

António Vieira
António Bento-Gonçalves

EROSÃO DOS SOLOS EM ÁREAS ARDIDAS NO NOROESTE DE PORTUGAL



LIVRO GUIA DE APOIO À VISITA DE ESTUDO DO
III SEMINÁRIO DA REDE INCÊNDIOS-SOLO



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

Guimarães
2024

António Vieira
António Bento-Gonçalves

**EROSÃO DOS SOLOS EM ÁREAS ARDIDAS
NO NOROESTE DE PORTUGAL**

**LIVRO GUIA DE APOIO À VISITA DE ESTUDO DO
III SEMINÁRIO DA REDE INCÊNDIOS-SOLO**

III Seminário da Rede Incêndios-Solo



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA



THE
NAVIGATOR
C O M P A N Y

Ficha Técnica / Edition Notice:

Título: Erosão dos solos em áreas ardidas no noroeste de Portugal.

Livro guia de apoio à visita de estudo do III Seminário da Rede Incêndios-Solo

Propriedade e Edição: RISCOS® - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra
Largo da Porta Férrea
3004-530 Coimbra

Orientação de: António Vieira e António Bento-Gonçalves

Paginação e arranjos gráfico: Fernando Félix

Capa: Área afetada por incêndio em setembro de 2024, junto a Barbosa, Moreira de Rei (Município de Fafe) (Fotografia de António Vieira)

Verso da capa: Medidas de emergência implementadas após o incêndio de setembro de 2024, junto a Queimadela (Município de Fafe) (Fotografia de António Vieira)

Impressão e Acabamentos: Impressões de Coimbra

Tiragem / Edição: 50 exemplares

ISBN digital: 978-989-9053-24-3

Coimbra

Novembro de 2024

PERCURSO E HORÁRIO

- 08:30 – Saída de Guimarães (Universidade do Minho – fig. 1)
Departure from Guimarães (University of Minho – fig. 1)
- 09:00 – 10:00 Paragem 1 – Picoto, Braga
Stop 1 – Picoto, Braga
- 10:15 – 11:30 Paragem 2 – Falperra e Sameiro, Braga
Stop 2 – Falperra and Sameiro, Braga
- 11:45 – 13:00 Paragem 3 – Penha, Guimarães
Stop 3 – Penha, Guimarães
- 13:00 - 14:30 – Guimarães (Paragem técnica para almoço)
Guimarães (Technical stop for lunch)
- 14:50 – 16:20 Paragem 4 – Vila Pouca, Fafe
Stop 4 – Vila Pouca, Fafe
- 16:30 – 17:00 Paragem 5 – Várzea Cova, Fafe
Stop 5 – Várzea Cova, Fafe
- 17:15 – 17:45 Paragem 6 – Queimadela, Fafe
Stop 6 – Queimadela, Fafe
- 18:15 – Chegada a Guimarães
Arrival in Guimarães

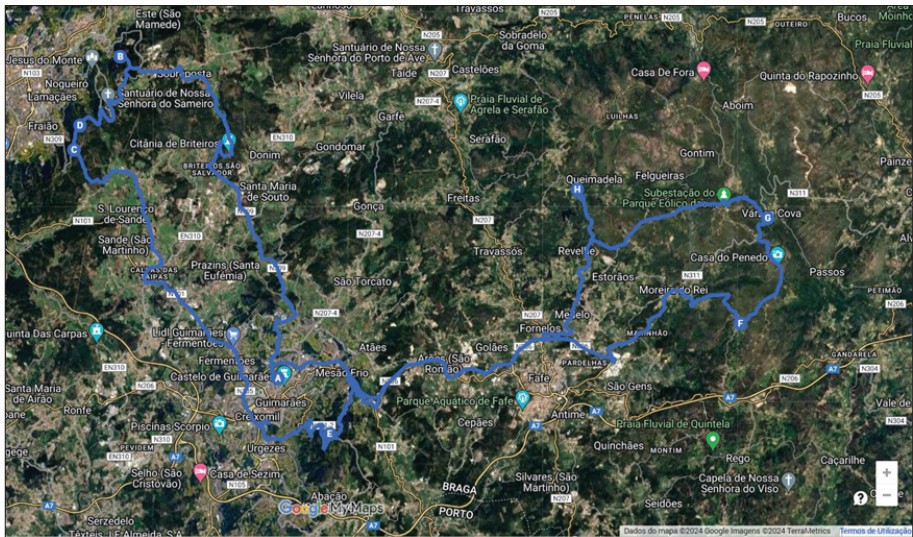


Fig. 1 – Mapa do percurso a realizar (Fonte *Google Maps*).

INTRODUÇÃO

A visita de estudo a áreas florestais da região dos vales do Cávado e do Ave, no Noroeste de Portugal, tem como objetivo a observação e análise de alguns fenómenos erosivos atuais ocorridos em áreas afetadas por incêndios florestais.

O presente texto constitui um instrumento de trabalho e de auxílio à visita, desenvolvida no âmbito do III Simpósio da Rede Incêndios-Solo (RIS), organizado pela RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, pelo Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade e pelo Departamento de Geografia da Universidade do Minho, e será orientada pelos Professores António Vieira e António Bento Gonçalves, do Departamento de Geografia da Universidade do Minho.

O itinerário elaborado para esta viagem, a decorrer no dia 29 de novembro de 2024, propõe-nos uma visita pelas belas e características paisagens do Noroeste de Portugal, permitindo-nos a discussão de um conjunto de temas de carácter geográfico relacionados com os riscos naturais e especificamente com dinâmicas erosivas e de degradação dos solos em áreas afetadas por incêndios florestais, algumas localizadas em áreas de interface urbano-florestal.

O Noroeste de Portugal, à semelhança de parte significativa do território nacional, é frequentemente afetado por um significativo número de incêndios florestais, vindo-se a verificar um acréscimo na ocorrência de grandes incêndios, como se verificou em 2017, ano dos fatídicos incêndios de Pedrógão Grande, de Oliveira do Hospital e Pampilhosa da Serra, onde se perderam mais de 100 vidas humanas, encurraladas por incêndios extremos, em apenas dois dias, 17 de junho (66 pessoas) e 15 de outubro (45 pessoas), antes e depois da chamada época “normal” dos incêndios. O grande incêndio florestal de Braga, que teve início no dia 12 de outubro, no município de Guimarães (Leitões), e que entrou no concelho de Braga no dia 15 de outubro, queimou 1007 hectares (967 hectares de povoamentos e 40 hectares de matos), numa área onde predominavam eucaliptos, mas com uma mancha significativa de carvalhos e sobreiros, e desprotegeu a declivosa e desordenada interface urbano-florestal da cidade de Braga. Estes e outros aspetos relacionados com os riscos presentes neste território serão objeto de visita, analisando-se não só os impactes diretos sobre a floresta e infraestruturas antrópicas, mas também sobre os solos, elemento fundamental para a recuperação da vegetação e garante da regeneração da paisagem. Num segundo local de visita teremos oportunidade de observar uma

propriedade com gestão particular, correspondente ao espaço da Irmandade da Penha, em Guimarães, e que tem vindo a ser um exemplo de adequada gestão florestal.

Por fim, iremos visitar áreas afetadas pelos incêndios de setembro deste ano, no município de Fafe, tendo oportunidade de observar a extensa área afetada, os impactes nos solos e algumas medidas de emergência implementadas pelo referido município.

1. Breve caracterização do Noroeste de Portugal¹

O Noroeste de Portugal corresponde a um território limitado a norte pelo rio Minho (e fronteira com Espanha, mais para o interior), a sul pelo rio Douro e a oeste pelo oceano Atlântico. O limite oriental é definido, grosseiramente, pelo alinhamento montanhoso que se estende desde a Serra do Larouco (a norte) até à Serra do Marão (mais a Sul), limitado pelo desligamento tardi-hercínico Verín-Régua. De facto, este elemento morfo-estrutural estabelece uma diferenciação bem marcada (quer a nível geomorfológico, quer climático, quer da distribuição da vegetação e do próprio uso do solo) entre o noroeste e o interior norte de Portugal, correspondente à região de Trás-os-Montes.

Este território integra os distritos de Viana do Castelo, Braga, Porto e ainda alguns municípios do distrito de Vila Real.

Considerando a divisão administrativa, corresponde a um território que abrange uma área de aproximadamente 9.369 Km², integrando cerca de 45 municípios (total ou parcialmente) e 7 unidades territoriais de nível III (NUTSIII), nomeadamente o Alto Minho, o Cávado, o Ave e, parcialmente, o Tâmega e Sousa, a Área Metropolitana do Porto, o Alto Tâmega e o Douro (fig. 2).

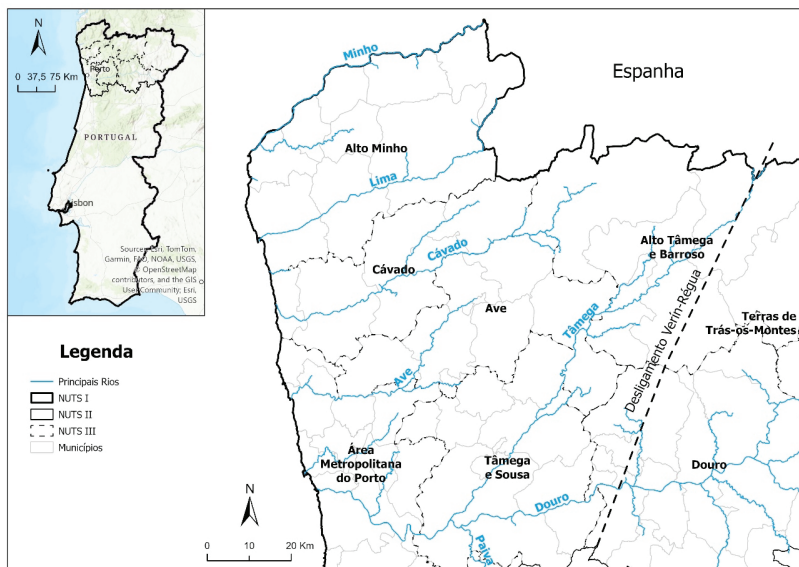


Fig. 2 - Localização do Noroeste de Portugal e divisão administrativa.

¹ A elaboração deste ponto baseou-se, parcialmente, nos seguintes trabalhos: Vieira *et al.*, 2011; Bento-Gonçalves *et al.*, 2014; Bento-Gonçalves *et al.*, 2016.

1.1. O relevo

No que diz respeito ao quadro físico, este território apresenta características bastante específicas, quer no que diz respeito à configuração do relevo e dinâmicas hidromorfológicas associadas, quer do ponto de vista climático e de distribuição da vegetação, criando paisagens bastante peculiares e cruzando-se com uma ocupação antrópica do território muito própria e distinta do resto do território nacional, muito em virtude dos condicionalismos físicos aqui existentes.

No que diz respeito à orografia desta região, observa-se um vincado contraste entre o litoral e o interior. O relevo apresenta-se escalonado de oeste para este, chegando a “erguer-se” dos 0 aos 1500 metros (1544 metros na serra do Gerês) em menos de 70 quilómetros (fig. 3). O setor oriental apresenta as maiores altitudes, identificando-se as serras da Peneda, Amarela, Gerês, Larouco, Barroso, Cabreira, Alvão e Marão, formando, de norte para sul, um conjunto montanhoso que confere ao território o aspeto de “*um anfiteatro voltado para o mar*” (Ribeiro, 1986). Com efeito, a morfologia sugere um “*anfiteatro*”, já que corresponde a uma sequência de relevos cada vez mais elevados, em direção a este, às principais montanhas do Noroeste de Portugal: Serra da Peneda (1416 metros), Serra Amarela (1335 metros), Serra do Gerês (1544 metros), Serra da Cabreira (1262 metros).

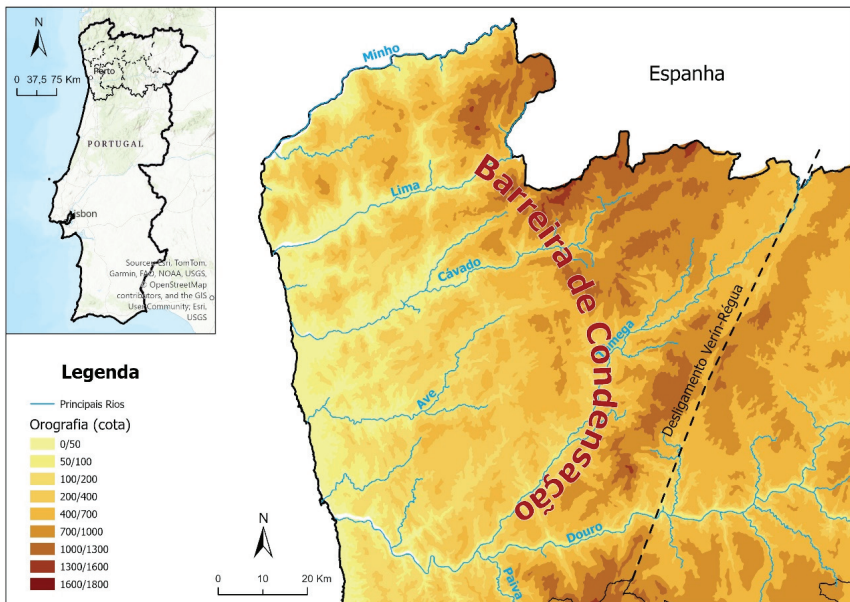


Fig. 3 - Relevo e principais rios do Noroeste de Portugal.

Os principais rios (Minho, Lima, Cavado e Ave), como referem Lema e Rebelo (1996), apresentam uma direção “bética” (ENE-WSW) e caracterizam-se por correrem em vales muito largos e abertos, junto ao litoral, e em vales muito profundos e estreitos nas áreas montanhosas, áreas essas não muito distantes do litoral.

Não admira, pois, que as montanhas mais importantes se encontrem separadas pelos vales profundos dos principais rios que drenam o Noroeste português.

A paisagem é marcada, ora por vertentes abruptas, com perfil rígido, ora por vertentes com grande blocos e bolas graníticas que escaparam à arenização e ainda por mantos de alteração (as “arenas”) que “[...] *cobrem quase todas as vertentes das bacias inferiores dos principais rios desde a saída dos grandes maciços montanhosos até às regiões litorais*” (Braga, 1988).

A originalidade do relevo desta região reside, segundo Ferreira (1983), na fisionomia dos seus vales principais que, “[...] *sensivelmente paralelos, de direção NE-SW e ENE-WSW, são muito largos a jusante, com fundo plano e vertentes abruptas, características que se vão atenuando para Leste, mas que só desaparecem no sopé ocidental das mais altas montanhas do interior desde a Peneda ao Marão, onde os rios correm apertados em vales muito profundas*” (fig. 3).

A erosão hídrica, dum modo geral, é um problema importante nesta região. Segundo o LNEC (1985), as bacias hidrográficas desta região estão, na sua maior parte, localizadas numa zona considerada de “*baixa erosão hídrica atual e potencial*”, com exceção das zonas montanhosas das cabeceiras, que representam áreas de “*elevada erosão atual*”. A forte pluviosidade e o relevo das cabeceiras são os principais responsáveis pelos valores que se estimam para estas zonas. A produção de sedimentos atingirá as 800 toneladas/km²/ano, na parte superior destas bacias, descendo para valores da ordem das 200 a 500 toneladas/km²/ano nas regiões de transição para o litoral, que são, simultaneamente, dos valores mais altos que ocorrem em Portugal Continental (LNEC, 1985).

Assim, o relevo do Noroeste de Portugal, para além do condicionamento climático atual, apresenta marcas de climas anteriores, fruto das grandes oscilações climáticas ao longo dos tempos geológicos. No entanto, o cunho mais vincado, é-lhe imprimido pela geologia e pela tectónica.

1.2. Geologia²

Do ponto de vista litológico, a região do Noroeste de Portugal é caracterizada pelo predomínio das rochas graníticas, quartzitos, xistos e diversas rochas afins destas, encontrando-se ainda formações de cobertura do Holocénico (aluviões) e do Plio-Plistocénico (terraços fluviais) (fig. 4).

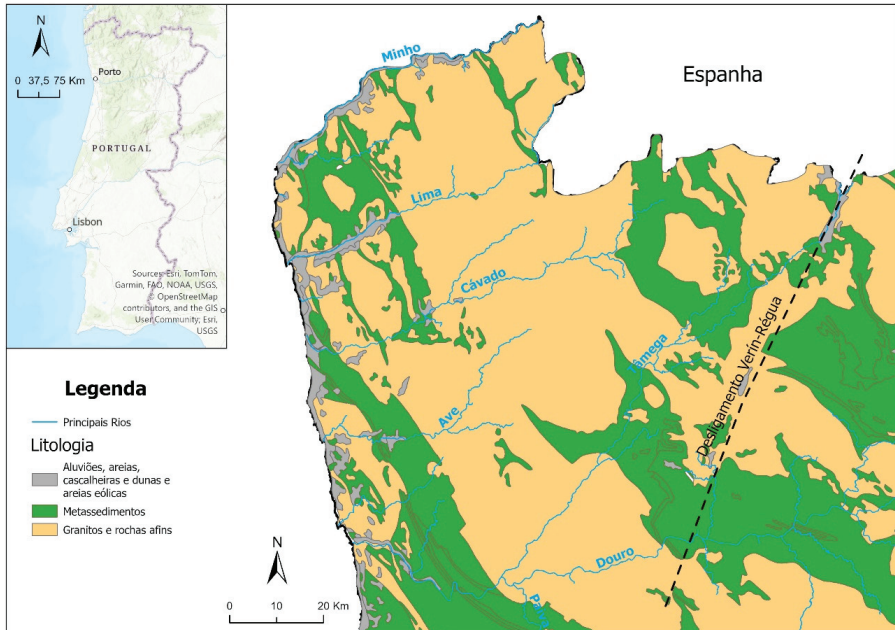


Fig. 4 - Carta geológica simplificada do Noroeste de Portugal.

Os afloramentos de rochas ígneas estão distribuídos abundantemente por todo o Noroeste. São essencialmente rochas pertencentes ao grande maciço granítico do Minho e das Beiras, existindo ainda uma pequena zona designada por “Granito do Porto”. Predominam os granitos calco-alcalinos de grão grosseiro, porfiróide, mas ocorrem frequentes diferenciações quer texturais, quer composicionais. Estas rochas correspondem a Granitos sin-orogénicos e tardi a pós-orogénicos (Ferreira *et al.*, 1987), cuja instalação se ficou a dever aos movimentos hercínios, do final da era Primária. Refira-se, no entanto,

² A caracterização geológica teve como fonte, essencialmente, a análise das folhas da Carta Geológica de Portugal (escala 1/50.000) 5-C (Barcelos), 5-D (Braga), 6-C (Cabeceiras de Basto), 9-A (Póvoa de Varzim), 9-B (Guimarães), 10-A (Celorico de Basto), e respetivas notícias explicativas.

que “[...] a existência de grandes escarpas de falha, por vezes ultrapassando os 200 metros, tanto na área da Peneda e do Gerês, como na área de Monção e Arcos de Valdevez, é prova suficiente de que importantes movimentações tectónicas se verificaram no quadro do ciclo alpino” (Lema e Rebelo, 1996). Os dados existentes sobre a evolução tectónica no território português no Neogénico e Quaternário indicam que após o período Miocénico, caracterizado por atividade tectónica intensa em várias áreas, se seguiu um intervalo de relativa acalmia no Pliocénico, acentuando-se novamente a atividade tectónica no final do Pliocénico, prolongando-se pelo período Quaternário (fig. 5).

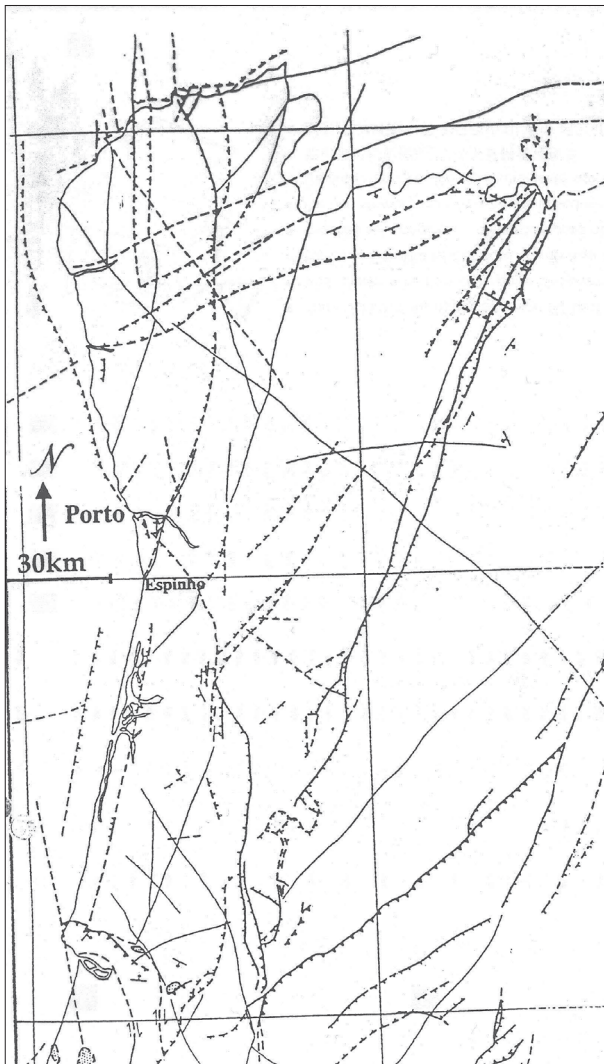


Fig. 5 - Excerto da carta Neotectónica de Portugal, representando o Noroeste (Fonte: Cabral e Ribeiro, 1988).

As intrusões graníticas desta região conferem os traços mais marcantes à geologia de toda a zona abrangida pelo Noroeste. Como resultado destes acontecimentos, as formações sedimentares sofreram metamorfismo e foram fortemente dobradas e fraturadas. A distribuição geográfica das formações metassedimentares em bandas alongadas, com orientação NW-SE, é uma consequência dessas ações da geodinâmica interna.

Os movimentos hercínicos foram responsáveis pela formação de densa rede de fraturas, algumas das quais de grande extensão. Como resultado daquelas atividades tectónicas, as redes de fracturação apresentam orientações principais NW-SE e NE-SW ocorrendo também algumas fraturas E-W. Desta forma, a rede de drenagem de toda a região é profundamente condicionada pela tectónica, com os vales escavados ao longo de fraturas, conferindo disposição característica ao modelado fluvial; só assim se compreendendo o traçado retilíneo e o paralelismo de certos cursos de água, e, mesmo, a topografia da região cujas altitudes diminuam, duma maneira geral, de NE e SE para W.

Algumas destas fraturas permitiram, também a instalação de muitos filões, que marcam um dos traços importantes da geologia da região. São igualmente referidas na bibliografia geológica da região diversas mineralizações filoneanas, algumas das quais com interesse económico (minérios de estanho, volfrâmio, ouro, antimónio).

No contacto com o maciço granítico, podem observar-se orlas do metamorfismo termal, constituídas por corneanas pelíticas e xistos mosqueados de idade Paleozóica e Ante-Ordovícica.

O Ordovícico aflora na região sueste da área e é litologicamente constituído por xistos finos e quartzitos, estes formando “cristas” de algumas das serras.

O Complexo Xisto-Grauváquico aflora sob a forma dispersa de pequenos retalhos.

Os aluviões dos rios, as areias litorais e os terraços fluviais e marinhos constituem as formações geológicas mais recentes, com expressão cartográfica reduzida. Os vales dos principais rios da região alargam em parte dos seus percursos e ficam cobertos por depósitos aluvionares arenosos e areno-silto-argilosos, geralmente aproveitados para agricultura. Dispersos pela região, são observáveis terraços quaternários, relacionados com as principais linhas de água, constituídos por calhaus rolados, ligados por matriz argilo-arenosa. Existem terraços fluviais mais antigos, pliocénicos, que ocorrem em níveis elevados, em relação aos cursos atuais das principais linhas de água. São formações detríticas, de origem fluvial e de natureza essencialmente arenosa, argilosa e conglomerática. Atendendo às características destas formações, o modelado da região tanto conserva a morfologia madura de vales abertos e de vertentes suaves, como as formas abruptas das vertentes das escarpas de falha e dos vales de fratura, como referido anteriormente.

1.3. Clima

O Noroeste de Portugal caracteriza-se por um clima de afinidades mediterrâneas, com temperaturas amenas, pequenas amplitudes térmicas e forte pluviosidade, resultado da influência atlântica. Apesar duma situação claramente mediterrânea, a proximidade do oceano e a morfologia minhota favorecem a influência atlântica. “*Na distinção entre um Portugal húmido e um Portugal seco intervém assim, fortemente, o contraste de relevo. [...] É ainda à barreira formada pela corda de serras do Minho ao Caramulo, grande área de condensação logo atrás do litoral, que se deve o contraste entre uma região atlântica e outra interior, menos húmida [...] (Ribeiro, 1986)*”. Este conjunto montanhoso, muitas vezes designado por “barreira de condensação”, tem implicações climáticas regionais, visto condicionar a precipitação, dando origem a elevados quantitativos.

Os valores da precipitação média anual variam nesta região entre 1000 mm e 3500 mm. A precipitação aumenta com a altitude e com o afastamento ao litoral. De facto, a característica climática mais marcante do Noroeste é, inquestionavelmente, os seus elevados quantitativos pluviométricos (Costa, 2008).

A precipitação média anual é relativamente elevada — cerca de 1800 mm — muito acima do valor médio para o território de Portugal Continental, que é cerca de 900 mm (LNEC, 1985).

A sua distribuição ao longo do ano é principalmente condicionada por dois fatores:

- 1) A posição média do Anticiclone dos Açores e de sistemas depressionários que se deslocam de Oeste para Este, na circulação geral da atmosfera, diminuindo a sua atividade de Norte para Sul, o que origina uma marcada variação sazonal no regime pluviométrico (fig. 6);

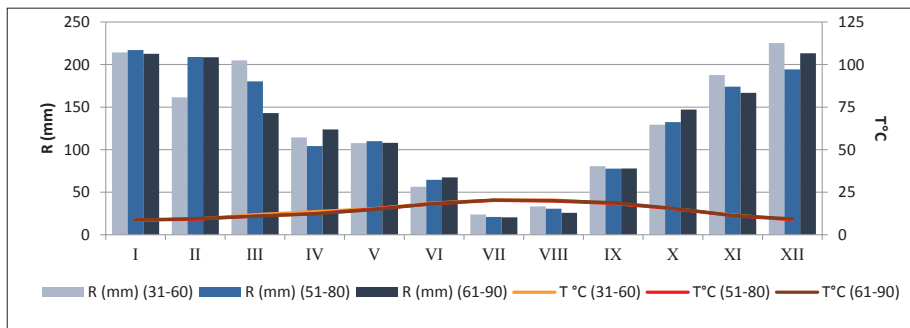


Fig. 6 - Gráfico termopluiométrico de Braga (1931-1960 / 1951-80 / 1961-90)
(Fonte dos dados: SMN, 1965; INMG, 1991; IM 2005).

2) um outro fator com forte influência na distribuição e quantidade de precipitação, que se verifica, como vimos, é o seu relevo. Na realidade, o avanço sucessivo de massas de ar ciclónico, carregadas de humidade, não encontra na zona central e de jusante da bacia, grandes obstáculos à sua passagem, o que se vem a verificar apenas nas zonas montanhosas da parte superior das bacias hidrográficas. As massas de ar húmido marítimo são obrigadas a subir as encostas existentes a Leste da região, originando chuvas, que se traduzem na precipitação mais elevada desta zona.

Segundo Daveau (1985), o Noroeste de Portugal é caracterizado por invernos frescos e verões moderados a quentes, que se traduzem numa temperatura mínima média do mês mais frio que varia entre 2 e 4 °C, verificando-se durante 10/15 a 30 dias por ano temperaturas negativas. A temperatura máxima média do mês mais quente varia entre 23 e 32 °C, verificando-se durante 20 a 120 dias por ano temperaturas máximas superiores a 25 °C. De acordo com os dados climáticos de síntese publicados nas normais climatológicas de 1931-1960, 1951-1980 e 1961-1990, a temperatura média mensal variou entre os 8,6 °C (registados em janeiro, no período 1931-1960) e os 20,4 °C (registados em agosto, no período de 1931-1960 e em julho, no período de 1961-1990).

A distribuição espacial da temperatura do ar, nesta região, é condicionada pela latitude, e acima de tudo por fatores fisiográficos locais, nomeadamente a altitude, a exposição, a proximidade do mar, a natureza do solo e o seu revestimento.

Pelos critérios de Köppen, o clima é do tipo Csb, com o seguinte significado:

- Cs - clima mesotérmico com Verão seco;
- b - verão quente e extenso, com temperaturas médias inferiores a 22 °C com um período maior que quatro meses com temperaturas superiores 10 °C.

Esta abundância de disponibilidade de recursos hídricos é, na quase totalidade de origem superficial, dado que as características hidrogeológicas da região determinam uma muito reduzida produtividade dos aquíferos.

1.4. Hidrografia

Como vimos, os rios permitem pôr em evidência as principais formas de relevo. Deste modo, entre os rios Minho e Lima, aparecem-nos as serras de Arga (816 m), Peneda (1373 m), Soajo (1415 m) e Castro Laboreiro (1335 m); entre os rios Lima e Cávado, soerguem-se as serras Amarela (1361 m), do Gerês (1548 m) e do Larouco (1525 m); entre os rios Cávado e Tâmega, surgem-nos as serras da Cabreira (1261 m) e as Alturas do Barroso (1279 m); por último, entre os rios Tâmega e Corgo, eleva-se a serra do Alvão (1281 m) (Lema e Rebelo, 1996) (fig. 3).

Os rios “minhotos”, no contexto português, apresentam como principal elemento diferenciador dos restantes rios do território nacional, um elevado caudal específico, fruto das características climáticas, geológicas e orográficas. Assim, o rio Cávado apresenta 38 l/s/Km² (Barcelos), o Lima, 31 l/s/km² (Ponte de Lima), o Ave, 26 l/s/Km² (Açude de Tougues) e o Minho, 22 l/s/km² (Ponte de Felgueiras) (Daveau, 1995).

As disponibilidades hídricas, em regime natural, estão, essencialmente, dependentes da forma como a precipitação se distribui espacial e temporalmente. Isto deve-se, principalmente, ao facto de os aquíferos terem uma reduzida capacidade de armazenamento, o que implica uma resposta relativamente rápida do escoamento à ocorrência da precipitação e, praticamente, a não realização de regularização interanual subterrânea. Assim, o ciclo hidrológico anual da precipitação reflete-se diretamente no do escoamento, sendo em regime natural, muito pouca significativa a dependência do escoamento anual médio, entre anos hidrológicos seguidos, à semelhança com o que se passa com a precipitação média anual. A variabilidade dos valores do escoamento anual está também fortemente condicionada pela variabilidade dos valores da precipitação, sendo, no entanto, um pouco superior, dada a retirada da parcela, relativamente estável anualmente, do *deficit* hídrico, relativo à água que se evapora para a atmosfera. Este facto reflete-se, principalmente, no escoamento e, conseqüentemente, no aproveitamento racional e na gestão dos recursos hídricos da região. Verifica-se que a variação dos escoamentos está diretamente relacionada com a variação sazonal da precipitação.

Duma maneira geral, os rios apresentam escoamentos que acompanham a variação sazonal da precipitação, registando-se os maiores valores no inverno, com um máximo em janeiro, e os menores valores no verão, com um mínimo localizado em agosto. Neste período, o caudal dos cursos de água principais reduz-se substancialmente e os ribeiros e riachos mais pequenos secam por vezes completamente.

As características dos recursos hídricos desta região refletem, assim, as características climáticas, as quais são condicionadas pela proximidade do Atlântico e pelo cordão montanhoso, do limite oriental, que separa esta região do interior transmontano. Estas condicionantes e a disposição fisiográfica em anfiteatro, voltado a poente, determinam em toda a região a influência atlântica, conjugada progressivamente com a influência continental no sentido do interior.

1.5. Os solos e a cobertura vegetal

Os solos dominantes no Noroeste são de origem granítica e afins, penetrados por manchas de xistos e grauvaques. Com base na Carta de Solos de Portugal (Cardoso *et al.*, 1978), a caracterização lito-pedológica destaca Bh1,2 (cambissolos húmicos - rochas eruptivas) e Bh3,4,6 (cambissolos húmicos de xistos). De um modo geral, pode considerar-se que a quase totalidade dos solos da bacia são, assim, constituídos por cambissolos húmicos - rochas eruptivas, ou, em algumas manchas, por xistos associados a luvisolos. Quanto à aptidão da terra, os solos dominantes destacam as unidades - solo antrossolos, Cambissolos, Regossolos Húmicos e Fluvisolos (Carta de Solos de Entre-Douro e Minho, 1995).

É nas terras baixas, como as várzeas aluvionares, e na meia encosta que se desdobra até cerca dos duzentos metros, geralmente cobertas por solos profundos bem constituídos e com uma razoável capacidade de retenção de água, que ocorrem as maiores bolsas de solos com aptidão agrícola (solos A). O solo utilizado na agricultura evolui desfavoravelmente quando se avança no sentido do interior. Estes terrenos apresentam uma cobertura vegetal abundante, destacando-se as culturas arvenses estivais (milho, feijão e batata), que no Outono dão lugar ao centeio, aos produtos hortícolas, às árvores de fruto e, em áreas mais húmidas, às pastagens. De salientar, por outro lado, que a utilização agrícola está associada à influência do regadio. Nas margens cultivadas dos principais cursos de água das bacias, as culturas predominantes são as tradicionais desta região, como a vinha, o milho, as pastagens, a batata e os legumes. Nas colinas de declive moderado, a armação de socalcos, a fertilização intensiva dos terrenos e a existência de água, possibilitaram a formação de solos suscetíveis de utilização agrícola. Tradicionalmente ocupados por culturas arbóreas, é nestes terrenos que se cultiva o milho/feijão, a batata e o centeio, num sistema de

rotação anual, assim como a vinha geralmente implantada na bordadura dos campos. O aproveitamento do solo caracteriza-se por uma notória importância da aptidão florestal. Estas áreas suportam um coberto vegetal bastante estratificado de carvalhos, castanheiro e pinheiro bravo.

Segundo a Carta de Capacidade de Uso do Solo (1982), regista-se o domínio dos atributos Uso Florestal, seguido dos Agrícola Condicionado (Pascícola) e Agrícola. A ocupação do solo é feita essencialmente por culturas agrícolas anuais, culturas florestais, ocupação urbana e Industrial, floresta de espécies folhosas e matos. Nas áreas que acompanham o troço superior dos principais cursos de água, com altitude entre 400 e 700 metros, a ocupação do solo é feita sobretudo por matos, floresta de folhosas, especialmente *Quercus pyrenaica*, e culturas agrícolas anuais. De salientar entre as últimas, o sistema de cultura sob a forma de lameiros (prados de lima), que ainda têm alguma importância no sistema agrícola de montanha e que regulariza a maior parte das linhas de água que surgem nas encostas desta região. Ao longo do troço médio dos rios principais, a ocupação urbana ganha especial relevância, bem como as culturas agrícolas anuais, em sistema intensivo de ocupação do solo (Costa, 2008).

A influência que o clima e o relevo exercem nos aspetos do meio físico estende-se igualmente às unidades básicas dos sistemas paisagísticos: as florestas, os matos arbustivos, as zonas agrícolas e as estruturas urbanizadas (fig. 7).

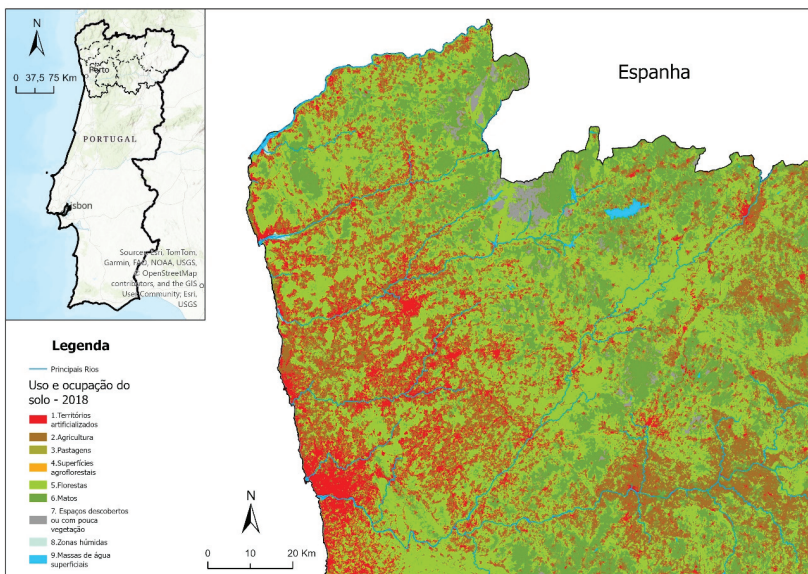


Fig. 7 - Uso do solo no Noroeste de Portugal.

A região do Noroeste caracteriza-se por uma marcada diversidade de paisagens mais ou menos humanizadas, nas quais se podem individualizar múltiplos tipos de habitats. Esta diversidade é o resultado, em termos contemporâneos, da existência duma acentuada variabilidade geológica, edáfica, climática, hidrológica, geomorfológica e biológica, modelada ainda por uma ancestral e intensa ação humana, exercida sobre o meio biofísico. Elemento fundamental da paisagem, a vegetação é um excelente testemunho das condições edafoclimáticas e da ação antrópica duma dada região. Dado que os seres biológicos e, em particular, as plantas dependem estreitamente das características edafoclimáticas do meio para se poderem instalar e manter, integrando assim um conjunto alargado de fatores, as comunidades vegetais podem, por si só, constituir um modo de caracterizar um determinado *habitat*, visto que a sua presença representa um ótimo indicador indireto dos fatores físicos que as condicionam.

No que respeita à floresta, sabe-se que em Portugal as áreas de influência atlântica são as de maior produtividade florestal, determinada principalmente pela menor duração e intensidade do período de secura estival. Era nestas áreas que ocorriam as espécies mais nobres, como o carvalho alvarinho (*Quercus robur*) ou o ácer (*Acer pseudoplatanus* L.), e onde, atualmente o pinheiro bravo e o eucalipto encontram as melhores condições de crescimento (Correia e Oliveira, 2003).

O Noroeste português apresenta, pois, condições naturais excelentes para a arborização, apenas condicionadas em altitude, onde a topografia desfavorável e a diminuição da temperatura podem impor algumas restrições.

A arborização que conduziu aos atuais espaços silvestres iniciou-se já no século XX, ao abrigo do Regime Florestal (1901 a 1905) e com a criação do Plano de Povoamento Florestal de 1938 (Bento-Gonçalves, 2006).

Foi neste contexto que “nasceram” as matas e os perímetros florestais nas “serras” do Noroeste de Portugal.

O processo de criação de áreas protegidas em Portugal remonta aos anos 70 (Lei nº 9/70 de 19 de junho), mas está também ligado à Lei de Povoamento Florestal de 1938, visto este documento ter sido o primeiro a prever a criação de áreas protegidas, no sentido moderno do termo, nos territórios portugueses europeus.

Hoje em dia, no Noroeste, permitimo-nos destacar o Parque Nacional da Peneda-Gerês, criado pelo Decreto-Lei nº 187/71, de 8 de maio, a única Área Protegida nacional com estatuto de Parque Nacional, reconhecido pela UICN (União Internacional para a Conservação da Natureza).

2. Breve caracterização humana

Apesar das características e aptidões naturais deste território, a ação do ser humano (agricultura, pastoreio, silvicultura, etc.) com uma antiga e importante presença no Noroeste (elevada densidade populacional), tem que ser enfatizada, dado que ao longo do tempo alterou a fisionomia do território, e, como consequência, levou à degradação ou mesmo destruição da cobertura vegetal autóctone (Pedrosa *et al.*, 2010). Por outro lado, “[...] *mesmo esta ação humana, em especial a organização de sistemas agrícolas tradicionais, esteve dependente dos mesmos fatores físicos que moldam os sistemas naturais*” (Gomes *et al.*, 2004).

Com efeito, o Noroeste de Portugal caracteriza-se por um apreciável dinamismo demográfico, sendo marcado pela ocorrência de elevadas taxas de natalidade e de nupcialidade.

Esta é uma das maiores concentrações humanas da península, e sem dúvida uma das mais antigas. O Noroeste possui uma densidade demográfica superior aos 360 hab./km² (365,5), francamente superior quer ao Norte de Portugal (168,5), quer ao do continente português (112,2) (fig. 8). Para além desta densidade populacional, observa-se no Noroeste de Portugal uma grande dispersão do povoamento por todo o território.

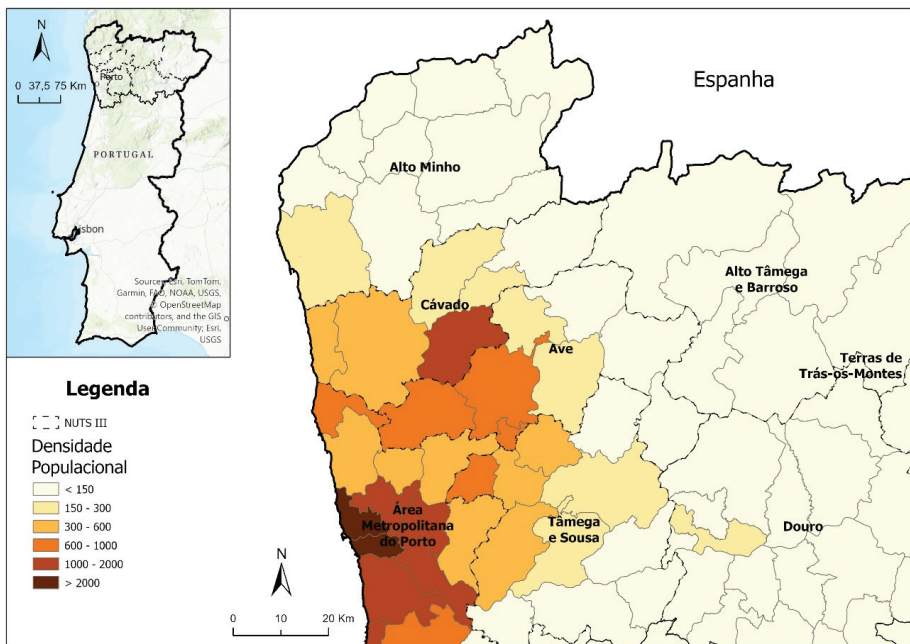


Fig. 8 - Distribuição da densidade populacional (2001) por freguesia, na NUT II Norte.

3. Erosão dos solos em áreas ardidas – Braga³

Os incêndios florestais têm constituído um flagelo que tem atingido o território nacional de forma indelével. Todos os anos milhares de hectares de floresta e mato são consumidos pelo fogo, destruindo a cobertura vegetal e expondo os solos, tornando-os vulneráveis aos processos erosivos. Os impactes que sofrem decorrem não só dos efeitos diretos do fogo, mas também dos processos erosivos que ocorrem posteriormente.

Portugal reúne as condições para se poder afirmar, como refere Stephen Pyne, que possui um “*piro ambiente*”, pois junta às características mediterrâneas, que conjugam a época quente com a época seca, a feição atlântica, que lhe permite uma elevada produtividade vegetal.

Com efeito, ano após ano, Portugal tem vindo a testemunhar essa realidade, pois, se até 1986 nunca tínhamos sido flagelados por um incêndio com dimensão superior a 10.000 hectares, 2003 viu franquear a marca dos 20.000 hectares e, 2017, por duas vezes, a dos 38.000 hectares.

A distribuição geográfica do número de ocorrências de incêndios florestais no Noroeste de Portugal não é uniforme, sendo o número total de ocorrências superior nos municípios mais urbanos, existindo uma correlação positiva entre o número de ocorrências e o número de habitantes (APIF/ISA, 2005).

A distribuição das áreas ardidas no Noroeste é também marcada pela existência de uma diferença acentuada entre os concelhos mais montanhosos.

No que concerne à evolução do número de incêndios no Noroeste português verificamos um elevado número de ocorrências, que se traduz num total de 165.390 ocorrências no período de 2001 a 2020, que representa 40,40% do total das verificadas a nível nacional. Já no que concerne à área ardida total registada no Noroeste de 2001 a 2020, contabilizaram-se 449.293 hectares, correspondentes apenas a 15,6% da área ardida total registada ao nível do país, no mesmo período (fig. 9 e 10).

Quando analisamos o número de ocorrências para Portugal Continental, e ainda que se observem algumas diferenças pontuais em cada um dos distritos, verifica-se que o conjunto do Noroeste acompanha de forma genérica o ritmo do restante território nacional, sobressaindo os anos de 2003 e 2005 em ambos os casos como aqueles com maiores ocorrências registadas entre 2001 e 2020. Assim, em Portugal Continental registaram-se 20.896 ocorrências em

³ Este ponto foi elaborado com base nos seguintes trabalhos: Vieira, Bento e Rocha (2019); Bento-Gonçalves *et al.* (2019).

2003 e 27.631 em 2005, enquanto no Noroeste se registaram 11.149 e 11.598 ocorrências, respetivamente. Contudo, podemos afirmar que se verifica, para este período uma tendência de diminuição do número das ocorrências ao longo dos anos (fig. 9).

Relativamente às áreas ardidas no Noroeste português (2001-2020), os anos de 2005, 2010 e 2016 registam os valores mais elevados, acima dos 45.000 ha, e é interessante notar que diferentemente do que acontece para o país, em que os anos de 2017 e 2003 apresentam os valores mais elevados da série (com mais de 540.000 ha e mais de 470.000 há, respetivamente), no caso do Noroeste, este apresenta valores relativamente baixos (29.033 ha e 13.233 ha, respetivamente) e é no ano de 2005 que se atinge o valor máximo de área ardida (70.746,36 ha) (fig. 10).

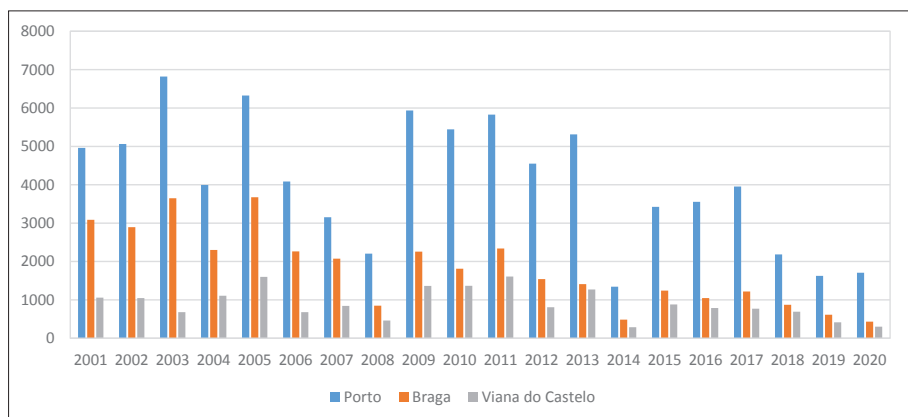


Fig 9 - Evolução do número de ocorrências no Noroeste, de 2001 a 2020 (Fonte dos dados: ICNE, 2020).

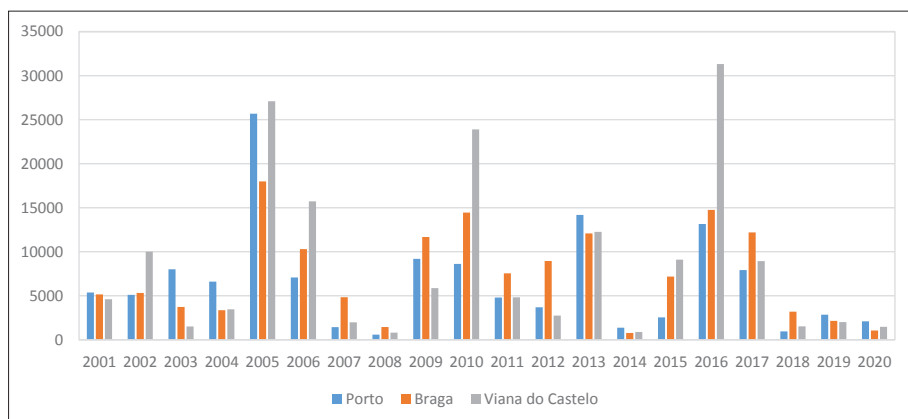


Fig. 10 - Evolução da área ardida no Noroeste, de 2001 a 2020 (Fonte dos dados: ICNE, 2020).

A evolução da área de povoamentos ardida anualmente é marcada por variações anuais, entre os 2835,04 ha (registados no ano de 2008), que constitui o valor mínimo da série, e os 70.746,36 ha (em 2005), valor máximo da série, observando-se, no entanto, uma tendência muito pouco significativa de diminuição das áreas ardidas neste período para o Noroeste de Portugal.

Concluindo, observa-se no Noroeste de Portugal uma variabilidade anual das áreas ardidas, assim como das ocorrências de incêndios florestais, existindo, no entanto, uma tendência, nestas últimas duas décadas, para uma redução, ainda que pouco significativa, das áreas ardidas e das ocorrências. Os valores da área ardida e do número de ocorrências de um determinado ano não parecem influenciar os valores do ano seguinte. Este comportamento estocástico verificado pode ser em parte explicado pela variabilidade das características meteorológicas da época estival.

Também o clima condiciona de uma forma muito importante a quantidade e o tipo de vegetação de cada região e a dinâmica sazonal do seu teor de humidade, influência direta e indiretamente a ocorrência de fogos florestais e a respetiva propagação (Pyne *et al.*, 1996), pelo que os elevados quantitativos pluviométricos registados no Noroeste, totais anuais médios superiores a 2000 mm, permitem uma elevada produtividade de biomassa.

A elevada precipitação é, inquestionavelmente, a característica climática mais marcante do Noroeste, e vai propiciar uma elevada produtividade de biomassa, tornando os concelhos onde os espaços silvestres têm maior expressão territorial, normalmente os mais montanhosos, mais vulneráveis à progressão do fogo.

A realidade demográfica do Noroeste tem, inquestionavelmente, uma influência direta na “proteção florestal”, na medida em que o envelhecimento da população nas áreas rurais e a concentração da população em torno dos principais aglomerados urbanos, origina desequilíbrios espaciais, tendo como consequência direta o abandono dos espaços agrícolas e florestais do interior, provocando, muitas vezes, uma gestão incipiente destes espaços e, conseqüentemente, um aumento da carga combustível (APIF/ISA, 2005). Mercê desta realidade, e favorecido por um clima propiciador à produção de biomassa, o estrato arbustivo avançou sobre os campos agrícolas convertendo-os em área de mato, que, posteriormente, à medida que as espécies se vão desenvolvendo, vai sendo dominado pelo estrato arbóreo, tornando estas áreas mais suscetíveis à ocorrência de incêndios florestais, deixando-as muito mais vulneráveis, no caso de manifestação deste risco (Lourenço, 2006).

Assim, a elevada produção de biomassa, o abandono do mundo rural, e, em particular, das áreas serranas, associados aos problemas das referidas áreas montanhosas, consideradas áreas desfavorecidas devido aos fatores de desvantagem naturais permanentes e aos condicionalismos socioeconómicos daí decorrentes (Bento-Gonçalves, 2006), que têm que ver com o facto de estas áreas estarem sujeitas a um conjunto alargado de conflitos que resultam de um leque de interesses, muitas vezes antagónicos, derivados do uso do solo, como sejam a convivência entre o mundo rural e os visitantes citadinos, a criação de gado em regime livre e alguns detentores de baldios, a caça, etc. (Bento-Gonçalves *et al.*, 2009), geram condições favoráveis à rápida propagação/progressão dos incêndios florestais e dificultam a deteção e o combate resultando em extensas áreas ardidadas.

Consequência deste fenómeno delapidador das florestas e, genericamente, da cobertura vegetal do nosso território é a posterior erosão e degradação dos solos.

Os impactes diretos observam-se ao nível da perda de nutrientes (Úbeda e Sala, 2001; Coelho *et al.*, 2004), traduzindo-se na redução da sua fertilidade e, conseqüentemente, na posterior dificuldade de recuperação da floresta (Thomas *et al.*, 2000).

Ao nível da componente mineral, pela remoção da vegetação, as camadas superficiais do solo vão ficar desprotegidas e expostas, tornando-se vulneráveis à ação erosiva, nomeadamente da chuva, que normalmente ocorre nos meses de outono/inverno que se sucedem ao período de incêndios.

3.1. Incêndio de Braga de 2017

O grande incêndio florestal de Braga, ocorrido no segundo episódio de grandes incêndios florestais de 2017, teve início no dia 12 de outubro, no município de Guimarães (Leitões), e entrou no concelho de Braga no dia 15 de outubro. Este incêndio queimou 1007 hectares (967 hectares de povoamentos e 40 hectares de matos), numa área onde predominavam eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), mas com uma mancha significativa de carvalhos (*Quercus robur*) e sobreiros (*Quercus suber*), e desprotegeu a declivosa e desordenada interface urbano-florestal (Bento-Gonçalves and Vieira, 2019) da cidade de Braga. A sua ocorrência foi potenciada por condições climáticas geradas pela tempestade extratropical Ofélia.

No entanto, o ano de 2017 teve condições particulares que podem, em parte, justificar a catástrofe vivida, como a passagem da Tempestade Extratropical *Ofélia*, responsável pelas excepcionais condições climáticas do dia 15 de outubro.

O furacão *Ofélia*, formado no meio do Atlântico Norte, seguiu uma trajetória incomum, deslocando-se em direção à Portugal, o que incrementou tanto a cobertura de nuvens como os ventos, o que, de certa forma, facilita a propagação do fogo (fig. 11).

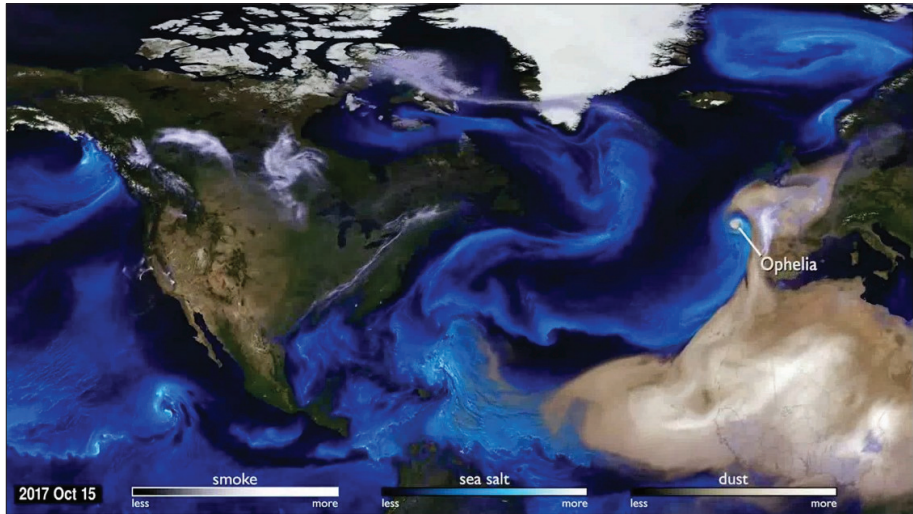


Fig. 11 - Furacão *Ofélia* em Portugal, em 15 de Outubro de 2017 (Fonte: GSFC/NASA).

Ainda que as condições climáticas sejam determinantes para a ocorrência e progressão dos incêndios florestais em Portugal, outros aspetos influenciam este fenómeno, nomeadamente as relacionadas com a vegetação.

Como referimos anteriormente, foi neste contexto que se desenvolveu o grande incêndio florestal de Braga, queimando cerca de 1007 hectares (967 hectares de povoamentos e 40 hectares de matos), numa área onde predominavam eucaliptos, mas com uma mancha significativa de carvalhos e sobreiros (fig. 12).

O incêndio percorreu a declivosa e desordenada interface urbano-florestal da cidade de Braga, desprotegendo as vertentes da sua vegetação rasteira, o que, associado a declives acentuados e às precipitações intensas, geraram sérios problemas a jusante, como por exemplo no primeiro episódio chuvoso ocorrido depois do incêndio, no dia 10 de dezembro aquando da passagem da tempestade “Ana”.

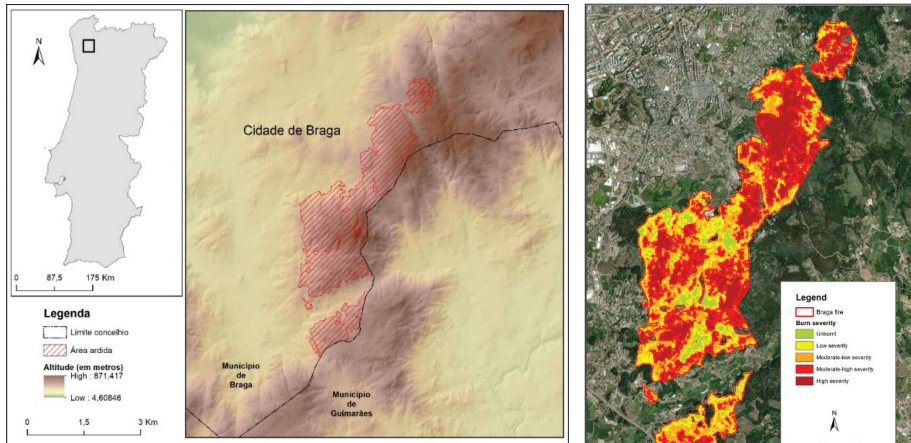


Fig. 12 - Localização da área afetada pelo incêndio florestal de 2017 e cartografia da severidade do fogo.

O monte do Picoto, localizado na malha urbana de Braga, permite-nos uma visão privilegiada da cidade e da sua Interface Urbano-Florestal (IUF), nomeadamente a afetada pelo incêndio de 2017 (fot. 1). Com efeito, toda a encosta do Sameiro e da Falperra constitui uma zona extensa de IUF, onde se tem observado um progressivo avanço do edificado em direção ao espaço florestal, com um aumento significativo do risco para os espaços em contato.

Neste local identifica-se claramente a mancha de floresta afetada pelo fogo, que é delimitada pela área urbana, onde o esforço de combate do incêndio se concentrou, não evitando, de qualquer forma, a destruição de algumas habitações de apoio à agricultura.



Fot. 1 - Panorâmica da vertente do Sameiro, após o incêndio (Fotografia de A. Vieira, 2017).

3.2. Efeitos erosivos da tempestade Ana

Na sequência deste fenómeno tempestivo observaram-se consequências diretas nestas áreas bastante afetadas pelo incêndio.

Com efeito, no dia 10 de dezembro, a área foi fortemente afetada pela tempestade Ana (que passou a norte da Península Ibérica), com elevados quantitativos pluviométricos. Assim, apenas no dia 10, registaram-se valores de precipitação superiores a 100 mm em Braga (pluviógrafo instalado junto ao posto da GNR, no Sameiro), tendo-se observado uma concentração da precipitação no período da tarde, logo a partir das 12.00 horas, mas mais intensa às 17.00 horas e prolongando-se pela noite, com o valor mais elevado a registar-se às 20.00 horas (fig. 13).

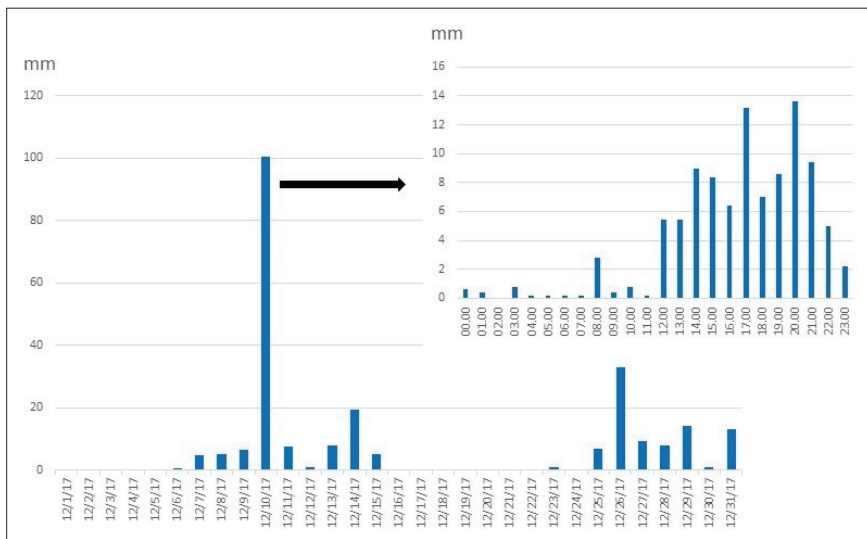


Fig. 13 - Distribuição diária da precipitação em dezembro e horária no dia 10 de dezembro de 2019.

Como consequência, registaram-se dezenas de ocorrências em Braga, muito em particular na área do incêndio e nas áreas urbanizadas a jusante, com especial destaque para as freguesias de Esporões e Fraião. Cartografaram-se as ocorrências do dia 10 de dezembro, com base no “registo de pedidos de socorro ou de serviços dos Bombeiros Sapadores de Braga”, fornecidos pelo Serviço de Proteção Civil da Câmara Municipal de Braga, cruzando-as com as informações e levantamentos recolhidos em campo no dia do evento e posteriores, correlacionando os efeitos da Tempestade Ana com os impactes do incêndio (fig. 14).

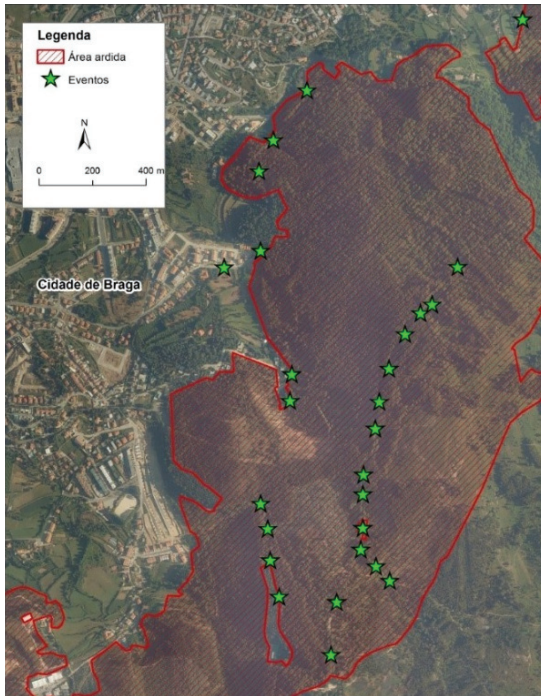


Fig. 14 - Localização das ocorrências reportadas e identificadas no terreno.

Ao longo da estrada que liga a Falperra ao Sameiro foi possível observar alguns locais afetados pela ação erosiva desencadeada na sequência da Tempestade Ana.

Contudo, uma avaliação de risco exploratória realizada após a ocorrência do incêndio de 2017 (anterior à ocorrência da Tempestade Ana) indicava já a existência de áreas bastante vulneráveis, precisamente em Fraião (fig. 15).



Fig. 15 - Identificação de áreas vulneráveis na IUF de Braga.

Obviamente que uma consequência direta da ação destes processos erosivos é a produção de sedimentos que são transportados pela vertente, acumulando-se a jusante. Na área em visita, uma área urbanizada de Braga, verificaram-se inúmeras situações de inundação de habitações, obstrução de vias de comunicação e ocupação de terrenos agrícolas com sedimentos (fot. 2).



Fot. 2 - Obstrução de infraestruturas urbanas e acumulação de sedimentos em áreas agrícolas (Fotografias da Câmara Municipal de Braga e de António Vieira, 2017).

As evidências que encontramos na área afetada pelo incêndio de Braga e na própria cidade demonstram os gravosos impactes dos incêndios florestais sobre os solos, nomeadamente ao nível da sua erosão e degradação, e consequentes impactes sobre as áreas a jusante, especialmente quando se trata de áreas urbanas.

Nas vertentes do Bom Jesus de Braga e do Sameiro, bastante declivosas, na sequência da intensa e concentrada precipitação causada pela Tempestade Ana, observou-se uma ação erosiva generalizada ao longo das vertentes, onde para além do impacto das gotas da chuva, atuou a própria escorrência, favorecidas na sua ação nas áreas afetadas por incêndios pela ausência da vegetação protetora, mas também devido à redução da capacidade de infiltração da água, particularmente condicionada pelo aumento da repelência do solo à água (Coelho *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2005), gerando uma superfície de lavagem dos sedimentos (fot. 3).

Contudo, a concentração da escorrência criou situações mais graves, pelo incremento da competência da escorrência concentrada para o destacamento e transporte dos sedimentos na vertente. A geração de linhas de concentração do fluxo promoveu o desenvolvimento de sulcos (fot. 3), conduzindo ao aparecimento de ravinas (fot. 4).



Fot. 3 - Superfície de lavagem e erosão em sulcos (Fotografias de A. Vieira, 2018).



Fot. 4 - Ravinas desenvolvidas em áreas ardidas (Fotografia de A. Vieira, 2018).

A avaliação visual da ação erosiva sobre as vertentes nas áreas queimadas detetou o desenvolvimento de áreas críticas de maior concentração da erosão, nas áreas mais afetadas pelo fogo, de declive acentuado e onde a ação antrópica é mais ativa (caminhos e outras infraestruturas antrópicas) (fot. 5).



Fot. 5 - Destruição de caminhos por ação da erosão hídrica (Fotografia de A. Vieira, 2018).

Na sequência deste episódio com graves efeitos erosivos nas áreas de IUF anteriormente afetadas pelo incêndio florestal, foi implementado um plano de recuperação das áreas mais afetadas e de reabilitação de infraestruturas, por parte do município de Braga, incluindo estratégias de mitigação da erosão e dos efeitos erosivos observados. A vertente norte e noroeste de Santa Marta das Cortiças foi objeto de diversas intervenções (fot. 6), nomeadamente com implementação de medidas de mitigação da intensa erosão ocorrida ao longo de linhas de água e vias de comunicação.



Fot. 6 - Fotos de medidas de mitigação implementadas nas áreas afetadas pela erosão na equência da tempestade Ana (dezembro de 2017) (Fotografias de A. Vieira, 2018).

4. Gestão de áreas florestais – Penha, Guimarães⁴

A Serra da Penha corresponde a um maciço essencialmente granítico, com orientação NNE-SSW, posicionado a sudeste da cidade de Guimarães e atualmente densamente arborizado, realidade bem diferente daquela existente nos finais do século XIX (fot. 7).



Fot. 7 - Aspeto da Serra da Penha no final do século XIX, praticamente desprovida de cobertura arbórea (Fotografia da Irmandade da Penha).

Estende-se por 8 freguesias do concelho de Guimarães – Abação, Atães, Calvo, Costa, Infantas, Mesão Frio, Pinheiro – cobrindo uma área de cerca de 1140 ha. Em termos morfológicos, a Serra da Penha contata com o vale de Atães a norte, com o monte de Santa Marinha a este, com o vale do Selho a noroeste, e com a Senhora do Monte a sudoeste (Oliveira, 2001).

O topo da Penha (que atinge a altitude máxima aos 613 m) apresenta uma forma aplanada, orientado no sentido N-S, com cerca de 1,5 km de comprimento e 300 m de

⁴ Este ponto foi elaborado com base no seguinte trabalho: Vieira, Costa e Corrêa (2019).

largura (fig. 16 e fot. 8). Aqui, abundam grandes monólitos de granito, de forma boleada pela intensa erosão (as penhas; Oliveira, 2001).

Uma das principais características do relevo desta área é a sua significativa amplitude altimétrica (entre os 195 metros e os 613 metros) associada a vertentes moderadamente declivosas, sendo que grande parte da área se situa entre os 16 e os 40% (62,05% da área da serra).

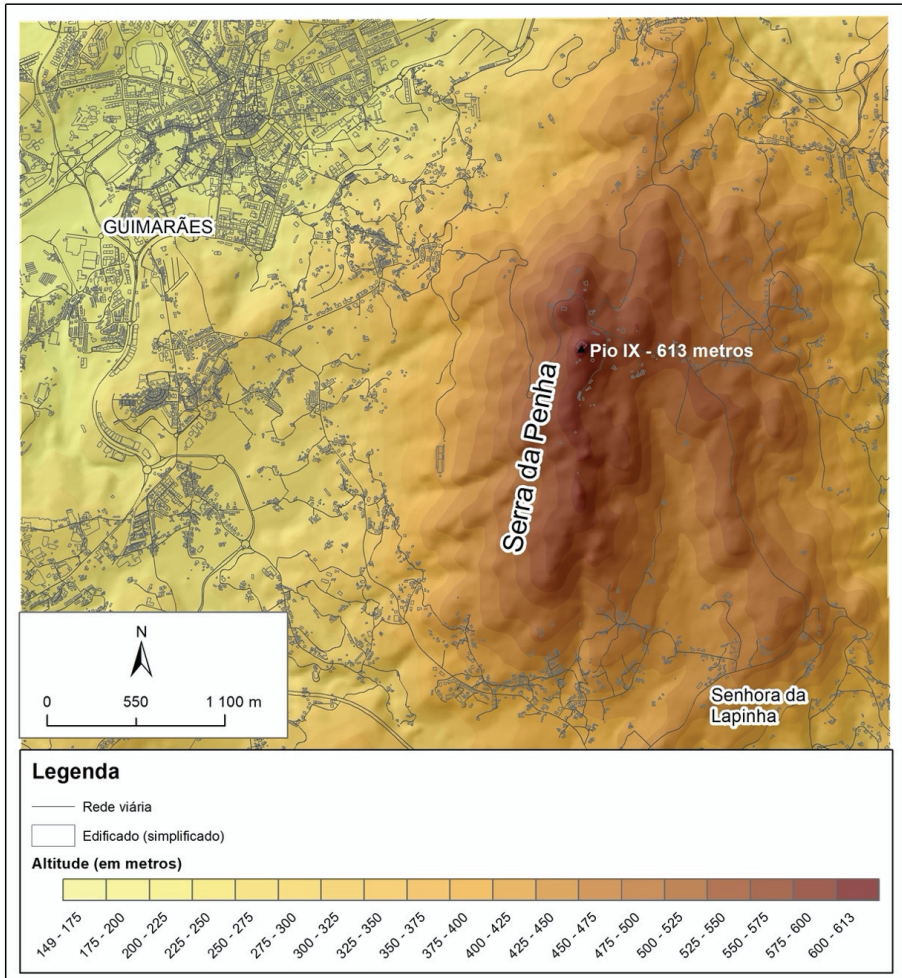


Fig. 16 - Esboço hipsométrico da Serra da Penha.



Fot. 8 - Vista aérea sobre a Serra da Penha (Fotografia de A. Vieira, 2019).

A Serra da Penha é local de culto à Nossa Senhora do Carmo e destino de muitas romarias e de intenso fluxo turístico.

Nas últimas décadas a Serra da Penha, e especificamente o espaço da Irmandade da Penha, foi alvo de intervenções no sentido de valorizar o seu potencial paisagístico e de biodiversidade, a par da dotação de infraestruturas e equipamentos de apoio ao usufruto daquele espaço.

As estratégias de valorização do património biológico passaram pela eliminação progressiva das espécies não autóctones (especialmente do *Eucalyptus globulus* e *Pinus pinaster*) e sua substituição por espécies arbóreas autóctones (em particular os *Quercus faginea*, *Quercus robur* e *Castanea sativa*), mas também por uma ação contínua de limpeza e manutenção do espaço florestal, providenciando condições de menor vulnerabilidade e maior resiliência face aos incêndios florestais, problema extremamente grave em Portugal e especialmente no noroeste de Portugal. Estas medidas permitiram a manutenção de uma área verde contínua de cerca de 60 hectares, maioritariamente composta de espécies autóctones, mas também com um conjunto importante de espécies exóticas (não invasoras).

5. Erosão dos solos em áreas ardidas – Fafe

O ano de 2024 voltou a ser tragicamente marcado pelo flagelo dos incêndios florestais. Apesar do aparente calmo ano que vínhamos testemunhando, em termos de ocorrências e áreas ardidas, o mês de setembro trouxe condições atmosféricas propícias para a deflagração e propagação do fogo, transformando o território nacional, especialmente a norte do rio Tejo, em palco de intensos e extensos incêndios, facilmente testemunhados através das imagens de satélite entretanto difundidas (fig. 17).

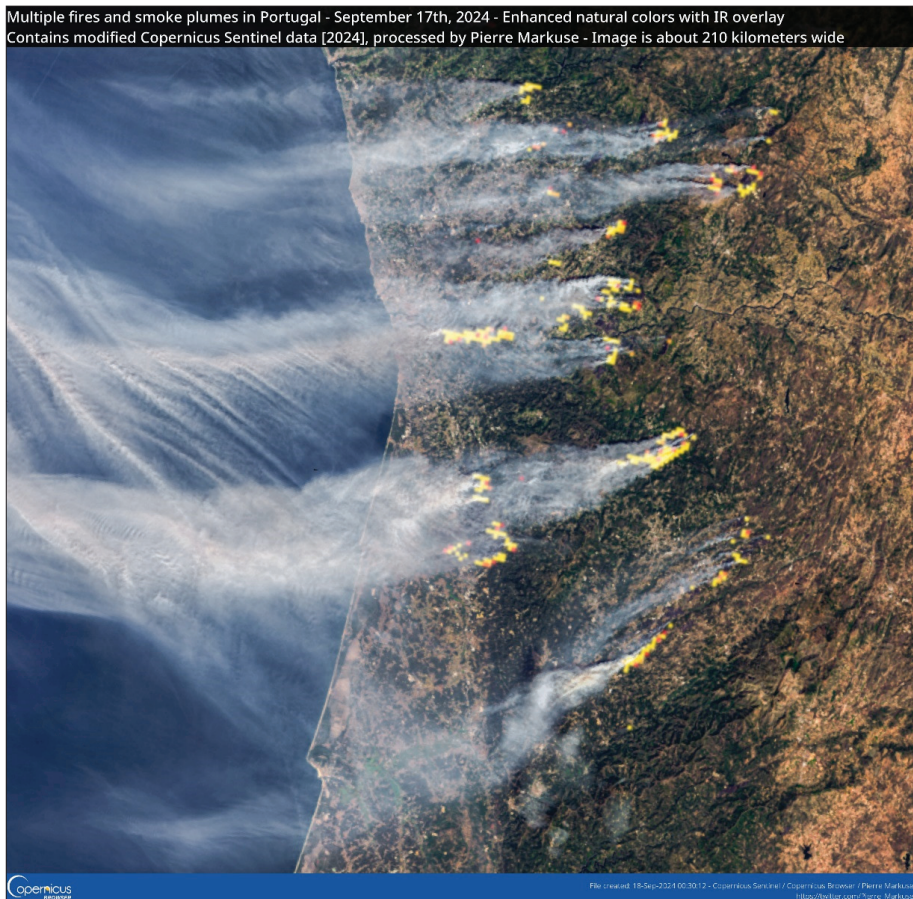


Fig. 17 - Imagem de satélite Sentinel, de 17 de setembro de 2024, evidenciando os incêndios florestais em curso (Fonte: Copernicus, 2024).

No período de 1 de janeiro a 15 de outubro de 2024 foram registados 6 229 incêndios, resultando uma área ardida de 136 424 hectares, dos quais 81 206 ha em povoamento, 45 583 ha em matos e 9 635 ha em área agrícola (ICNF, 2024).

Ainda que o ano de 2024 não seja dos mais gravosos em termos de número de ocorrências e de área ardida, a realidade é que se concentraram no mês de setembro. Com efeito, o mês de setembro (e especialmente a partir do dia 15), registaram-se 1917 ocorrências e um total de 126 076 ha de área ardida. Dos 20 maiores incêndios florestais de 2024, 19 tiveram início entre o dia 15 e 17 de setembro, e com áreas superiores a 1260 ha (ICNF, 2024).

Relativamente ao município de Fafe, também ele foi palco de grandes incêndios florestais (fot. 9), tendo registado 84 ocorrências em todo o período e um total de 2470 ha de área ardida.



Fot. 9 - Incêndio no município de Fafe (Fotografia da Câmara Municipal de Fafe, 2024).

Consequentemente, a destruição da cobertura vegetal constitui-se como um potencial fator de degradação dos solos, acrescentando aos efeitos diretos provocados pelo fogo sobre o solo. A observação das áreas afetadas pelos incêndios permitiu a identificação de impactos diretos e indiretos sobre os solos, e ainda que em muitos locais tenhamos observado uma severidade do fogo baixa a moderada, subsiste um elevado potencial de erosão dos solos e sua degradação, pelo que se torna imprescindível avaliar a necessidade de implementar medidas de emergência para mitigar os efeitos dos processos erosivos e outras medidas de recuperação destas áreas ardidas (fot. 10).



Fot. 10 - Área ardida próximo de Queimadela, Fafe (Fotografia de A. Vieira, 2024).

Face às características do território, foi necessário implementar algumas medidas de emergência em locais considerados críticos (fot. 11). Com efeito, a precipitação ocorrida nos dias posteriores aos incêndios originou já processos erosivos significativos nas vertentes com declives mais acentuados e provocou acumulação de detritos e interrupção pontual de vias de comunicação.



Fot. 11 - Medidas de emergência implementadas em áreas críticas (Fotografia de A. Vieira, 2024).

NOTAS CONCLUSIVAS

A visita preconizada para o III Simpósio da Rede Incêndios-Fogo preconizou, assim, a exploração de problemáticas presentes neste território que nos permitissem observar e discutir a ação de processos e dinâmicas naturais enquadráveis nos riscos de erosão dos solos após incêndios florestais como um dos principais riscos naturais que ocorre no Noroeste de Portugal.

Os locais de paragem selecionados constituem excelentes exemplos da ocorrência destas dinâmicas, que ainda que integrando uma componente fundamentalmente natural, têm também envolvida uma importante componente antrópica. Neste território densamente ocupado e onde as atividades humanas se fazem de forma intensa e dispersa por todo ele, não poderíamos deixar de ter em conta a sua ação, quer enquanto fator condicionador, quer como desencadeador dos processos, em muitas situações.

São estes aspetos, sintetizados neste livro-guia, que serão abordados ao longo da visita.

Agradecimentos

Gostariamos de expressar os nossos agradecimentos ao Arq. Vitor Azevedo, Coordenador Municipal de Proteção Civil da Câmara Municipal de Braga, ao Eng.º Gilberto Gonçalves, Coordenador Municipal de Proteção Civil da Câmara Municipal de Fafe e ao Doutor Manuel Gerardo Roriz Ferreira Mendes, Juiz da Irmandade da Penha, pela disponibilidade e apoio na realização desta visita de estudo.

Bibliografia

- AGÊNCIA PARA A PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS (APIF) e INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA (ISA) (2005). *Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios, Estudo técnico I, Diagnóstico, Visão e Objectivos Estratégicos*, Lisboa. http://www.isa.utl.pt/pndfci/Proposta_Tecnica_PNDFCI.pdf
- Bento-Gonçalves, A. (2006). *Geografia dos incêndios em espaços Silvestres de Montanha – o caso da serra da Cabreira (Tese de Doutoramento)*. Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, Braga, 438 p. + VI anexos. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6508>
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Martins, C., Ferreira-Leite, F., Costa, F. (2009). A criação de Garranos na serra da Cabreira (Vieira do Minho) e o uso do fogo. *GEO-Working Papers*, nº. 2009/1, Guimarães, 96 p. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/13909>

- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Costa, F., Lourenço, L., Ferreira-Leite, F., Marçal, V. (2014). *Manifestações de Riscos no Noroeste de Portugal - Livro-Guia da Viagem de Estudo do III Congresso Internacional de Riscos*. RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 58 p. https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Outras_Pub/guias/Livro_Guia_Viagem_IIICIR.pdf
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Costa, F. S. (2016). *Livro-guia da visita de campo a serras do Noroeste Português, IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Ibero-Americano de Geografia Física*, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade do Minho, Guimarães, 36 p. https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Outras_Pub/guias/Livro_Guia_Viagem_IIICIR.pdf
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Baptista, G., Rocha, J., Moura, S. (2019). The 2017 Large Wildfire of Braga - Evaluation of the Different Conditions of the Burned Vegetation. *GEO-ECO-TROP*, 43(4). 627-640. http://www.geocotrop.be/uploads/publications/pub_434_13.pdf
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A. (2020). Wildfires in the wildland-urban interface: Key concepts and evaluation methodologies, *Science of the Total Environment*, 707, 135592. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135592>
- Cabral, J., Ribeiro, A. (1988). Carta Neotectónica de Portugal, Ed. SGP, Lisboa.
- Cardoso, J. *et al.* (1978). Carta dos Solos (III.1), Comissão Nacional do Ambiente, Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- Chaminé, H. G. I. O. (2000). *Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): Implicações Geodinâmicas (Tese de Doutoramento)*. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.
- Coelho, C. O. A., Ferreira, A. J. D., Boulet, A. K., Keizer, J. J. (2004). Overland flow generation processes, erosion yields and solute loss following different intensity fires. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 37(3), 233-240. DOI: <https://doi.org/10.1144/1470-9236/03-043>
- Correia, A. V., Oliveira, A. C. (2003). Principais espécies florestais com interesse para Portugal. Zonas de influência atlântica. *Estudos e Informação*, nº 322, DGF, Lisboa, 187 p. http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/documentos-tecnicos/resource/doc/Especies-florestais-zona-atlantica_EI-322_Correia-Oliveira_DGF_2003b.pdf
- Costa, F. S. (2008). *A Gestão das Águas Públicas: o caso da bacia hidrográfica do rio Ave no período 1902-1973 (Dissertação de Doutoramento em Geografia – Ramo de Geografia Física e Estudos Ambientais)*. Universidade do Minho. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8871>
- Daveau, S. (1985). Mapas Climáticos de Portugal – Nevoeiro e Nebulosidade, Contrastes Térmicos, Memórias nº 7, C.E.G. Lisboa, 95 p.
- Daveau, S. (1995). *Portugal Geográfico*, Edições João Sá e Costa, Lisboa, 221 p.
- Ferreira, A. B. (1983). Problemas de evolução geomorfológica quaternária do Noroeste de Portugal. *Cuadernos do Laboratorio Xeológica de Laxe*, 5, A Coruña, 311-330. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/5852>
- Ferreira, A. J. D., Coelho, C. O. A., Boulet, A. K., Leighton-Boyce, G., Keizer, J. J., Ritsema, C. J. (2005b). Influence of burning intensity on water repellence and hydrological processes at forest sites in Portugal. *Australian Journal of Soil Research*, 43, 327-336. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR04084>
- Ferreira, N., Iglesias, I., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M. L. (1987). Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. *Libro Homenaje a L. C. Garcia de Figueirola*, Ed. Ruela, Madrid, 37-51.
- Gomes, P. T., Pascoal, C., Faria, A. M., Pinho, M., Soares, N. N., Leite, A. S., Botelho, A. C. (2001). *Património natural da bacia do Ave*. Projecto Alba-Ter/Ave, Departamento de Biologia, Universidade do Minho, Braga, 70 p. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2211>
- Gomes, P. T., Botelho, A. (2004). Minho, Unidade Biogeográfica?. *Área*, 4, GeoPlanUM, Guimarães, 47-58.
- Lema, P. B. e Rebelo, F. (1996). *Geografia de Portugal, Meio Físico e Recursos Naturais*, Universidade Aberta, 447 p.

- LNEC - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (1985). *Metodologias para a avaliação de políticas de recursos hídricos: NATO PO-WATERS: Caracterização do regime de precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio Ave*, Ministério do Equipamento Social, LNEC, Lisboa.
- LNEC - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (1996). *Instalação de uma Monobóia para Descarga de Petróleo Bruto para a Refinaria do Porto, Caracterização das Condições Naturais – Relatório Final*. Relatório 172/96 – NPP, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Lourenço, L. (2006). Paisagens de socacos e riscos naturais em vales do rio Alva. *VI Colectâneas Cindinicas*, NICIF/ Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 188 p. https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Colectaneas_Cindinicas/Coletanea_Cindinica_VI
- Noronha, F. (2000). Enquadramento Geológico da Região do Porto. In: XX Curso de Actualização de Professores de Geociências, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto/ Associação Portuguesa de Geólogos, p.1-4.
- Oliveira, M. (2001). *Modificações do uso do solo na Serra da Penha. Relatório de investigação*. Guimarães: Universidade do Minho. 190 p.
- Pedrosa, A. S, Bento-Gonçalves, A., Vieira, A. B., Costa, F. S. (2010). *Livro-guia da viagem de estudo ao litoral norte e serras do noroeste português*. Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Coimbra, 87 p. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/13939>
- Pyne, S., Andrews, P., Laven, R. (1996). *Introduction to Wildland Fire*, John Wiley & Sons, New York.
- Ribeiro, O. (1986). *Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico*, João Sá da Costa, 4ª (1998 - 7ª ed.), 188 p.
- Thomas, A. D., Walsh, R. P. D., Shakesby, R. A. (2000). Post-fire forestry management and nutrient losses in eucalyptus and pine plantations, northern Portugal. *Land Degradation & Development*, 11, 257-271. DOI: [https://doi.org/10.1002/1099-145X\(200005/06\)11:3%3C257::AID-LDR383%3E3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1099-145X(200005/06)11:3%3C257::AID-LDR383%3E3.0.CO;2-C)
- Úbeda, X., Sala. M. (2001). Chemical concentrations in overland flow from different forested areas in a Mediterranean Environment: burned forest at different fire intensity and unpaved road. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 45, 225-238. https://ftp.schweizerbart.de/papers/zfg/detail/45/64248/Chemical_concentrations_in_overland_flow_from_different_forested_areas_in_a_Mediterranean_Environment_burned_forest_at_different_fire_intensity_and_unpaved_road
- Vieira, A., Bento-Gonçalves, A., Ferreira-Leite, F. (2011). 1.Geographic characterization. In António Bento-Gonçalves & António Vieira (eds.), *Field trip guidebook. 3rd international meeting of fire effects on soil properties*, Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, CEGOT, Universidade do Minho, Guimarães, 11-16. ISBN: 978-989-97214-1-8. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/12393>
- Vieira, A., Bento-Gonçalves, A., Rocha, José (2019a). Efeitos erosivos ocorridos após incêndio de outubro de 2017 em Braga. *Geomorfologia 2019. Que futuro para a Geomorfologia?*. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Vol. XI. 171-175. ISBN 978-989-96462-8-5.
- Vieira, A., Costa, F., Corrêa, L. (2019b). Valores geomorfológicos em áreas protegidas: o caso da Serra da Penha/ Guimarães (Portugal). *Physis Terrae*, 1(2), 155-170.

Índices de figuras

1 - Mapa do percurso de ida a realizar	5
2 - Localização do Noroeste de Portugal e divisão administrativa	9
3 - Relevo e principais rios do Noroeste de Portugal	10
4 - Carta geológica simplificada do Noroeste de Portugal	12
5 - Excerto da carta Neotectónica de Portugal, representando o Noroeste	13
6 - Gráfico termopluviométrico de Braga (1931-1960 / 1951-80 / 1961-90)	15
7 - Uso do solo no Noroeste de Portugal	19
8 - Distribuição da densidade populacional (2001) por freguesia, na NUT II Norte ...	21
9 - Evolução do número de ocorrências no Noroeste, de 2001 a 2020	23
10 - Evolução da área ardida no Noroeste, de 2001 a 2020	23
11 - Furacão Ofélia em Portugal, em 15 de Outubro de 2017	26
12 - Localização da área afetada pelo incêndio florestal de 2017 e cartografia da severidade do fogo	27
13 - Distribuição diária da precipitação em dezembro e horária no dia 10 de dezembro de 2019	28
14 - Localização das ocorrências reportadas e identificadas no terreno	29
15 - Identificação de áreas vulneráveis na IUF de Braga	29
16 - Esboço hipsométrico da Serra da Penha	34
17 - Imagem de satélite Sentinel, de 17 de setembro de 2024, evidenciando os incêndios florestais em curso	36

Índices de fotografias

Capa: Área afetada por incêndio em setembro de 2024, junto a Barbosa, Moreira de Rei (Município de Fafe)

Verso da capa: Medidas de emergência implementadas após o incêndio de setembro de 2024, junto a Queimadela (Município de Fafe)

1 - Panorâmica da vertente do Sameiro, após o incêndio	27
2 - Obstrução de infraestruturas urbanas e acumulação de sedimentos em áreas agrícolas	30
3 - Superfície de lavagem e erosão em sulcos	31
4 - Ravinas desenvolvidas em áreas ardidas	31
5 - Ravinas desenvolvidas em áreas ardidas	31
6 - Fotos de medidas de mitigação implementadas nas áreas afetadas pela erosão na equência da tempestade Ana	32
7 - Aspeto da Serra da Penha no final do século XIX, praticamente desprovida de cobertura arbórea	33
8 - Vista aérea sobre a Serra da Penha	35
9 - Incêndio no município de Fafe	37
10 - Área ardida próximo de Queimadela, Fafe	38
11 - Medidas de emergência implementadas em áreas críticas	38

Índice geral / *General index*

Percurso e horário	3
Introdução	7
1. Breve caracterização do Noroeste de Portugal	9
1.1. O relevo	10
1.2. Geologia	11
1.3. Clima	15
1.4. Hidrografia	17
1.5. Os solos e a cobertura vegetal	18
2. Breve caracterização humana	21
3. Erosão dos solos em áreas ardidas – Braga	22
3.1. Incêndio de Braga de 2017	25
3.2. Efeitos erosivos da tempestade Ana	28
4. Gestão de áreas florestais – Penha, Guimarães	33
5. Erosão dos solos em áreas ardidas – Fafe	36
Notas conclusivas	39
Bibliografia	39
Agradecimentos	39
Índice de figuras	43
Índices de fotografias	43
Índice Geral	45



Apoio à visita
de estudo de:

