, F. X., Armesto, J., Bond, W., González, M. E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J. G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoğlu, C., Vallejo, V. R., ... Fernandes, P. M. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001.
- Rosa, I.M.D., Pereira, J.M.C., & Tarantola, S. 2011. Atmospheric emissions from vegetation fires in Portugal (1990–2008): estimates, uncertainty analysis, and sensitivity analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(6), 2625-2640.