

CICLO DE ESTUDOS

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Avaliação dos Riscos Naturais e Mistos que Ameaçam o Geopatrimónio do Aspirante a Geoparque Litoral de Viana do Castelo

Catarina Vieira Dias

M

2024/2025



Catarina Vieira Dias

Avaliação dos Riscos Naturais e Mistos que Ameaçam o Geopatrimónio do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território orientada pela Professora Doutora Susana da Silva Pereira e pelo Professor Doutor Ricardo Jorge Ponte de Matos Carvalhido

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

2024/2025

A todos os que acreditaram em mim
e me acompanharam nesta caminhada.

Índice

Declaração de honra.....	6
Agradecimentos.....	7
Resumo	8
Abstract	10
Índice de Figuras.....	12
Índice de Tabelas	13
Lista de abreviaturas e siglas.....	14
1. Introdução.....	15
1.1.Importância do Estudo e Motivação	15
1.2.Questões de Partida	18
1.3.Objetivo Geral e Objetivos Específicos.....	18
2. Estado da Arte.....	20
2.1.Geodiversidade e Geoconservação	20
2.2.Risco de Degradação do geopatrimónio	21
2.3.Geossítios e Monumentos Naturais	25
2.4.Processo de meteorização e erosão.....	26
2.5.Matrizes de risco	30
2.6.Cartografia dos perigos naturais e mistos aplicados ao Ordenamento do Território municipal	31
2.6.1.Zonas Ameaçadas pelas Cheias	32
2.6.2.Zonas Ameaçadas pelo Mar	33
2.6.3.Áreas de Instabilidade de Vertentes - Escarpas	33
2.6.4.Incêndios Rurais	34
3. Área de Estudo – Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo	35
3.1.Enquadramento Geográfico	35
3.2.Unidades de relevo.....	36
3.3.Geologia.....	40
3.4.Geomorfologia.....	45
3.5.Caracterização Climática	46

3.6. Uso e Ocupação do Solo	47
3.7. Incêndios Rurais.....	50
4. Monumentos Naturais do GLVC	53
5. Dados e Métodos.....	61
5.1. Dados Base	61
5.2. Metodologia	63
5.3. Matrizes de risco de degradação.....	65
5.4. Critérios de Classificação do Nível de Danos e da Perigosidade	66
6. Resultados.....	69
6.1. Exposição dos Monumentos Naturais.....	69
6.1.1. Zonas Ameaçadas por Cheias	69
6.1.2. Zonas Ameaçadas pelo Mar	69
6.1.3. Áreas de instabilidade de vertentes - escarpas	71
6.1.4. Incêndios rurais	73
6.1.5. Síntese da exposição	77
6.2. Processos Geomorfológicos Ativos	79
6.3. Matrizes de Risco.....	83
6.3.1. Zonas Ameaçadas por Cheias	83
6.3.2. Zonas Ameaçadas pelo Mar	84
6.3.3. Áreas de instabilidade de vertentes - Escarpas.....	86
6.3.4. Incêndios rurais	87
Considerações Finais	89
Referências Bibliográficas.....	93

Declaração de honra

Declaro que a presente dissertação é de minha autoria e não foi utilizada previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (textos, trabalhos, ideias) respeitam escrupulosamente as regras de atribuição de autoria e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Declaro, ainda, que não utilizei ferramentas de inteligência artificial generativa (chatbots baseados em grandes modelos de linguagem) para realização de parte(s) da presente dissertação, encontrando-se todas as interações (prompts e respostas) transcritas em anexo.

Porto, 30 de setembro de 2025

Catarina Vieira Dias

Agradecimentos

Agradeço profundamente à minha família pela oportunidade de ter estudado no Porto e pela paciência e apoio nos momentos mais stressantes do meu percurso académico.

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Susana da Silva Pereira, pela orientação, disponibilidade e pelos valiosos contributos que tornaram este trabalho possível.

Agradeço ao meu coorientador, Professor Doutor Ricardo Jorge Ponte de Matos Carvalhido, pela coorientação e pelo conhecimento transmitido sobre o Geoparque do Litoral de Viana do Castelo.

Aos amigos e ao meu namorado, agradeço a motivação e o companheirismo durante estes últimos cinco anos. O Porto tornou-se casa graças a vocês.

Resumo

Este trabalho foca-se na avaliação do risco de degradação que os perigos naturais e mistos podem causar no geopatrimónio do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo. A investigação surge da necessidade de colmatar a escassez de estudos que analisem de forma integrada a vulnerabilidade do património geológico e geomorfológico perante diferentes perigos de origem natural e mista, nomeadamente os processos geomorfológicos ativos, como os movimentos de vertente, as cheias e a subida do nível médio do mar, e ainda os incêndios rurais.

Para dar resposta a esta problemática, recorreu-se a metodologias de análise semi-quantitativa, que se concretizaram na construção de matrizes de risco. Estas matrizes cruzam a perigosidade, entendida como a probabilidade de ocorrência dos diferentes processos, com o nível de dano esperado sobre os monumentos naturais. Esta abordagem permitiu não só identificar as áreas mais expostas, mas também hierarquizar os geossítios em função da necessidade de intervenção prioritária para a sua conservação.

Os resultados obtidos evidenciam diferentes níveis de risco entre os Monumentos Naturais analisados. Nas Zonas Ameaçadas por Cheias, os Monumentos Naturais das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), das Falhas das Ínsuas do Lima 8 (MN 11) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) apresentam risco elevado, devido à proximidade ao Rio Lima e às áreas suscetíveis a inundações. Nas Zonas Ameaçadas pelo Mar, os Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7) e das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10) registam risco muito elevado, consequência da exposição direta à erosão costeira e aos galgamentos oceânicos. O Monumento Natural das Cascatas do Poço Negro (MN 8) revela risco elevado associado à instabilidade de vertentes e à possibilidade de queda de blocos, enquanto o Monumento Natural das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes (MN 6) se destaca nos incêndios rurais, também com risco elevado, devido à sua inserção em zonas florestais com alta recorrência de incêndios.

Este estudo contribui para a gestão e valorização do geopatrimónio, disponibilizando ferramentas de apoio à decisão que podem ser integradas em instrumentos de ordenamento do território e em estratégias de conservação da natureza. Adicionalmente, os resultados alcançados poderão servir de base para o desenvolvimento do futuro Plano e Regulamento de Gestão dos Monumentos Naturais do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo, reforçando a importância da sua proteção e conservação.

Palavras-chave: Geopatrimónio, Perigos Naturais, Perigos Mistos, Risco de degradação, Monumento Natural

Abstract

This study focuses on assessing the risk of degradation that natural and mixed hazards may cause to the geoheritage of the aspiring Viana do Castelo Coastal Geopark. The research arises from the need to address the scarcity of studies that analyse, in an integrated way, the vulnerability of geological and geomorphological heritage to different natural and mixed hazards, namely active geomorphological processes, rural fires, floods, and sea level rise.

To address this problem, semi-quantitative analysis methodologies were applied, resulting in the construction of risk matrices. These matrices combine hazard, understood as the probability of occurrence of the different processes, with the expected level of damage to natural monuments. This approach not only allowed the identification of the most exposed areas but also made it possible to rank the geosites according to their need for priority intervention.

The results obtained show different levels of risk among the Natural Monuments analysed. In the Flood-Prone Areas, the Monumentos Naturais das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11) and da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) present high risk, due to their proximity to the Lima River and to areas susceptible to flooding. In the Sea-Threatened Areas, the Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7) and das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10) show very high risk, as a consequence of their direct exposure to coastal erosion and ocean overtopping. The Monumento Natural das Cascatas do Poço Negro (MN 8) presents a high risk associated with slope instability and the possibility of rockfall, while the Monumento Natural das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes (MN 6) stands out in rural fire hazards, also with high risk, due to its location in forest areas with high recurrence of fires.

This study aims to make a concrete contribution to the management and enhancement of geoheritage by providing decision-support tools that may be integrated into spatial planning instruments and conservation strategies. Furthermore, the findings

may serve as a foundation for the development of the future Management Plan and Regulation for the Natural Monuments of the Viana do Castelo Coastal Geopark, reinforcing the importance of its protection and the promotion of sustainable development.

Key-words: Geoheritage; Natural Hazards; Mixed Hazards; Degradation Risk, Natural Monument

Índice de Figuras

FIGURA 1 – ESQUEMA DO RISCO DE DEGRADAÇÃO (FUERTES-GUTIÉRREZ <i>ET AL.</i> , 2016)	24
FIGURA 2 - ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.....	36
FIGURA 3 – CLASSES DE ELEVAÇÃO DO GLVC.	38
FIGURA 4 – CLASSES DE DECLIVES DO GLVC.....	40
FIGURA 5 - MAPA GEOLÓGICO DO GLVC.	44
FIGURA 6 - TEMPERATURA MÉDIA MENSAL E PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (FONTE: IPMA – NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE VIANA DO CASTELO / MEADELA 1981-2010).	47
FIGURA 7 - CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO GLVC.....	49
FIGURA 8 - CLASSES DE OCUPAÇÃO DO SOLO (%) - NÍVEL 4 COS 2018.	50
FIGURA 9 – ÁREAS ARDIDAS E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS RURAIS (2000-2023) DO GLVC.	51
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO ANUAL DA ÁREA ARDIDA E DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS NO MUNICÍPIO DE VIANA DO CASTELO (2000-2023) (FONTE: ICNF).	52
FIGURA 11 - CLASSES DE ELEVAÇÃO DOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.	57
FIGURA 12 - CLASSES DE DECLIVES NOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.	58
FIGURA 13 - ESQUEMA METODOLÓGICO PARA AVALIAR O RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC, TENDO EM CONTA A VULNERABILIDADE NATURAL.	63
FIGURA 14 - ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS NOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.....	69
FIGURA 15 – CENÁRIO DE INUNDAÇÃO COSTEIRA EM 2040, 2070 E 2100 (SSP 5) NOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.	70
FIGURA 16 - ÁREAS DE ESCARPA NOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC.....	71
FIGURA 17 - RECORRÊNCIA DE INCÊNDIOS RURAIS NO GLVC (2000-2023).	74
FIGURA 18 - CLASSES DE PERIGOSIDADE DE INCÊNDIO FLORESTAL NO GLVC	77

Índice de Tabelas

TABELA 1 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS CONCEITOS RELACIONADOS COM O RISCO DE <i>DEGRADAÇÃO</i> DO GEOPATRIMÓNIO NA LITERATURA (GARCIA-ORTIZ DE LANDALUCE <i>ET AL.</i> , 2014; VANDELLI <i>ET AL.</i> , 2024)	22
TABELA 2 - TIPOS DE GRANITOS NO MUNICÍPIO DE VIANA DO CASTELO	42
TABELA 3 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DOS MONUMENTOS NATURAIS E DO SEU INTERESSE GEOMORFOLÓGICO (CARVALHIDO, 2012; CARVALHIDO <i>ET AL.</i> , 2014).	53
TABELA 4 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DE ALTITUDE E DECLIVE DOS MONUMENTOS NATURAIS DO GLVC. 60	
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DOS DADOS DE BASE UTILIZADOS NESTA DISSERTAÇÃO.	62
TABELA 6 - MATRIZ DE RISCO DE DEGRADAÇÃO.	66
TABELA 7 - CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE DANOS E DA PERIGOSIDADE UTILIZADOS PARA A DEFINIÇÃO DA MATRIZ DE RISCO DE DEGRADAÇÃO DOS MN.	67
TABELA 8 - ÁREA DE RECORRÊNCIA DE INCÊNDIO RURAL (%) POR MONUMENTO NATURAL DO GLVC.	75
TABELA 9 - ÁREA CORRESPONDENTE A CADA PERIGO IDENTIFICADO EM CADA MONUMENTO NATURAL DO GLVC.	79
TABELA 10 - SÍNTESE DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS ATIVOS E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA POR MONUMENTO NATURAL.	81
TABELA 11 - MATRIZ DE RISCO PARA AS ZAC.	84
TABELA 12 - MATRIZ DE RISCO PARA AS ZAM.	86
TABELA 13 - MATRIZ DE RISCO PARA A INSTABILIDADE DE VERTENTES – ESCARPAS.	87
TABELA 14 - MATRIZ DE RISCO PARA OS INCÊNDIOS RURAIS.	88

Lista de abreviaturas e siglas

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

ProGeo - Associação Internacional para a Conservação do Património Geológico

MN – Monumento Natural

GLVC – Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo

PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

ZAC – Zonas Ameaçadas pelas Cheias

ZAM – Zonas Ameaçadas pelo Mar

REN – Reserva Ecológica Nacional

RJREN – Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional

RJCNB – Regime Jurídico da Conservação da Natureza e Biodiversidade

ZEC - Zona Especial de Conservação

ZEP – Zona Especial de Proteção

SIC – Sítios de Importância Comunitária

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

COS – Carta do Uso e Ocupação do Solo

POC – Programa da Orla Costeira

1. Introdução

1.1. Importância do Estudo e Motivação

No decorrer do final do século XIX e início do século XX, vários países europeus, incluindo Dinamarca, Suíça, Bélgica e República Checa, começaram a adotar medidas de conservação de áreas com interesse geomorfológico, reconhecendo a importância da preservação do património geológico (Henriques *et al.*, 2011).

A geoconservação tornou-se um tema de discussão a nível europeu com a realização do primeiro encontro global sobre o tema, em 1988, nos Países Baixos. Este evento culminou na criação do *European Working Group on Earth-Science Conservation*, uma iniciativa que evoluiu para *European Association for the Conservation of the Geological Heritage* (ProGeo) em 1993 e rapidamente se estabeleceu como uma das organizações mais importantes na promoção da troca de conhecimento na área da geoconservação, através da organização de inúmeras conferências e seminários (Reynard & Brilha, 2018).

Após a realização da *International Conference on the Protection of Geological Heritage* de 1991 em França, verificou-se um crescimento do interesse pela temática da geoconservação. Desde então, diversos países têm vindo a desenvolver políticas e iniciativas para a conservação do geopatrimónio, promovendo uma abordagem global para a sua proteção (Reynard & Brilha, 2018).

Nesse contexto um dos marcos mais importantes foi a criação do programa Geoparques Mundiais da UNESCO, em 2015, visando a identificação de territórios com património geológico de relevância internacional, geridos de forma integrada segundo uma estratégia de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Esta menção assemelha-se à designação *Reservas da Biosfera*, atribuída pela UNESCO a áreas reconhecidas pelo seu valor na conservação da biodiversidade, na investigação científica e no desenvolvimento sustentável das comunidades locais. A classificação de um Geoparque Mundial da UNESCO corresponde a uma “área única e unificada onde locais e paisagens de importância geológica internacional são geridos numa conceção holística de proteção, educação e desenvolvimento sustentável” (Comissão Nacional da UNESCO,

s.d.). Atualmente, a rede de Geoparques Mundiais da UNESCO é constituída por 229 geoparques em 50 países (UNESCO, 2025). Em Portugal, existem sete Geoparques Mundiais da UNESCO: o Geoparque Naturtejo, que integrou a rede em 2006, seguido pelo Geoparque de Arouca em 2009, o Geoparque Açores em 2013, o Geoparque Terras de Cavaleiros em 2014, o Geoparque Estrela em 2020, o Geoparque Oeste em 2024 e o mais recente geoparque Algarvensis em 2025. Com o objetivo de promover uma gestão colaborativa entre os geoparques portugueses, foi criada em 30 de junho de 2022 a Rede Portuguesa dos Geoparques Mundiais da UNESCO. Esta rede, composta por representantes da Comissão Nacional da UNESCO e de cada um dos geoparques, visa assegurar a proteção e valorização do património geológico, natural e cultural do país (UNESCO, 2025).

O Geoparque Litoral de Viana do Castelo, aspirante a Geoparque Mundial da UNESCO, foi formalmente constituído em 2017, sob a forma jurídica da Associação Geoparque Litoral de Viana do Castelo. O projeto teve início em 2016, ano em que foi distinguido com o Prémio Geoconservação pela ProGEO, distinção que viria a repetir-se em 2022. Ainda em 2017, foi reconhecido pela Comissão Nacional da UNESCO como membro observador do Fórum Português de Geoparques da UNESCO. Com a extinção deste fórum, em 2022, o geoparque passou a integrar igualmente como membro observador, a Rede Portuguesa dos Geoparques Mundiais da UNESCO. Atualmente, toda a gestão deste projeto é assegurada pela Câmara Municipal de Viana do Castelo.

Este projeto nasceu na sequência do trabalho de doutoramento de Ricardo Carvalhido (Carvalhido, 2012), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, realizado entre 2005 e 2012, e desenvolvido no Centro de Ciências da Terra da Universidade do Minho, o qual resultou na elaboração de um inventário de geossítios do município de Viana do Castelo. O processo de inventariação do património geológico realizado por Carvalhido (2012) resultou na identificação e avaliação de 13 Monumentos Naturais, seguindo as metodologias de Lima (2008) e Brilha *et al.* (2013).

A classificação destes geossítios como Monumentos Naturais, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho e versão alterada, Decreto-Lei n.º 242/2015, foi realizada em duas fases. Na primeira fase, em 2016, foram selecionados cinco geossítios

integrados na Rede Natura 2000 – Litoral Norte (ZEC PTCON007) - Alcantilado de Montedor, Canto Marinho, Pedras Ruivas e Ribeira de Anha, e Rio Lima (ZEC PTCON0020) - Ínsuas do Lima (Carvalhido, 2018b). Numa segunda fase, em 2018, os restantes oito geossítios foram igualmente classificados como Monumentos Naturais: Pavimentos Graníticos da Gatenha, Cascatas do Poço Negro, Cascatas da Ferida Má, Penedo Furado do Monte da Meadela, Turfeiras das Chãs de Arga, Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia, Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro e Dunas Trepadoras de Faro de Anha (Carvalhido, 2018b).

Tal como já referido, o município integra áreas classificadas da Rede Natura 2000 que têm como objetivo assegurar a conservação da biodiversidade, conciliando-a com o desenvolvimento económico e social dos territórios. Esta classificação é essencial estabelecendo orientações para a gestão territorial nas Zonas Especiais de Conservação (ZEC), nas Zonas de Proteção Especial (ZPE) e nos Sítios de Importância Comunitária (SIC), conforme o disposto no Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril, e sucessivas alterações, que transpõem para a ordem jurídica interna as diretivas comunitárias relativas à conservação dos habitats naturais e da fauna e flora selvagens.

Esta investigação surge da necessidade de colmatar a escassez de estudos que avaliem o impacto dos processos geomorfológicos atuais na degradação do geopatrimónio e os riscos associados aos incêndios rurais. O estudo foca-se na elaboração de matrizes de risco que cruzam os possíveis danos provocados por processos geomorfológicos, perigos naturais e incêndios rurais com a respetiva probabilidade de ocorrência (perigosidade). Estas matrizes constituem uma ferramenta essencial para identificar prioridades de intervenção nos Monumentos Naturais sujeitos a maior risco de degradação. Os geossítios são elementos geológicos que pelo valor científico devem ser protegidos e conservados. A designação legal destes locais é Monumento Natural.

Considerando a importância dos elementos geológicos inventariados, torna-se imperativo preservar a identidade geológica e geomorfológica da região em estudo. Adicionalmente, esta investigação poderá contribuir significativamente para o

desenvolvimento do Plano e do Regulamento de Gestão dos Monumentos Naturais do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo, permitindo integrar estratégias de preservação do valor científico, turístico e educativo das áreas classificadas.

Importa ainda salientar que, até ao momento, não existe conhecimento de qualquer estudo desta natureza realizado para geoparques em Portugal que siga esta abordagem de avaliação de risco de degradação de geossítios classificados como monumentos naturais.

1.2. Questões de Partida

Nesta investigação estabeleceu-se o seguinte conjunto de questões de partida relacionadas com os Monumentos Naturais do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo:

- Quais são os Monumentos Naturais que se encontram expostos a perigos naturais e mistos?
- Quais são os possíveis danos gerados por esses perigos naturais e mistos nos Monumentos Naturais?
- Qual é o risco de degradação dos Monumentos Naturais afetados por processos geomorfológicos atuais que atuam em áreas ameaçadas por cheias, subida do nível do mar, movimentos de massa e incêndios rurais?
- Quais são os Monumentos Naturais com maior necessidade de preservação face aos perigos naturais e mistos identificados?

1.3. Objetivo Geral e Objetivos Específicos

De forma geral, o principal objetivo desta dissertação é avaliar o risco de degradação dos geossítios, focados na vulnerabilidade natural do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo que pode ser afetado por processos perigosos de origem natural e mista, com especial enfoque na dimensão dinâmica dos processos geomorfológicos ativos, que podem afetar o valor científico, turístico e educativo, bem como os serviços da geodiversidade prestados.

Para atingir este objetivo, elaboraram-se matrizes de risco para identificar os geossítios com maior necessidade de intervenção, contribuindo para a salvaguarda e preservação do património geológico da região.

Neste contexto, foram estabelecidos um conjunto de objetivos específicos:

- Caracterizar os Monumentos Naturais do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo;
- Avaliar os diferentes níveis de perigosidade, ao nível do município, relativamente a incêndios rurais, erosão costeira, subida do nível médio do mar, zonas ameaçadas por cheias e instabilidade de vertentes;
- Avaliar a exposição dos diferentes Monumentos Naturais aos perigos naturais e mistos;
- Elaborar matrizes de risco para cada perigo natural e misto, integrando informação sobre o nível de dano e o nível de perigosidade dos diferentes Monumentos Naturais;
- Identificar os Monumentos Naturais com necessidade de implementação de medidas de preservação dos seus valores científicos, educativos e turísticos, face a perigos de origem natural e mista.

2. Estado da Arte

2.1. Geodiversidade e Geoconservação

As primeiras contribuições científicas no estudo da geoconservação e da geodiversidade remontam ao início da década de 90 do século XX (Vieira *et al.*, 2021). A literatura refere frequentemente trabalhos desenvolvidos por Sharples (1993), Kiernan (1994) e Dixon (1996), que foram fundamentais na definição e discussão dos conceitos de geoconservação e geodiversidade.

Ao longo das últimas três décadas, a investigação científica em torno da geodiversidade e da necessidade da sua conservação tem vindo a crescer significativamente, refletindo-se no aumento de publicações e no desenvolvimento de metodologias de inventariação e conservação do património geológico (Vieira *et al.*, 2021). A maioria destas metodologias centra-se na avaliação do valor científico dos geossítios, bem como no seu potencial educativo e turístico. No entanto, os estudos que visam avaliar o risco de degradação continuam a ser negligenciados, apesar da sua elevada importância para a conservação destas áreas (Selmi *et al.*, 2022).

Segundo Williams *et al.* (2020), estas metodologias qualitativas e quantitativas surgem na literatura no contexto do conceito de geodiversidade, termo que é definido como "a variedade natural (diversidade) de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo, topografia, processos físicos), pedológicas (solos) e hidrológicas". Inclui os seus conjuntos, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens (Gray, 2013, p. 12).

A geodiversidade, segundo Brilha (2005), é a variedade de elementos abióticos da natureza tais como rochas, minerais, fósseis, solos e paisagens, assim como os processos naturais que lhes dão origem, sendo a base para o geopatrimónio e a geoconservação. Esta última compreende um conjunto de ações voltadas para a preservação e valorização de elementos geológicos, geomorfológicos e do solo, promovendo a inventariação e a salvaguarda destes locais, frequentemente ameaçados por perigos

naturais e mistos (Prosser *et al.*, 2011). Já o património geológico refere-se ao “conjunto de geossítios que ocorrem numa determinada área e que inclui o património geomorfológico, paleontológico, mineralógico, petrológico, estratigráfico, tectónico, hidrogeológico e pedológico” (Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho e versões alteradas, D.R.).

Em Portugal, tem-se verificado um aumento da valorização da conservação do património geológico (Brilha & Carvalho, 2010), tendo os primeiros trabalhos no âmbito desta área sido realizados por Flores (1939). Contudo, apesar de se registarem algumas iniciativas de proteção e salvaguarda do património geológico desde o início do século XX, apenas a partir da criação do Museu Nacional de História Natural (1996-1997) se começaram a desenvolver ações mais consistentes (Brilha & Carvalho, 2010). Mais tarde, com a fundação da associação ProGEO (2000), reforçou-se ainda mais o impulso dado à conservação do património geológico.

2.2. Risco de Degradação do geopatrimónio

Diversos autores como Fuertes-Gutiérrez *et al.* (2013) e Garcia-Ortiz de Landaluze *et al.* (2014) destacam a existência de uma lacuna na literatura relacionada com a avaliação dos riscos de degradação e da suscetibilidade dos geossítios a processos perigosos de origem natural e mista. Este tópico carece de estudos dedicados ao tema e à ausência de consenso entre os autores, que frequentemente recorrem a métodos distintos e adotam terminologias ambíguas, resultando em estudos difíceis de analisar e impossíveis de comparar entre si (Fuertes-Gutiérrez *et al.*, 2013). Essa divergência é evidenciada na Tabela 1, mostrando que o mesmo conceito pode ter significados diferentes dependendo do autor e da publicação.

Tabela 1 - Análise comparativa dos conceitos relacionados com o risco de *degradação* do geopatrimónio na literatura (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014; Vandelli *et al.*, 2024)

Autores	Conceitos	Definição
Kiernan (1995)	Vulnerabilidade Sensibilidade	Vulnerabilidade: potencial para degradação dos valores de conservação. Sensibilidade: resulta da combinação entre a vulnerabilidade de um elemento e a escala dos riscos associados à degradação, como a erosão do solo ou os movimentos de massa.
Brilha (2005)	Fragilidade	Refere-se à capacidade de um elemento resistir à degradação provocada por intervenções humanas.
Carcavilla <i>et al.</i> (2007)	Risco de Degradação Vulnerabilidade Fragilidade Sensibilidade	Avaliação do risco de degradação através da integração de critérios ambientais, sociais e culturais.
de Lima <i>et al.</i> (2010)	Vulnerabilidade	Degradação resultante de fatores naturais e atividades humanas.
Fuertes-Gutiérrez and Fernández-Martínez (2010)	Fragilidade Vulnerabilidade Risco de Degradação	Análise metodológica da vulnerabilidade e fragilidade dos geossítios, com foco nas ameaças atuais e futuras.
Garcia-Ortiz de Landaluce <i>et al.</i> (2014)	Risco de Degradação	Análise da suscetibilidade considerando apenas critérios naturais (fragilidade e vulnerabilidade natural).

Nos últimos anos, os estudos mais abrangentes sobre a avaliação do risco de degradação foram realizados por Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.* (2014), Azevedo *et al.* (2024) e Selmi *et al.* (2022). Garcia-Ortiz *et al.* (2014) tiveram como objetivo estabelecer um consenso entre os especialistas que trabalham nesta área, enquanto Azevedo *et al.* (2024) e Selmi *et al.* (2022) investigaram a degradação provocada pelas alterações climáticas, como a subida média do nível do mar, a erosão costeira e os cenários de inundação.

De acordo com Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.* (2014), o risco de degradação pode ser definido como a probabilidade de um geossítio perder as suas características. Logo,

a avaliação deste risco deve ter em conta os elementos que o podem danificar ou destruir, considerando tanto os fatores intrínsecos quanto os extrínsecos que podem comprometer a integridade dos geossítios (Azevedo *et al.*, 2024) (Figura 1).

A sensibilidade está relacionada com a probabilidade de um geossítio sofrer danos em função de suas características intrínsecas, mas também considera fatores externos como a distância às estradas, a densidade populacional, a acessibilidade, entre outros (Azevedo *et al.*, 2024; Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014; Selmi *et al.*, 2022). Por outro lado, a fragilidade refere-se à sensibilidade do geossítio em ser danificado ou destruído por fatores intrínsecos, ou seja, relacionados com a sua dinâmica natural (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014). Já a vulnerabilidade relaciona-se com a sensibilidade do geossítio ser danificado ou destruído por fatores extrínsecos, podendo estes ser de origem natural (ex.: erosão costeira e movimentos de massas) ou antrópica (ex.: recolha de elementos) (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014). Quando o elemento de interesse geológico está sujeito a danos que não estão relacionados com os processos que o originaram, designa-se como vulnerabilidade natural (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014). Nesta última, avalia-se a presença de processos em atividade que tem impacto no geossítio e a proximidade deste com possíveis fatores de degradação (Azevedo *et al.*, 2024; Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014; Selmi *et al.*, 2022)

Já a vulnerabilidade antrópica reflete a sensibilidade de um geossítio em ser danificado ou destruído por atividades humanas devido a interesses económicos como é o exemplo da extração de minerais Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.* (2014). A diferença entre fragilidade e vulnerabilidade natural reside no interesse da investigação (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014). Quando o objetivo é avaliar a destruição provocada em formas de relevo ou locais com interesse geológico, considera-se fragilidade, pois trata-se de um processo natural que criou e danificou o geossítio (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014).

O uso público determina a probabilidade de um geossítio ser danificado ou destruído, através de fatores como a alta acessibilidade ou intenso fluxo de visitantes.

Estes elementos podem aumentar a vulnerabilidade antrópica do geossistema, elevando o risco de degradação provocado por impactos humanos. Assim, o risco associado ao uso público pode ser definido como “a suscetibilidade do geossítio a danos devido à sua localização e aos usos atuais ou potenciais do local” (Garcia-Ortiz de Landaluce *et al.*, 2014, pp. 467-468). Neste critério são consideradas a proximidade humana associada ao risco de degradação, a acessibilidade e a densidade da população do local, além da proteção física do geossítio e do controlo de acesso à área do geossítio (Selmi *et al.*, 2022).

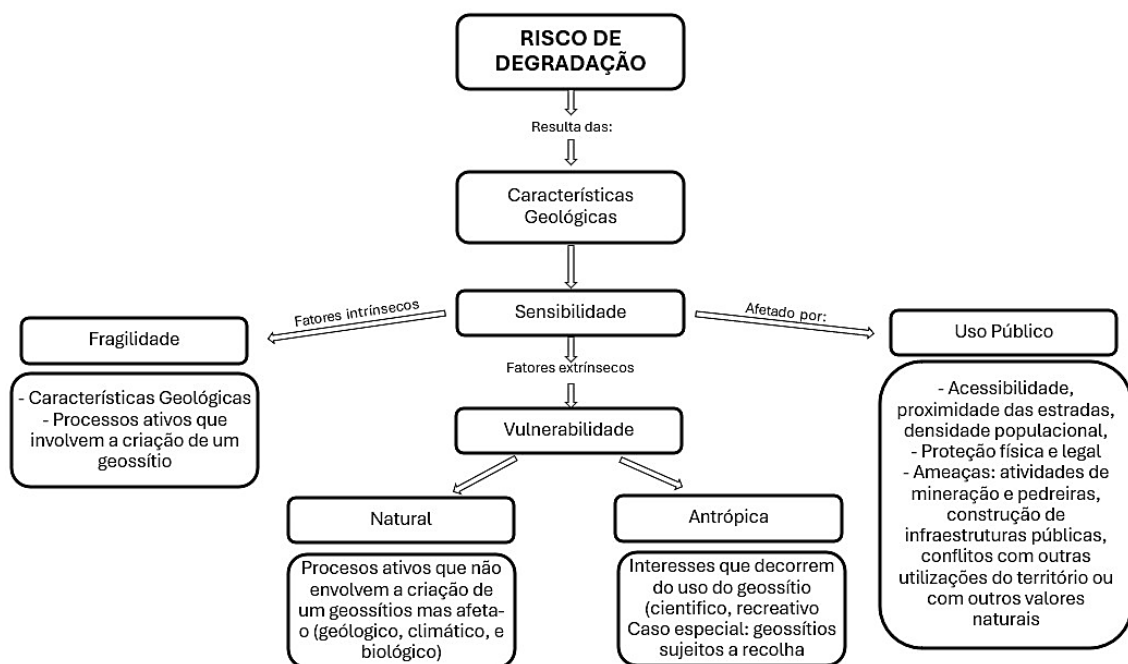


Figura 1 – Esquema do Risco de Degradação (Fuertes-Gutiérrez *et al.*, 2016)

2.3. Geossítios e Monumentos Naturais

O conceito de geossítio, segundo Brilha (2005), pode ser definido como a “ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (aflorantes, quer em resultado da ação de processos naturais, quer devido à intervenção do homem), bem delimitado geograficamente e que apresente valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico ou outro” (Brilha, 2005, p. 52).

Em Portugal, o Inventário Nacional do Património Geológico, atualmente sob tutela do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), reúne um conjunto de geossítios de relevante interesse geológico (<https://geoportal.lneg.pt/pt/bds/geossitios>), incluindo atualmente quase 400 registos.

Na legislação nacional, o Regime Jurídico da Conservação da Natureza e Biodiversidade (RJCNB) oferece suporte à criação de áreas protegidas destinadas à salvaguarda de geossítios às escalas local, regional e nacional. Um monumento natural pode ser definido como “uma ocorrência natural contendo um ou mais aspetos que, pela sua singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos, científicos e culturais, exigem a sua conservação e a manutenção da sua integridade” (RJCNB, Art. 20º). Os Monumentos Naturais são designados formalmente como áreas protegidas e fazem parte do Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC), estando sujeitos a regulamentações específicas que asseguram a sua proteção e a integridade dos seus valores únicos. São classificados como áreas protegidas “as áreas terrestres e aquáticas interiores e as áreas marinhas em que a biodiversidade ou outras ocorrências naturais apresentem, pela sua raridade, valor científico, ecológico, social ou cénico, uma relevância especial que exija medidas específicas de conservação e gestão, no sentido de promover a gestão racional dos recursos naturais e a valorização do património natural e cultural, regulamentando as intervenções artificiais suscetíveis de as degradar” (RJCNB, Art. 10.º).

2.4. Processo de meteorização e erosão

Os materiais disponíveis na superfície da Terra resultam de transformações que ocorrem na crosta terrestre e que se modificam devido às interações com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera. Estas transformações correspondem ao processo de meteorização, definidos como o conjunto de modificações físicas e químicas que as rochas sofrem, principalmente, ao aflorar à superfície terrestre (Toledo *et al.*, 2007):

- Meteorização física: processos de desagregação das rochas.
- Meteorização química: processos de decomposição dos minerais.

Os fatores que condicionam a meteorização incluem a variação da temperatura, a ação da fauna e da flora, e o tempo de exposição das rochas aos agentes erosivos.

Globalmente, os processos de meteorização estão distribuídos de forma desigual. Apenas cerca de 14% da superfície dos continentes não apresenta alteração química, os restantes 86% sofrem alteração química. As regiões onde não se verifica alteração química correspondem às regiões sem água no estado líquido, isto é, regiões polares com temperaturas inferiores a 0 °C, onde a água permanece sólida; ou zonas áridas, com escassez de precipitação (Toledo *et al.*, 2007).

A meteorização física ocorre quando as rochas sofrem roturas devido à atuação de agentes de meteorização mecânica (Huggett, 2011; Toledo *et al.*, 2007):

- Termoclastia - provocada pelas variações de temperatura entre o dia e a noite, entre estações do ano, e durante um incêndio que causam expansão e contração dos minerais, levando à fragmentação das rochas em fragmentos mais pequenos;
- Crioclastia - infiltração da água nas fraturas da rocha, exercendo pressão devido ao crescimento de cristais de gelo, o que contribui para o aumento da rede de fraturas e consequente fragmentação;
- Exfoliação – ocorre quando materiais subjacentes são removidos por erosão, provocando alívio da pressão exercida nas rochas, originando o destacamento de camadas;

- Halocastia – resulta da cristalização de sais nos poros das rochas originando a sua dilatação e consequente fragmentação da rocha.

Uma vez fragmentadas, as rochas ficam mais expostas, permitindo que a meteorização física abra caminho e facilite a meteorização química.

Esta última acontece porque as rochas, ao aflorarem à superfície, encontram condições muito diferentes daquelas em que se formaram. Os minerais entram em desequilíbrio e sofrem transformações químicas, originando minerais mais estáveis à superfície (Huggett, 2011; Toledo *et al.*, 2007):

- Dissolução – alguns minerais dissolvem-se diretamente em água. Quando a água contém dióxido de carbono dissolvido, adquire caráter ácido, o que facilita a quebra das ligações químicas dos minerais. As rochas que sofrem este tipo de meteorização química podem dar origem a cavidades e formas de relevo cárstico, resultantes da perda de material rochoso.
- Oxidação – reação do oxigénio atmosférico (ou dissolvido na água) com minerais;
- Hidratação – incorporação de moléculas de água na estrutura mineral, formando novos minerais.
- Hidrólise – reação química entre a água e minerais primários, dando origem a minerais secundários mais estáveis à superfície.
- Acidólise – ocorre em climas frios, onde a matéria orgânica não se decompõe totalmente, originando ácidos orgânicos que atacam minerais primários (ex.: ferro e alumínio). Em casos extremos, em que as rochas sofrem acidólise total, conduz à formação de solos pobres, dominados apenas por minerais insolúveis como o quartzo (ex.: solos podzólicos).

A erosão é o processo pelo qual diversos agentes erosivos, como a água, o vento e a gravidade, que atuam sobre a superfície terrestre, removem e deslocam os materiais geológicos (Felix & Filho, 2020). A erosão ocorre em diferentes ambientes e pode ser classificada de acordo com o agente erosivo dominante: fluvial, eólico, glacial, marinho, gravitacional e hídrico (Félix & Filho, 2020):

- Erosão fluvial e marinha: originada pelo fluxo de um rio ou de um oceano, ocorre geralmente através de dois processos principais, corrosão e corrasão:
 - Corrosão (processo químico) - Ocorre quando a água do rio ou do mar reage quimicamente com os minerais da rocha, dissolvendo-os lentamente (dissolução).
 - Corrasão (processo físico) - ocorre quando existe desgaste físico da rocha por:
 - Abrasão/abrasão marinha: processos de atrito mecânico provocados pelo impacto das partículas transportadas nas superfícies que estão em contato com elas;
 - Ação hidráulica: a força das ondas e das correntes empurra e arrasta partículas contra a rocha, desgastando-a diretamente.
- Erosão gravitacional: exerce uma força constante sobre as partículas da superfície terrestre, provocando efeitos diretos no seu deslocamento, como nos movimentos de massa do tipo *creep*, ou potenciando outros processos quando associada a fatores como chuvas intensas e escoamento superficial, podendo desencadear erosão das partículas e movimentos de massa.
- Erosão hídrica: desempenha um papel importante na erosão, pois a energia das gotas de água pode deslocar partículas do solo num processo conhecido como erosão por salpicamento (*splash*). A intensidade deste efeito depende de vários fatores, incluindo o volume e a intensidade da precipitação, a cobertura vegetal, a inclinação do terreno, a granulometria e a coesão do solo, bem como o tipo de uso do solo, seja urbano ou agrícola.

Após a erosão, os sedimentos entram em movimento num processo denominado transporte, que consiste na movimentação de material na superfície terrestre, provocada por agentes como água, vento, gravidade e até pela ação humana (Félix & Filho, 2020). Quando a força exercida pelos agentes de transporte se torna menor do que a inércia das partículas, os sedimentos acumulam-se, dando origem à deposição (Félix & Filho, 2020).

De forma geral, a meteorização e a erosão atuam de forma lenta e progressiva. No entanto, em eventos extremos, como cheias, subida do nível do mar, movimentos de vertente ou incêndios rurais, esses processos são intensificados e acelerados.

No caso das zonas afetadas pelas cheias, o solo permanece em contato prolongado com a água, favorecendo processos de meteorização química, uma vez que os minerais se alteram. Estas zonas estão ainda sujeitas à erosão fluvial por corrasão, onde se observa o impacto das partículas transportadas contra as margens e o desgaste direto provocado pela força das correntes (ação hidráulica).

Nas zonas ameaçadas pelo mar, as rochas em contacto prolongado com a água do mar sofrem meteorização física, sobretudo haloclastia, mas também dissolução, oxidação e hidrólise.

Nos movimentos de vertente, a meteorização física desempenha um papel importante, pois a fragmentação das rochas (ex.: queda de blocos) aumenta a instabilidade.

Os incêndios rurais podem levar à degradação dos elementos da geodiversidade, nomeadamente pela perda de elementos sensíveis, pela ocorrência de processos erosivos e por alterações mineralógicas e texturais que, embora em microescala, podem contribuir para a sua deterioração (Gonçalves *et al.*, 2024). Para além disso, podem desencadear processos de meteorização, ainda que de forma menos direta, uma vez que a destruição da vegetação circundante remove a proteção natural do solo, expondo-o à ação erosiva. Nestes contextos, em situações de chuvas intensas, intensifica-se a erosão hídrica através do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e de processos de erosão gravitacional, dado que a ausência de cobertura vegetal aumenta a instabilidade das vertentes e favorece os movimentos de massa (Félix & Filho, 2020).

Segundo, os geossítios mais resistentes à exposição intensa ao fogo são aqueles que são constituídos por rochas de maior resistência. A potencial perda de valor cénico pode manifestar-se através da alteração da cor das rochas e da redução da diversidade

cromática, fatores diretamente associados à atratividade destes locais, dado que influenciam a sua estética (Gonçalves *et al.*, 2024). Para além disso, a alteração da cobertura vegetal após o incêndio também pode comprometer o valor cénico (Gonçalves *et al.*, 2024).

Os impactos da atuação dos processos geomorfológicos atuais ligados aos processos perigosos de inundação fluvial, inundação costeira e instabilidade de vertentes, assim como de incêndios rurais podem ser revertidos através de medidas de gestão e de recuperação adequadas.

2.5. Matrizes de risco

Os riscos naturais resultam do funcionamento dos sistemas naturais (p.ex., sismos, movimentos de massa em vertentes, erosão do litoral, cheias e inundações), enquanto os riscos mistos ou ambientais resultam da combinação de ações continuadas da atividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais (p.ex., incêndios florestais, contaminação de cursos de água e aquíferos, degradação e contaminação dos solos) (Julião *et al.*, 2009).

O conceito de risco corresponde à probabilidade de ocorrência de um processo perigoso e à respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, directos ou indirectos. Corresponde ao produto da perigosidade pela consequência ($R = P \cdot C$) (Julião *et al.*, 2009).

As matrizes de risco são análises semi-quantitativas simples utilizadas para priorizar riscos, permitindo visualizar de forma esquemática as consequências e a probabilidade associadas a cada evento (Duijm, 2015; Simmons, 2020). Esta ferramenta consiste numa tabela que cruza categorias de consequência com categorias de probabilidade, normalmente divididas em classes de risco (ex.: Muito Elevado, Elevado, Moderado, Baixo e Muito Baixo).

Cada célula da tabela representa a combinação de uma categoria de consequência com uma categoria de probabilidade, permitindo assim atribuir um nível de risco ao evento. Os níveis de risco são frequentemente representados por cores, facilitando a

identificação da gravidade dos riscos; por exemplo, verde indica risco muito baixo e vermelho indica risco muito elevado (Duijm, 2015).

2.6. Cartografia dos perigos naturais e mistos aplicados ao Ordenamento do Território municipal

Neste contexto, a Reserva Ecológica Nacional (REN) surge como um instrumento fundamental de Ordenamento do Território, orientado para a prevenção de riscos naturais e para a conservação dos valores ecológicos. A REN visa a proteção de diferentes tipologias territoriais que, devido ao seu valor ecológico, sensibilidade ambiental ou vulnerabilidade a riscos naturais, estão sujeitas a um regime especial de proteção, o Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN) (Dec. Lei n.º 124/2019, D.R.) .

Esta proteção assume a forma de um regime de restrição de utilidade pública, no qual são definidos condicionantes ao uso e à ocupação do solo, com os seguintes objetivos principais (Dec. Lei n.º 166/2008, D.R.; <https://www.ccdrc.pt/pt/ren/>):

- Proteger os recursos naturais água e solo, bem como salvaguardar sistemas e processos biofísicos associados ao litoral e ao ciclo hidrológico terrestre, que asseguram bens e serviços ambientais indispensáveis ao desenvolvimento das atividades humanas;
- Prevenir e reduzir os efeitos da degradação da recarga de aquíferos, dos riscos de inundação marítima, de cheias, de erosão hídrica do solo e de movimentos de massa em vertentes, contribuindo para a adaptação aos efeitos das alterações climáticas e acautelando a sustentabilidade ambiental e a segurança de pessoas e bens;
- Contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza;
- Contribuir para a concretização, a nível nacional, das prioridades da Agenda Territorial da União Europeia nos domínios ecológicos e da gestão transeuropeia de riscos naturais.

As áreas de prevenção de riscos naturais que fazem parte da REN compreendem as Zonas Ameaçadas pelo Mar, as Zonas Ameaçadas por Cheias e as Áreas de Instabilidade de Vertentes. Estas áreas estão sujeitas a um regime de proteção específico, o Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN). Neste trabalho o foco será voltado sobretudo para a exposição dos Monumentos Naturais a estes processos perigosos de origem natural e mista, que podem condicionar a vulnerabilidade intrínseca dos Monumentos Naturais, devido aos processos geomorfológicos atuantes na atualidade. A cartografia da REN utilizada neste trabalho foi produzida por terceiros, sendo que aqui apenas foi utilizado o zonamento final. Por esse motivo, a metodologia de construção desta cartografia não será alvo de detalhamento aprofundado, salientando-se que foi publicada em 2008 com a revisão da REN. De qualquer forma, devido às limitações da informação de base, resolução espacial e temporal dos temas e limitações dos modelos de avaliação da suscetibilidade, pode ter limitações no zonamento final das áreas suscetíveis, limitações essas que não foram avaliadas nesta dissertação.

As Zonas Ameaçadas pelo Mar e as Zonas Ameaçadas por Cheias são áreas suscetíveis a inundações, embora apresentem características e causas distintas. Segundo o Dec. Lei n.º 115/2010 do Diário da República, que estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações que “são um fenómeno natural que não pode ser evitado” (Dec. Lei n.º 115/2010, D.R.), podendo resultar em perdas humanas, danos ao património cultural e impactos ambientais significativos. No entanto, diversos fatores, como determinadas atividades humanas e as alterações climáticas, podem aumentar a probabilidade e a frequência de ocorrência desse risco natural.

2.6.1. Zonas Ameaçadas pelas Cheias

As Zonas Ameaçadas por Cheias são "áreas suscetíveis de inundação devido ao transbordo da água dos cursos de água e dos estuários, provocado pela ocorrência de caudais elevados e pela ação combinada de vários fenómenos hidrodinâmicos característicos destes sistemas" (Portaria nº 336/2019, D.R., p.43). A delimitação destas áreas varia consoante o uso e a ocupação do solo, bem como a relevância dos elementos expostos ao risco. Nas zonas onde os impactos das cheias podem ser significativos,

considera-se um cenário de cheia com um período de retorno de 100 anos, nomeadamente em áreas mais urbanizadas. Por outro lado, em zonas onde os efeitos possam incidir sobre usos agrícolas ou florestais, e os impactos sejam considerados menos relevantes, a delimitação das zonas inundáveis pode basear-se na maior cheia histórica conhecida (Portaria nº 336/2019, D.R.).

No âmbito desta dissertação não foi possível obter em tempo útil informação detalhada sobre a altura da coluna de água, sobre o caudal e a frequência temporal da ocorrência das inundações fluviais. Entretanto, o PDM de Viana do Castelo em vigor data de 2008, sendo que a nova versão do mesmo documento se encontra em revisão.

2.6.2. Zonas Ameaçadas pelo Mar

As Zonas Ameaçadas pelo Mar correspondem às áreas suscetíveis a inundações por galgamento oceânico, fenómeno que ocorre quando a água do mar ultrapassa barreiras naturais ou artificiais, invadindo o território terrestre (Portaria nº 336/2019, D.R.). A delimitação dessas zonas, que segundo o previsto na Portaria n.º 336/2019 do Diário da República, é feita com base em quatro parâmetros principais: a cota do nível médio do mar, a elevação da maré astronómica, a sobre-elevação meteorológica e o espraio da onda.

2.6.3. Áreas de Instabilidade de Vertentes - Escarpas

As Áreas de Instabilidade de Vertentes são zonas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa, como deslizamentos, desabamentos e quedas de blocos, devido às características do solo e subsolo, ao declive, à morfologia da vertente ou escarpa e às condições hidrogeológicas do solo (Portaria nº 336/2019, D.R.). Estas áreas correspondem a zonas onde o declive é mais acentuado, estando, por isso, sujeitas à ocorrência de fenómenos erosivos rápidos e intensos. A sua delimitação deve ter em conta três etapas principais: a inventariação e análise de movimentos passados, a identificação dos fatores de predisposição e a modelação estatística através do Método do Valor Informativo (Portaria nº 336/2019, D.R.).

2.6.4. Incêndios Rurais

Um incêndio rural é definido como “a deflagração ou progressão do fogo, de modo não planeado ou não controlado, em território rural, requerendo ações de supressão” (Decreto-Lei n.º 82/2021, Diário da República).

Na sequência da gravidade e da frequência crescente dos incêndios florestais em Portugal, criaram-se, em 2006, os Planos Municipais de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI), um instrumento de planeamento que, ao nível local e municipal, operacionaliza um conjunto de medidas de prevenção e de combate aos incêndios rurais (PMDFCI – Guia Técnico, 2012). No caso do município de Viana do Castelo, o PMDFCI utilizado nesta dissertação data de 2019.

O Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, constitui o quadro legal de referência para a gestão dos incêndios rurais em Portugal, tendo como objetivo fundamental a proteção das pessoas e dos bens. Este sistema assenta em seis fases de atuação: planeamento, prevenção, preparação, supressão, socorro e recuperação pós-evento (Decreto-Lei n.º 82/2021, D.R.). A sua estrutura organiza-se em dois eixos fundamentais (Decreto-Lei n.º 12/2018, D.R.): (i) Gestão de Fogos Rurais (GFR) voltada para a defesa e sustentabilidade dos espaços florestais; (ii) Contra Incêndios Rurais (PCIR) direccionado para a salvaguarda de pessoas e bens, incluindo aglomerados populacionais.

Entre os instrumentos previstos no Decreto-Lei n.º 82/2021, destaca-se a Carta de Perigosidade de Incêndio Rural 2020-2030 a nível nacional, que constitui uma componente essencial para identificar as áreas com maior probabilidade de ocorrência de fogos. Esta carta permite orientar a definição de medidas de ordenamento e gestão dos espaços florestais, bem como apoiar na prevenção e no combate a incêndios rurais (Decreto-Lei n.º 82/2021, D.R.).

3. Área de Estudo – Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo

3.1. Enquadramento Geográfico

O Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo (GLVC) coincide com a área administrativa do município de Viana do Castelo, localizado no noroeste de Portugal Continental, pertencente à região do Alto Minho (NUT III do Minho-Lima). Com aproximadamente 320 km² de área, o geoparque aspirante estende-se desde a costa atlântica, que apresenta cerca de 26 km de costa, entre o Forte do Cão, em Caminha, a norte e a foz do rio Neiva, a sul (Figura 2). A área de estudo está inserida na região hidrográfica do Minho e Lima, onde a principal linha de água é o Rio Lima.

A área de estudo integra três Sítios de Importância Comunitária (SIC) da Rede Natura 2000, que em conjunto ocupam cerca de 15% do território do concelho. A Zona Especial de Conservação (ZEC) Litoral Norte abrange áreas compostas por floresta de proteção do litoral, a ZEC Serra de Arga inclui áreas de pastagem de montanha e importantes povoamentos florestais, e a ZEC Rio Lima corresponde a um corredor ecológico dominado por vegetação ripícola.

O GLVC integra-se na área abrangida pelo Programa da Orla Costeira Caminha–Espinho (POC-CE), que passa a incluir todas as áreas da orla costeira e a respetiva zona terrestre de proteção, numa faixa que varia entre os 500 m e os 1000 m (APA, 2021). Este Programa tem como principal objetivo dar resposta ao agravamento da erosão costeira e ao aumento da intensidade e frequência de fenómenos extremos associados às alterações climáticas (APA, 2021).

O desenvolvimento do GLVC, na vertente da Conservação da Natureza, conta com 30 geossítios classificados em 2016 e em 2018 como 13 Monumentos Naturais ao abrigo do RNCNB no Aviso 4658/2016, de 6 de Abril e no Aviso nº 1212/2018 de 25 de janeiro do Diário da República (Carvalhido, 2025), refletindo a evolução geológica do território,

entre o Câmbrio Inferior e o Holocénico, a geodiversidade , conservados na plataforma litoral e relevo marginal (Carvalhido, 2018a).

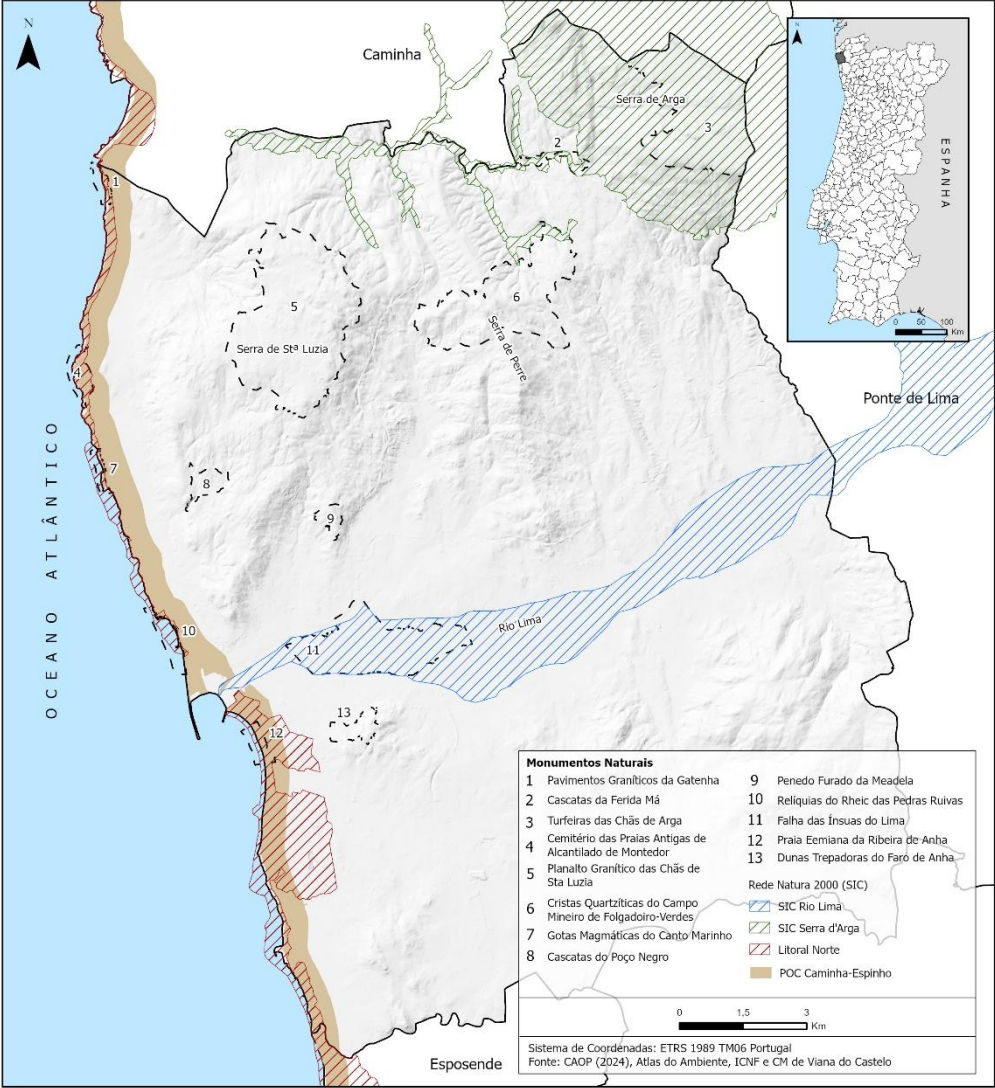


Figura 2 - Enquadramento geográfico dos monumentos naturais do GLVC.

3.2. Unidades de relevo

A área territorial GLVC distribui-se em duas grandes unidades de relevo distintas: a Plataforma Litoral e o Relevo Marginal (Carvalhido, 2018a).

A Plataforma Litoral ocupa o setor oeste do município, em contacto direto com o Oceano Atlântico. Trata-se de uma superfície que resulta da erosão marinha, mas a sua

forma aplanada resulta, essencialmente, da cobertura sedimentar decorrente do processo de deglaciação, desenvolvida em altitudes inferiores a 70 m (Carvalhido, 2012).

O Relevo Marginal desenvolve-se abruptamente a partir da Plataforma Litoral, distinguindo-se por uma acentuada inclinação do terreno, sobretudo a norte do rio Lima. Nesta área encontram-se quatro Serras Litorais: a Serra de Perre (470 m de altitude), a Serra da Padela (487 m de altitude), a Serra de Santa Luzia (549 m) e a Serra de Arga (824 m de altitude máxima) (Figura 3). A norte do rio Lima, o relevo marginal prolonga-se a partir da vertente ocidental do maciço de Viana do Castelo, elevando-se acima dos 100 m de altitude, em que por vezes os declives chegam a ultrapassar os 25°. O relevo marginal desenvolve-se a partir deste núcleo orográfico, estendendo-se pela Serra de Perre até à Serra de Arga, configurando uma área montanhosa marcada por vertentes com fortes declives até à extremidade nordeste do município. A sul do rio Lima, o relevo apresenta características diferentes, embora também se registem elevações. Destacam-se o Monte do Galeão e o Monte de São Romão, situados mais próximos do litoral, ambos acima dos 70 metros de altitude, assim como o Monte de São Roque e a Serra da Padela, localizados na extremidade sudeste do município.

De forma geral, o município possui 56,7% do território com altitudes inferiores a 100 m correspondentes às áreas ocupadas pela Plataforma Litoral, onde se insere a planície aluvial do Rio Lima. Por outro lado, apenas os maciços de Santa Luzia e Serra de Arga registam altitudes acima dos 500 m de altitude, ocupando apenas cerca de 3,8% do território do município. Com 825 m de altitude, o Alto do Espinheiro destaca-se como o ponto mais elevado da Serra de Arga.

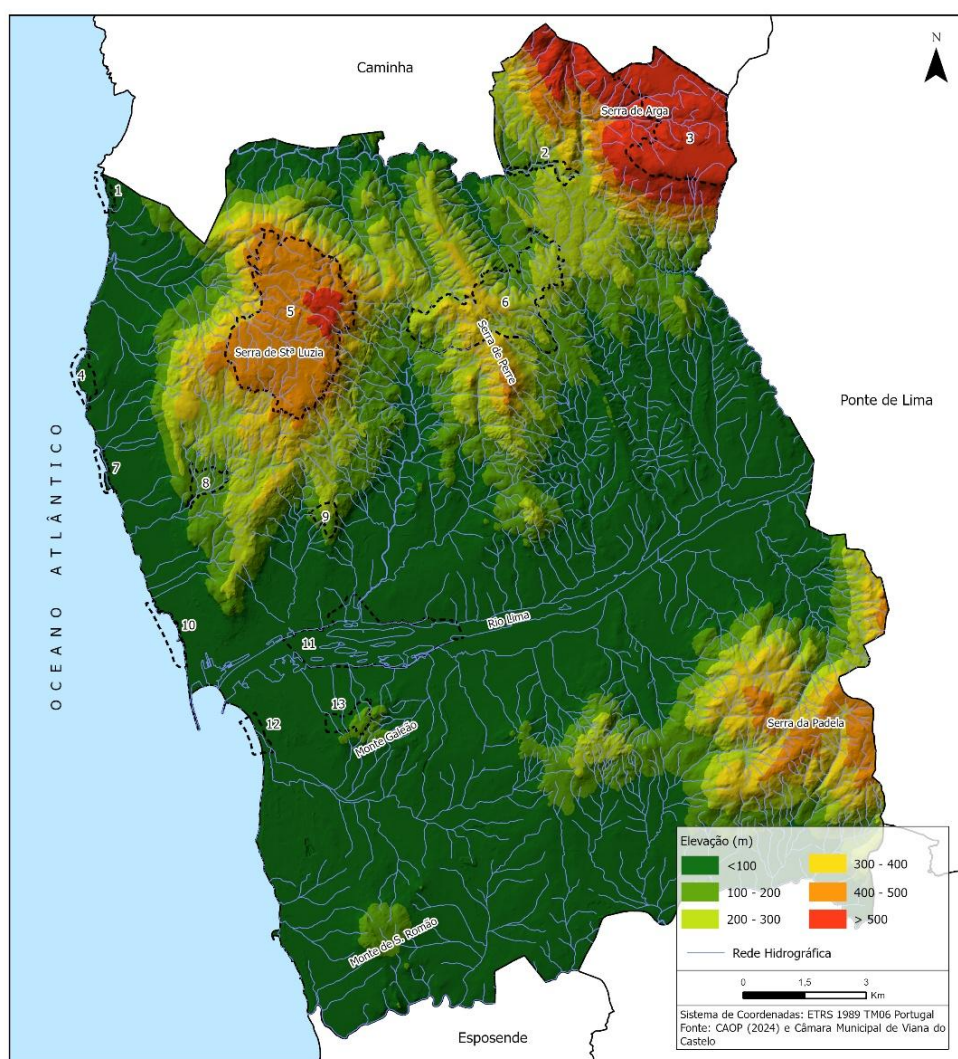


Figura 3 – Classes de elevação do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Argá, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

Na área de estudo predominam os declives inferiores a 5° (45,6%) (Figura 4) correspondendo maioritariamente à Plataforma Litoral. Esta classe de declive é também observada nos topos aplanados das serras de Santa Luzia e de Argá. À medida que se avança para as encostas, os declives tornam-se mais acentuados, variando entre 10° e 25° (17,6%), ocorrendo em solos pouco desenvolvidos e distribuem-se, principalmente,

a partir dos 300 m de altitude na serra de Santa Luzia e dos 100 m nas serras de Perre e da Padela. Os declives superiores a 25° ocupam apenas 4% da área de estudo e ocorrem sobretudo na vertente norte da Serra de Perre, na Serra de Arga e nas vertentes este, oeste e norte da Serra de Santa Luzia (Figura 4).

O município de Viana do Castelo integra partes de três bacias hidrográficas: a do rio Âncora, a do rio Neiva e a do rio Lima. Este último é o mais extenso, apresentando uma bacia hidrográfica com uma área total de 2.450 km², partilhada entre Portugal e Espanha (PMDFCI, 2019).

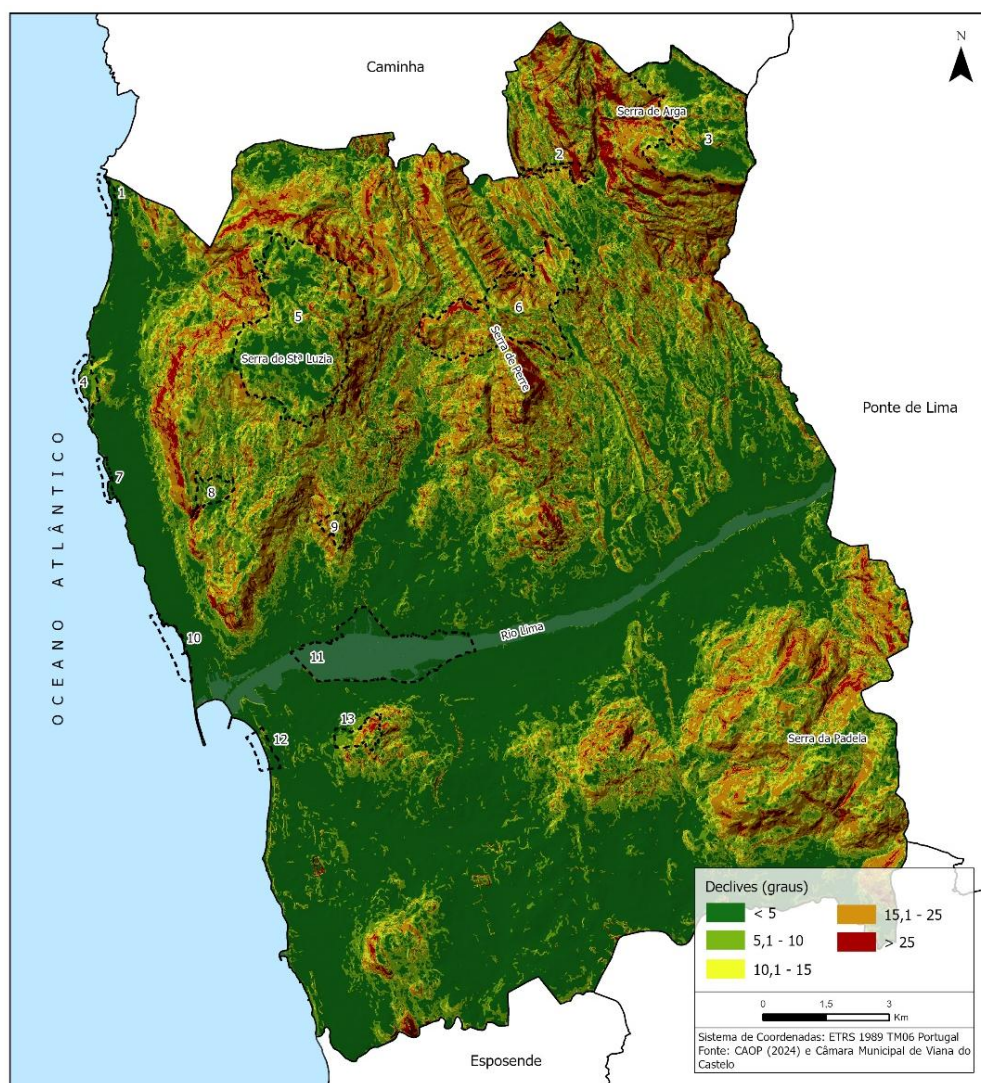


Figura 4 – Classes de declives do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

3.3. Geologia

As unidades geomorfológicas de Portugal Continental incluem: o Maciço Ibérico, as Bacias Mesozoicas Pouco Deformadas e as Bacias Cenozoicas (Pereira *et al.*, 2014). O norte de Portugal corresponde ao Maciço Ibérico, ou Maciço Antigo, que ocupa cerca de 70% do território nacional, sendo o relevo nesta área constituído essencialmente “por superfícies de aplanamento mais ou menos dissecadas pela erosão fluvial ou deslocadas pela tectónica cenozoica” (Pereira *et al.*, 2014).

Esta unidade geomorfológica engloba rochas dos ciclos pré-mesozoicos, nomeadamente séries sedimentares e vulcano-sedimentares do Paleozóico, bem como granitóides variscos (Pereira *et al.*, 2014).

A evolução geotectónica, ou seja, a transformação da crosta terrestre numa determinada região devido ao movimento das placas tectónicas, está associada aos processos de formação das montanhas (orogenias) (Carvalhido, 2012). A Orogenia Varisca ocorreu entre o Devónico Médio e o final do Carbónico (Carvalhido, 2012), sendo responsável pela origem dos maciços antigos de granitos e xistos (como a Serra do Gerês, Marão e Serra da Estrela). Atualmente, esta cadeia encontra-se muito erodida, aflorando apenas o setor mais profundo do sistema orogénico. Por outro lado, a Orogenia Alpina, o ciclo orogénico mais recente, iniciado no final do Mesozoico, resulta da colisão das placas tectónicas africana e euroasiática (Carvalhido, 2012). Essa colisão deu origem à elevação das formas de relevo na área de estudo, nomeadamente das Serras de Santa Luzia e da Serra de Arga.

Do ponto de vista tectónico, foram definidas três fases de deformações variscas (Dias & Ribeiro, 1995; Pamplona, 2001; Pamplona J. *et al.*, 2006) que resultaram no arrasamento das cordilheiras formadas.

A primeira fase de deformação (F1) ocorreu sob forte compressão no sentido N–S, produzindo dobras, xistosidade associada e importantes zonas de cisalhamento (Dias & Ribeiro, 1995; Pamplona, 2001). Esta foi a principal fase de compressão, tendo sido responsável pelo soerguimento do orógeno e consequente espessamento da crosta (Carvalhido, 2012, p. 6).

A segunda fase de deformação (F2) ocorre devido ao fecho do oceano, as placas tectónicas exercem forças uma contra a outra, forçando parte do material a mergulhar. Esse material, ao ser sujeito a altas temperaturas e pressões em profundidade, acaba por fundir-se, originando magmas que solidificam em granitos e migmatitos. Ao mesmo tempo, as rochas envolventes sofrem metamorfismo e deformações, formando dobras, falhas e cavalgamentos típicos desta fase (Pamplona J. *et al.*, 2006).

A terceira fase de deformação (F3) ocorre após um período de distensão, em que se cria um espaço para que o magma ascenda, originando intrusões graníticas (Pamplona J. *et al.*, 2006).

Após a Orogenia Varisca, a tectónica frágil da região levou à reativação das falhas tardi-variscas, afetando os metassedimentos que deram origem às formações da Desejosa, de Santa Justa, de Valongo e da Zona Centro-Ibérica (ZCI) (Pamplona, 2001; Pamplona J. *et al.*, 2006).

As unidades recentes (Quaternário) correspondem às formações mais à superfície, resultantes de processos de sedimentação atuais ou muito recentes. Na Figura 5 essas unidades correspondem aos aluviões, depósitos de dunas e depósitos de vertente. Os aluviões encontram-se em maior abundância junto às margens do rio Lima, enquanto os depósitos de dunas se localizam em maior abundância junto ao litoral, destacando-se as freguesias de Darque e Castelo do Neiva como zonas de maior acumulação. Já os depósitos de vertente ocorrem imediatamente a seguir aos depósitos de dunas, junto ao litoral, sendo mais abundantes no setor norte do município.

As unidades paleozóicas, por sua vez, representam os registos geológicos mais antigos, relacionados com a história tectono-estratigráfica da Zona Centro-Ibérica. Estas unidades encontram-se fortemente deformadas e metamorfizadas em algumas regiões.

No município de Viana do Castelo ocorrem vários tipos de granitóides do Paleozóico Superior (Carbonífero Superior). Estes granitos apresentam diferentes texturas refletindo fases distintas da deformação varisca e distribuem-se conforme a Tabela 2 (Carvalhido, 2012):

Tabela 2 - Tipos de Granitos no Município de Viana do Castelo

Granito	Textura	Relação com a tectónica varisca	Ocorrência
Padela	Biotítico, monzonítico, grão médio, porfiróide	Tardi a pós-F3	Próximo de Geraz do Lima, setor SE do concelho
Serra de Arga	Duas micas, grão médio a grosseiro, pouco porfiróide	Sin a tardi-tectónico relativamente a F3	Serra de Arga
Carreço, Sta. Luzia e Castelo de Neiva	Duas micas, grão grosseiro	Sin-F3	Carreço, Sta. Luzia, Castelo de Neiva
Afife	Biotítico porfiróide granito de duas micas	Sin – F3	Afife, Darque e Chafé
Bouça de Frades	Duas micas, grão fino, porfiróide	Sin a tardi-tectónico relativamente a F2	Bouça de Frades

No Silúrico destaca-se a Unidade do Minho Central e Ocidental (UMCO), situada entre o carreamento basal de Vila Verde e o cisalhamento dúctil Malpica–Lamego. Estudos recentes permitiram diferenciar as unidades para autóctones das alóctones, anteriormente englobadas numa única designação (Carvalhido, 2012). Assim, a UMCO subdivide-se em três unidades:

- A Unidade de Arga (alóctone), que se prolonga desde o Granito da Serra de Arga, para norte até ao concelho de Caminha e para este em direção a Ponte de Lima. Litologicamente “caracteriza-se pelas alternâncias milimétricas de metassiltitos e metapelitos podendo conter intercalações de quartzofilitos e rochas vulcânicas a vulcanoclásticas de quimismos distintos, com abundantes sulfuretos disseminados” (Pinto de Meireles *et al.*, 2014).

- A Unidade de Vila Mou–Covas (alóctone) encontra-se entre a Unidade de Arga e a Unidade de Torre-Amonde, prolonga-se a norte até Caminha e a sul até ao Rio Lima. Litologicamente caracteriza-se por “uma sequência metamórfica monótona de micaxistos biotíticos, de grão médio, com porfiroblastos de cordierite e andaluzite abundantes”(Pinto de Meireles *et al.*, 2014).
- A Unidade Torre–Amonde (parautóctone) encontra-se junto à Serra de Perre e Amonde e prolonga-se a norte até Caminha e a sul até Barcelos. Litologicamente caracteriza-se por “xistos carbonosos e ampelitosos, com raras lentículas de liditos e quartzitos cinzentos” (Pinto de Meireles *et al.*, 2014).

No Ordovícico Inferior, encontram-se duas formações principais. A Formação de Santa Justa, mais representativa na área de Valongo e que vai diminuindo progressivamente em direção a Viana do Castelo, é composta por conglomerados, quartzitos, siltitos e argilitos. Já a Formação de Valongo é constituída essencialmente por xistos ardosíferos (Cabral M. *et al.*, 1992).

No Câmbrio Inferior, ocorre a Formação da Desejosa, que se encontra em maior abundância na região do Douro e atinge antiformalmente entre Valongo e Viana do Castelo. Na região de Viana do Castelo, esta unidade apresenta-se fortemente metamorfizada, refletindo a intensa deformação a que foi sujeita (Cabral M. *et al.*, 1992).

Quanto aos filões, predominam os de pegmatito e aplito-pegmatito, localizados principalmente no setor norte do município, nomeadamente na Serra de Santa Luzia e na Serra d’Arga (Cabral M. *et al.*, 1992).

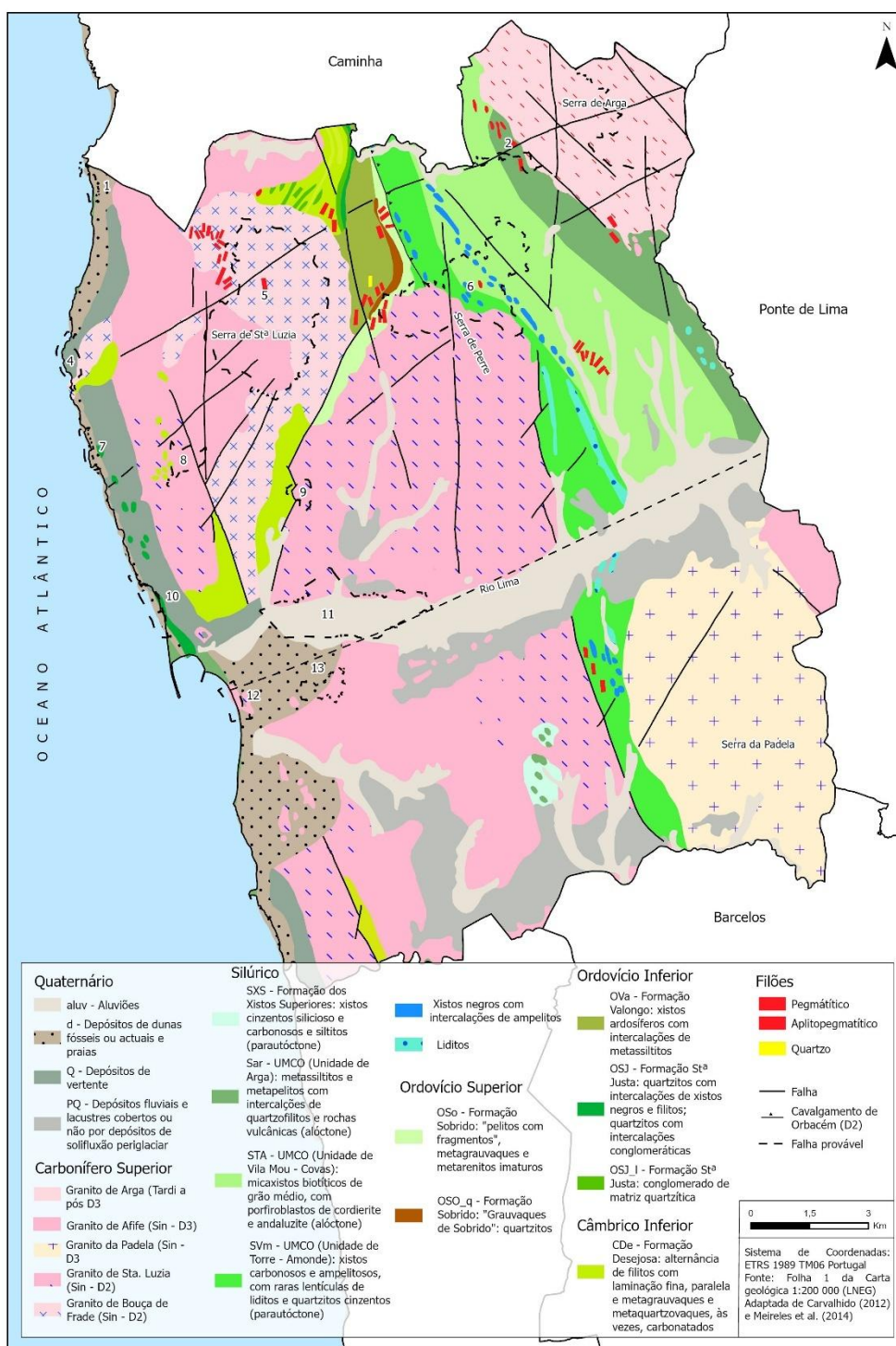


Figura 5 - Mapa Geológico do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Argá, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rhaic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

3.4. Geomorfologia

A região do Alto Minho caracteriza-se por um relevo bastante recortado, no qual se destacam vales amplos, geralmente orientados de ENE para WSW, correspondendo ao traçado dos principais rios: Minho, Lima e Cávado (Feio & Daveau, 2004).

No interior da região predominam “vastas superfícies de aplanamento, por vezes de grande perfeição, deslocadas por acidentes tectónicos nítidos” (Cabral, 1995, pp. 98-99), enquanto o noroeste da região é marcado por uma forte fragmentação do relevo.

Na Carta Geomorfológica do Litoral Minho–Neiva (Carvalhido, 2012) foram reconhecidas oito superfícies de aplanamento. Entre elas destacam-se: a Superfície de Arga (800 m), a Superfície de Santa Luzia (460 m), a Superfície de São Mamede (270 m), a Superfície de Além do Rio (160 m), a Superfície de Faro de Anha (100 m), a Superfície de Ola (75 m), a Superfície de Vila Fria (50 m) e a Superfície de Darque (20 m).

Esta diferenciação é igualmente visível na morfologia dos vales. No Douro, observa-se um encaixe profundo na plataforma litoral, ao passo que, no Minho ocidental, os rios principais percorrem vales largos e de fundo plano, situados quase ao nível da superfície aplanada, ainda que delimitados por vertentes abruptas (Feio & Daveau, 2004).

O relevo minhoto pode ainda ser organizado segundo duas direções estruturais de fratura: a primeira, de orientação ENE-WSW, coincide com os principais rios; a segunda, orientada N-S a NW-SE, corresponde a estruturas que “corresponderão ou a descontinuidades com cisalhamento muito reduzido (...) ou a falhas de movimentação vertical, sem componente de deslocamento horizontal significativa” (Cabral, 1995, pp. 98-99).

Apesar da dificuldade em identificar e correlacionar as superfícies de aplanamento devido ao seu estado de degradação, há evidências claras da sua ocorrência. “Entre o rio Minho e o Lima, existem extensos níveis de erosão até às proximidades do oceano: a Serra de Arga, a 13 km do mar, possui um cimo notavelmente plano a 800 m de altitude; na Serra de Santa Luzia, já muito próximo da costa, encontram-se níveis em

torno dos 500 m. Não se trata, pois, de saber por que razão as superfícies de aplanamento não terão encontrado no Minho boas condições de desenvolvimento, mas antes de compreender por que motivo estas superfícies se encontram aqui mais degradadas do que noutras áreas do maciço antigo” (Ferreira, 1978, p. 56).

3.5. Caracterização Climática

A caracterização do clima é fundamental para compreender os processos atuais de meteorização física e química das rochas existentes no geoparque. A área de estudo localiza-se numa região de clima temperado mediterrânico, de verão fresco, de acordo com a classificação climática de Köppen (Cunha *et al.*, 2011).

Para caracterizar detalhadamente o clima desta região, recorreu-se à normal climatológica de Viana do Castelo disponível no IPMA, referente ao período de 1981 a 2010 (Figura 6). A sub-região do Alto Minho apresenta um clima que é claramente influenciado pela proximidade ao Oceano Atlântico. De forma geral, o clima é caracterizado por temperaturas amenas ao longo do ano e por precipitações significativas nos meses de outono e inverno, sendo os verões relativamente secos. A influência atlântica manifesta-se de forma evidente devido à presença da barreira orográfica do noroeste português, constituída por um conjunto de serras — Arga, Peneda, Gerês, Alvão e Marão. Estas cadeias montanhosas contribuem para o aumento dos níveis de humidade ao longo de todo o ano, o que aumenta os índices de pluviosidade e origina uma homogeneização da temperatura (Almeida *et al.*, 2019).

No que diz respeito à temperatura na área de estudo, o mês mais frio é janeiro, com temperaturas médias a rondar os 9 °C, enquanto agosto é o mês mais quente, com temperaturas médias diárias entre os 20 °C e os 21 °C (Normais Climatológicas - IPMA). Em situação de verão, a temperatura máxima registada atinge os 26,3 °C, enquanto no inverno a temperatura máxima não ultrapassa os 14,6 °C (Normais Climatológicas - IPMA).

Relativamente à precipitação, esta apresenta uma distribuição sazonal. Os meses mais chuvosos são novembro e dezembro, com totais mensais superiores a 200 mm, enquanto julho e agosto são marcadamente secos, com valores médios inferiores a 40 mm (Normais Climatológicas - IPMA). Em termos de extremos, no verão a precipitação máxima atinge 64,0 mm e a mínima 24,5 mm, enquanto no inverno os valores variam entre um máximo de 95,5 mm e um mínimo de 60,6 mm. Quanto à precipitação média anual, o IPMA registou um total de 1466,3 mm entre 1981 e 2010 (Normais Climatológicas – IPMA).

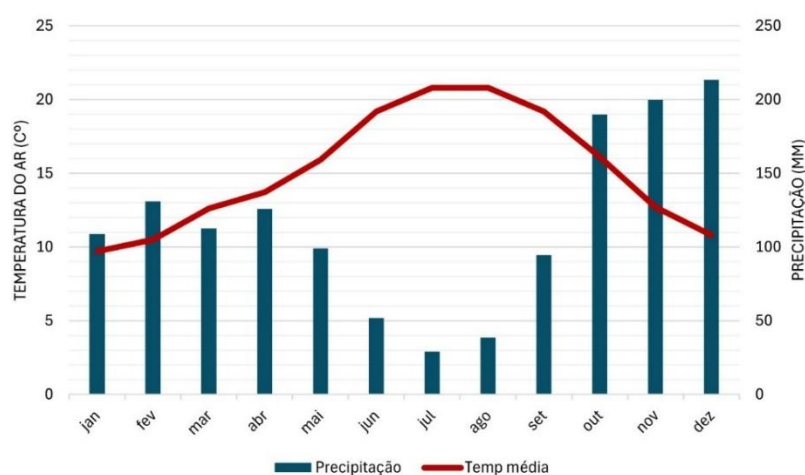


Figura 6 - Temperatura Média Mensal e Precipitação Média Anual (Fonte: IPMA – Normais Climatológicas de Viana do Castelo / Meadela 1981-2010).

3.6. Uso e Ocupação do Solo

No município de Viana do Castelo, a ocupação do solo caracteriza-se pela forte presença de áreas florestais, sobretudo nas zonas montanhosas, onde se destacam sete manchas florestais que, em conjunto, ocupam cerca de 20925 ha (PMDFCI, 2019).

- o Monte do Galão, com grande diversidade de floresta constituído por medronheiros, sobreiros, castanheiros, carvalhos, pinheiros e eucaliptos;
- a Serra de Santa Luzia, dominada pelo eucalipto e pela acácia;
- a Serra da Padela e o Monte de Roques, onde a primeira é marcada pela presença de pinheiro-bravo e eucalipto, mas também pela reconversão florestal que

favorece o ressurgimento de pinheiros e carvalhos autóctones, enquanto o Monte de Roques se encontra dominado pelo eucalipto;

- a Serra de Amonde e Perre, onde predomina o eucalipto, mas se regista uma significativa regeneração do pinheiro-bravo e da acácia;
- a Serra de Arga, marcada pela presença do pinheiro-bravo e eucalipto;
- a Floresta do Litoral, onde domina o pinheiro-bravo;
- Zonas Húmidas, associadas à vegetação estuarina com destaque para o carvalho-comum, os salgueiros, entre outros.

De acordo com as classes de uso e ocupação do solo da Carta de Ocupação do Solo (COS) de 2018 (Figura 7), as florestas de eucalipto ocupam a maior parte do território, representando 27% da área total do município. A floresta de eucalipto distribui-se pela Serra de Santa Luzia, Serra de Perre, Serra de Arga e Serra da Padela. As áreas agrícolas acompanham a distribuição do tecido edificado, concentrando-se no litoral noroeste e ao longo das margens do rio Lima. A maior densidade de áreas edificadas encontra-se no centro da cidade de Viana do Castelo.

Estas áreas localizam-se predominantemente nas zonas imediatamente a seguir ao tecido edificado. Seguem-se as culturas temporárias de sequeiro e regadio, que abrangem 17% do território e se distribuem por zonas mais planas, favoráveis à atividade agrícola.

Os matos, que representam 16% da ocupação do solo (Figura 8), correspondem a áreas de vegetação espontânea e arbustiva, situadas em zonas de transição entre áreas florestais e agrícolas, bem como nos cumes das serras. As florestas de pinheiro-bravo ocupam 10% do território e apresentam uma suscetibilidade significativa face ao risco de incêndio.

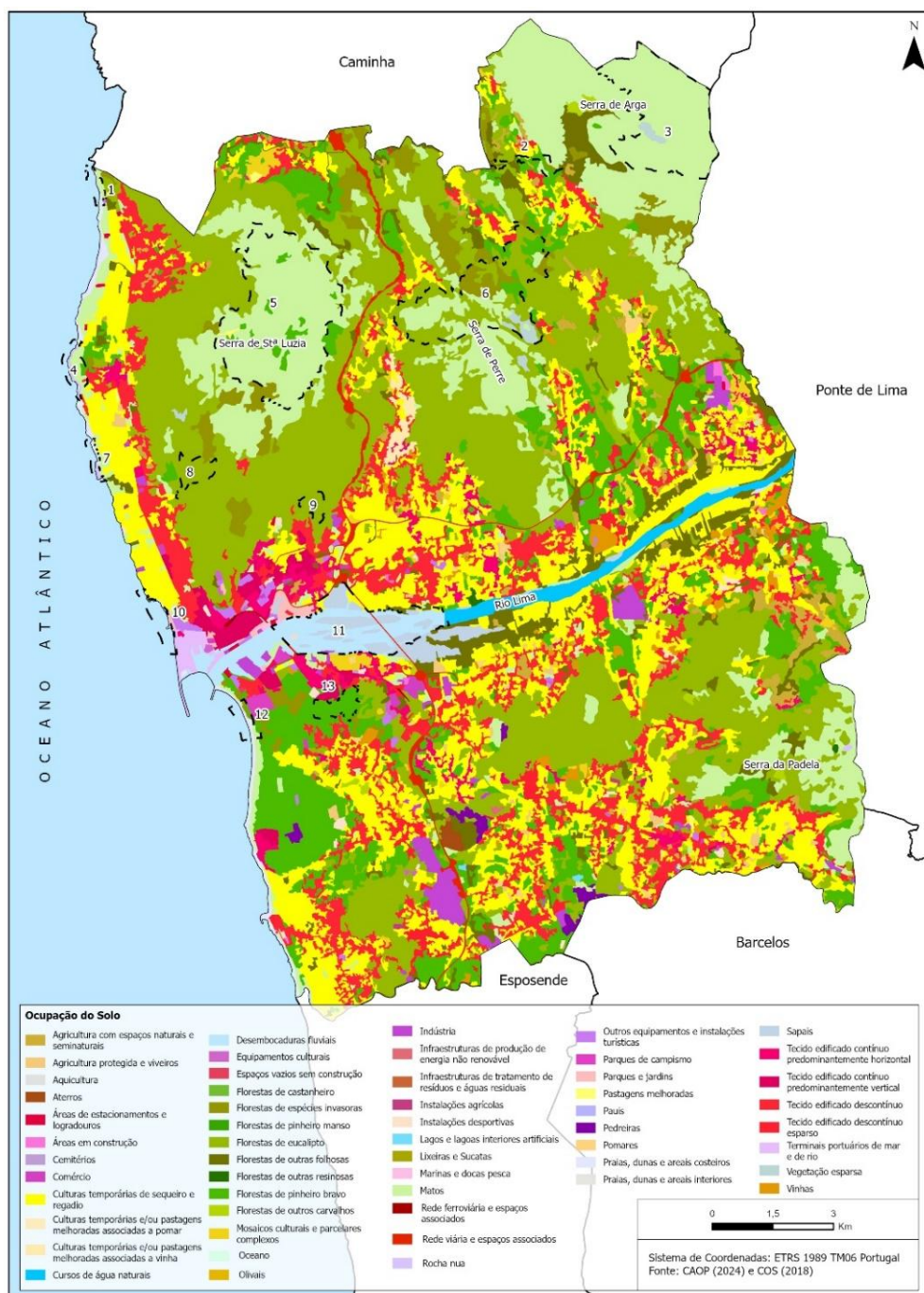


Figura 7 - Classes de Uso e Ocupação do Solo do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

O tecido edificado descontínuo, correspondente a 9% da área concelhia, reflete uma urbanização dispersa, característica dos aglomerados rurais. Por fim, a categoria “Outros”, que representa 21% da ocupação do solo, integra todas as restantes classes de uso identificadas na legenda da Figura 7.

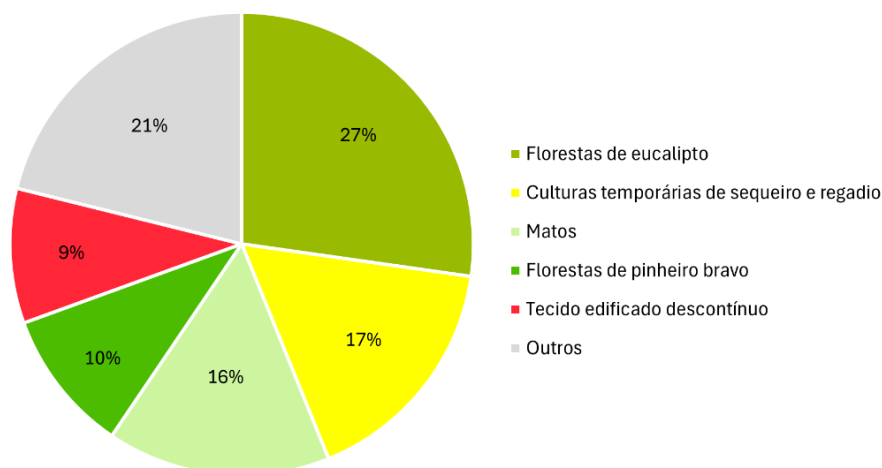


Figura 8 - Classes de Ocupação do Solo (%) - Nível 4 COS 2018.

3.7. Incêndios Rurais

As Serras de Santa Luzia, Amonde e Perre, Padela e Arga são as áreas mais afetadas por incêndios rurais entre 2000 e 2023 (Figura 9). Nessas áreas montanhosas, embora o número de pontos de ocorrência seja relativamente mais reduzido, cada ponto de ignição pode dar origem a incêndios de grande dimensão, que é o que acontece nestas áreas, devido à continuidade da ocupação florestal, que facilita a propagação rápida do fogo.

Por outro lado, nas áreas urbanizadas do litoral noroeste e junto ao rio Lima, as ocorrências são mais frequentes, mas os incêndios têm menor capacidade de expansão, devido à menor disponibilidade de carga combustível.

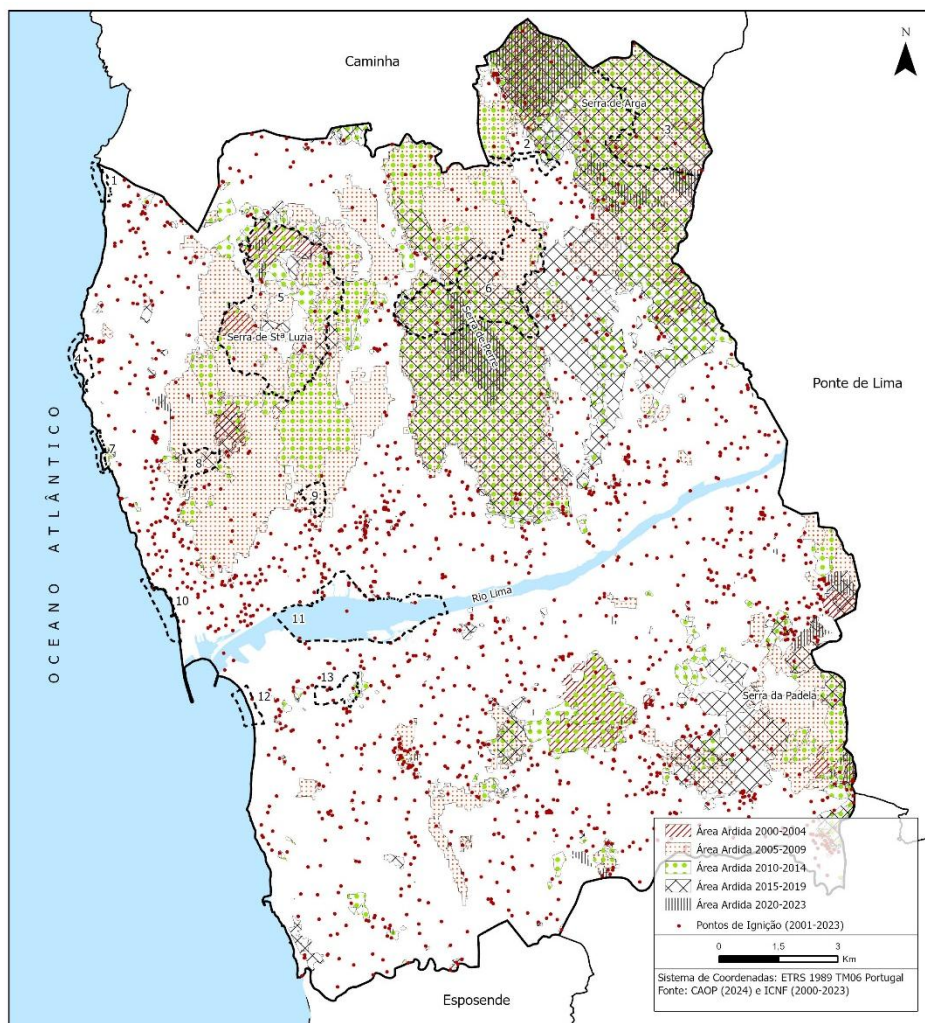


Figura 9 – Áreas ardidas e número de ocorrências de incêndios rurais (2000-2023) do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

O ano de 2005 apresenta a maior extensão de área ardida entre 2000 e 2023, com um total de 17.391,9 ha, ultrapassando largamente todos os outros anos (Figura 10). Esse ano foi também o que registou o maior número de ocorrências de incêndios, com 611 ocorrências. O ano de 2010 foi o terceiro com maior área ardida (6.272,5 ha) e o segundo com maior número de ocorrências (408 ocorrências), contrastando com 2016, que registou a segunda maior área ardida (12.181,7 ha) mas apenas 148 ocorrências.

Nos anos de 2017 a 2023 tanto o número de ocorrências como a área ardida apresentaram uma redução significativa.

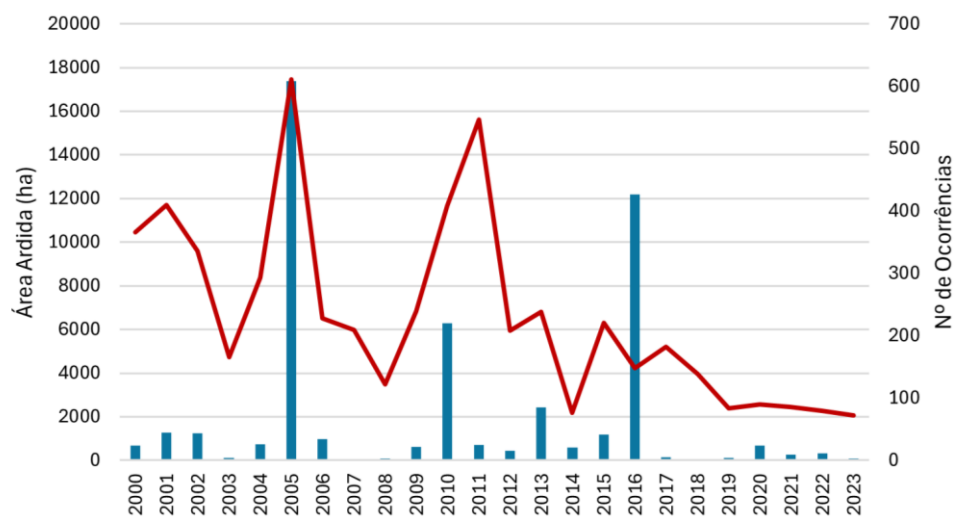


Figura 10 - Distribuição anual da área ardida e do número de ocorrências no município de Viana do Castelo (2000-2023) (Fonte: ICNF).

4. Monumentos Naturais do GLVC

O GLVC tem como objetivo principal valorizar o património geológico do município, promovendo as vertentes socioeconómica e ambiental de forma sustentável. Tal como foi previamente mencionado, a área do GLVC preserva 13 Monumentos Naturais, cada um com características geológicas e geomorfológicas próprias. A Tabela 3 sintetiza as principais características dos Monumentos Naturais de Viana do Castelo, classificados em 2016 e em 2018.

Tabela 3 - Síntese das características dos monumentos naturais e do seu interesse geomorfológico (Carvalhido, 2012; Carvalhido *et al.*, 2014).

ID	MN	Interesse	Litologias principais
1	Pavimentos Graníticos da Gatenha – 27ha	Residual Identificam-se várias etapas de evolução das plataformas graníticas, nomeadamente as associadas à prefiguração dos blocos em bola até à sua completa exumação.	Depósitos de dunas atuais Granito de Afife
2	Cascatas da Ferida Má – 36ha	Litológico Preserva duas unidades da Zona Galiza-Trás os Montes (parautóctone - unidade de Torre/Amonde e alóctone - unidade de Vila Mou/Covas e unidade de Arga) Várias cascatas com desnível superior a 5 m dando origem a várias lagoas.	Granito de Arga Xistos carbonosos e ampelitosos, e quartzitos cinzentos (U. Torre/Amonde), micaxistos biotíticos, de grão médio (U. Torre/Amonde) e e metassiltitos e metapelitos (U. Arga)
3	Turfeiras das Chãs de Arga – 591ha	Periglacial As depressões que surgem e ocupam grande parte dos três terrenos, formam charnecas e turfeiras, com provável origem periglacial.	Granito da Serra de Arga
4	Cemitério das Praias Antigas de Alcantilado de Montedor – 55 ha	Residual Blocos graníticos, pias do tipo pan e poltrona, tafoni, alvéolos de contacto e pavimentos graníticos ondulados. Tectónico	Granito de Bouça de Frade Depósitos de praia, estuário e fluvial (Plistocénico superior)

		Estruturas da herança estrutural varisca do maciço de Montedor (e.g. cavalgamento entre a Formação de Valongo, a Formação de Sta Justa e o Plutonito de Bouça de Frades).	e Depósitos de vertente (Holocénico)
5	Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia – 500 ha	Residual Preservação de geoformas graníticas, como pias, <i>inselberg</i> , blocos em bola e lajes.	Granito de Afife, Granito de Bouça de Frade e Granito de Sta. Luzia
6	Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Flogadoiro – Verdes 1025 ha	Possui 2 geossítios: Campo Mineiro de Flogadoiro-Verdes e Mina de Cassiterite do Rexisco. Preserva afloramentos da Unidade Minho Central (xistos cinzentos com alternância de metassiltitos e filitos, com sulfuretos).	Granito de Sta. Luzia Xistos carbonosos e ampelitosos, e quartzitos cinzentos (U. Torre/Amonde), micaxistos biotíticos, de grão médio (U. Vila Mou - Covas)
7	Gotas Magmáticas do Canto Marinho – 24ha	Geocultural Possui cerca de 713 pias salineiras de idade pré-romana.	Granito de Bouça de Frade Formação de Sta. Justa (quartzitos) e Formação de Valongo (Xisto quiastolítico)
8	Cascatas do Poço Negro – 52ha	Tectónico O alinhamento Paçô-Viana do Castelo corresponde, no essencial, à base da arribas principal da vertente altântica de Santa Luzia, alinhada segundo NNO-SSE vários <i>knickpoints</i> , a que correspondem sucessões de cascatas naturais.	Granito de Santa Luzia e Granito de Afife
9	Penedo Furado da Meadela – 13ha	Residual Desenvolvimento de geoformas de evolução do maciço granítico por meteorização. Destaca-se o extenso esvaziamento por desenvolvimento de <i>tafoni</i> . No mesmo maciço ocorrem formas de pseudoestratificação e fraturação poligonal. Identificaram-se fraturas arqueadas no bloco granítico e	Granito de Santa Luzia

		geoformas em pia do tipo pan, sem exutórios.	
10	Relíquias do Rheic de Pedras Ruivas – 58ha	Residual Plataformas costeiras preservadas na Formação de Valongo (MIS5e – 2 níveis) com alvéolos de P. lividus no nível inferior; relevo residual da Formação de Sta. Justa. Tectónico Herança da tectónica hercínica - fraturação em dominó com relação à instalação de corredor de cisalhamento sinistrógiro (Formação de Sta Justa), sigmóides e estruturas em flor.	Formação de Sta Justa (Quartzitos) Formação da Desejosa (Xistos luzentes) Formação de Valongo (Xistos quiastolíticos)
11	Falha das Insuas do Lima – 27 ha	Geomorfológico Atividade inversa da falha das Ínsuas (NNO-SSE) e da falha do Lima (ENE-OSO) (falhas prováveis) no controlo da ampla depressão do troço vestibular do Lima, prolongada na planície aluvial onde ocorrem as zonas húmidas da Veiga de S. Simão e das Lagoas de Vila Franca.	Aluviões (Holocénico)
12	Praia Eemiana da Ribeira de Anha	Residual Marmita parcialmente erodida (N41°40'16.04"/O8°49'28.56"), de secção circular, com 140 cm de profundidade. Corresponde à maior geoforma do género que foi identificada no litoral de Viana do Castelo. Estratigráfico Conglomerados e Areias do Forte do Cão preservados aproximadamente 100 cm abaixo do mesmo nível de terraço identificado na Gelfa (+2.00) (concelho de Caminha).	Granito de Sta Luzia

13	Dunas Trepadoras do Faro de Anha – 57ha	Residual Preservação de quatro superfícies de aplanamento na vertente atlântica de Galeão. Estas superfícies representam períodos de estabilidade tectónica associados à manutenção do nível de base por longos períodos. Correspondem a retalhos das superfícies de Vila Fria, Ola, Faro de Anha e Além do Rio.	Granito de Santa Luzia
----	---	--	------------------------

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

No que diz respeito à morfologia detalhada de cada Monumento Natural, na presente Figura 11 e na Tabela 4 é possível agrupar a localização dos monumentos em três categorias: áreas costeiras e de estuário, áreas de transição e áreas de montanha.

- Áreas costeiras (elevação média < 10 m): Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, das Relíquias do Rheic de Pedras Ruivas (MN 1), das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7), do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN 4), da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) e das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11).
- Áreas de transição (10–200 m): Monumentos Naturais do Penedo Furado do Monte da Meadela (MN 9), das Cascatas do Poço Negro (MN 8) e das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13).
- Áreas de montanha (> 200 m): Monumentos Naturais das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6), do Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5) e das Cascatas da Ferida Má (MN 2).

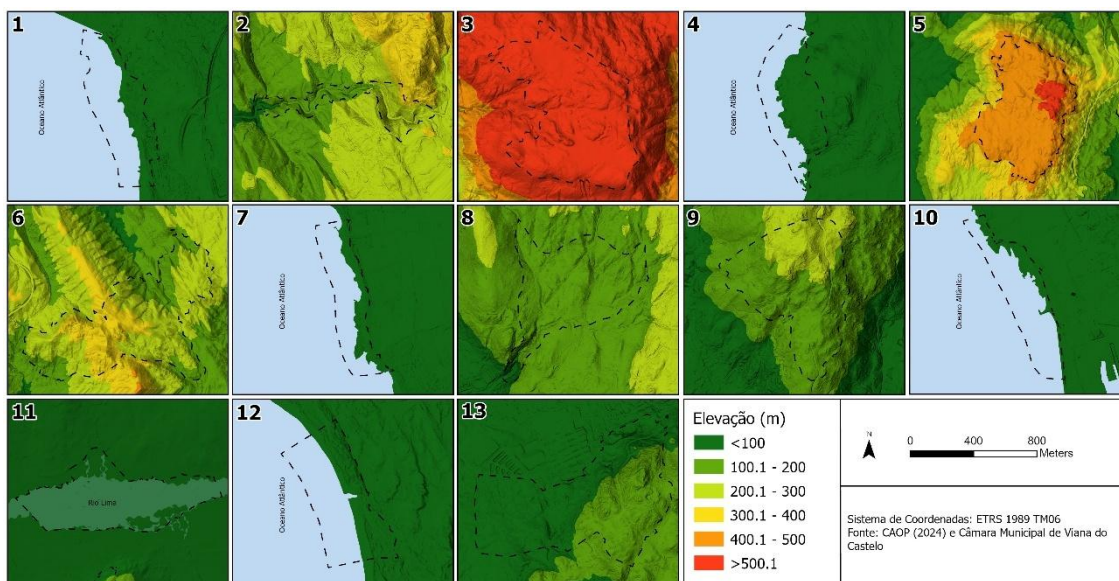


Figura 11 - Classes de elevação dos monumentos naturais do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

No que diz respeito aos declives, é possível observar, através da Figura 12, que os declives são menos acentuados nos Monumentos Naturais situados junto à linha de costa (Monumentos Naturais 1, 4, 7, 10 e 12) e na zona estuarina (Monumento Natural 11). Por outro lado, os Monumentos Naturais localizados em áreas de montanha ou em zonas de transição entre a costa e o relevo montanhoso apresentam declives médios mais elevados superiores a 15° (Monumentos Naturais 2, 6, 8, 9 e 13). Por fim, os monumentos 3 e 5, embora se situem a altitudes elevadas, apresentam declives menos acentuados, uma vez que correspondem ao topo aplanado das serras de Santa Luzia e de Arga.

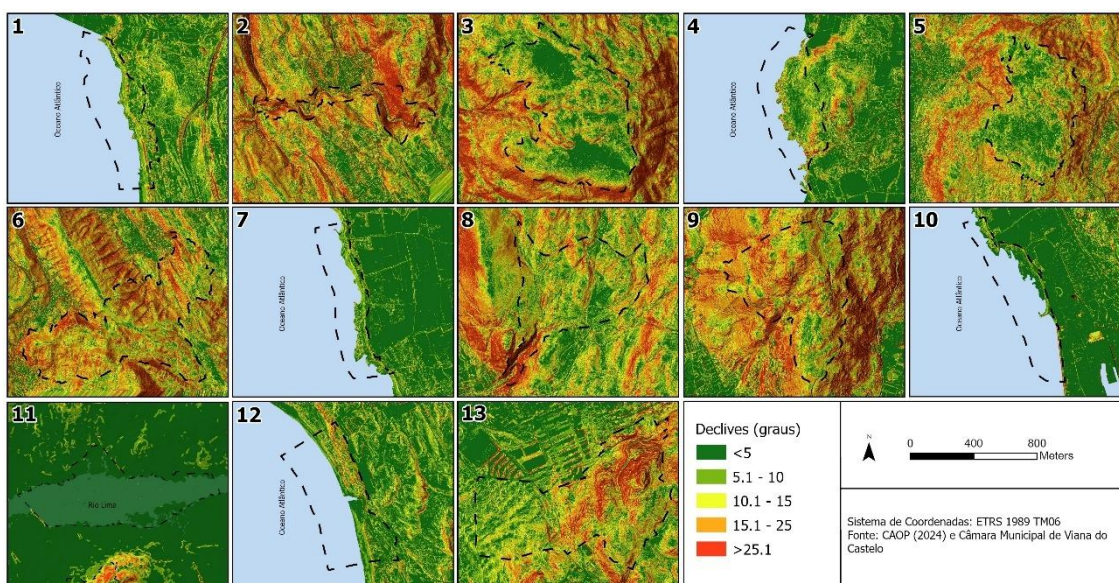


Figura 12 - Classes de declives nos monumentos naturais do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

A Tabela 4 sintetiza as características das variáveis altitude e declive de todos os Monumentos Naturais. Alguns Monumentos Naturais costeiros apresentam valores de elevação mínima negativos, como os Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN1: -1,17 m), das Relíquias do Rheic de Pedras Ruivas (MN10: -0,33 m) e do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN4: -1,05 m), o que traduz áreas abaixo do nível médio do mar e, consequentemente, maior vulnerabilidade a processos de erosão provocados pela subida do nível do mar. Por outro lado, a altitude máxima observa-se nos Monumentos Naturais das Turfeiras das Chãs de Arga (MN3: 825,3 m), seguida pelo Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN5: 549,8 m), que se relacionam, respetivamente, com a Serra de Arga e o Monte de Santa Luzia.

Os Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN 4) e das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13) apresentam um desvio padrão muito elevado, o que traduz áreas territoriais com grande variação altimétrica. Em contraste, os

Monumentos Naturais das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), do Penedo Furado da Meadela (MN 9), das Relíquias do Rheic de Pedras Ruivas MN 10), das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) registam desvios padrão muito baixos, tratando-se de zonas morfologicamente mais homogêneas, onde não existem diferenças significativas de altitude no interior do mesmo monumento. Por sua vez, os valores de desvio padrão moderados, observados nos Monumentos Naturais das Cascatas da Ferida Má (MN 2), das Chãs de Santa Luzia (MN 5), das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6) e das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7), indicam uma variação altimétrica mais suave. Contudo, importa destacar que a elevação média não determina diretamente o valor do desvio padrão. Por exemplo, o Monumento Natural das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3) apresenta uma elevação média muito elevada (761,6 m), mas um desvio padrão reduzido (3,3 m), sugerindo que, apesar da altitude, o terreno é bastante plano, nomeadamente no topo da Serra de Arga. Por outro lado, áreas como o Monumento Natural das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13), com uma elevação média de 90 m, registam uma variação altimétrica significativa, o que poderá resultar da proximidade ao litoral e da presença do Monte do Galão, contribuindo para um relevo mais irregular.

O valor de declive máximo (83,3°) regista-se nas Ínsuas do Lima, mas trata-se de um erro nos dados LiDAR, pois a superfície considerada incluía a ponte da A28, distorcendo os valores reais. O declive máximo de 79,9° ocorre no Monumento Natural das Chãs de Santa Luzia (MN 5), resultante da forte inclinação do relevo marginal e da presença de maciços graníticos, que originam encostas abruptas e pouco suscetíveis à erosão. Em seguida, o Monumento Natural das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13), localizado no Monte Galeão, regista 75,7° de declive máximo, também associado a maciços graníticos que mantêm vertentes muito inclinadas. Com 75,3° de declive máximo, o Monumento Natural das Cascatas do Poço Negro (MN 8) corresponde a um troço encaixado da Ribeira do Pêgo, marcado por vários knickpoints que dão origem a sucessivas quedas de água, formadas “devido à descida rápida do nível do mar e à consequente formação da arriba litoral” (<https://www.geoparquelitoralviana.pt/en/explore/po%C3%A7o-negro/>)(Carvalhido, 2012). O Monumento Natural das Cascatas

da Ferida Má (MN2) apresenta um declive máximo de 75,3° num setor inicial em granito de declive regular, seguido por camadas alternadas de xistos e quartzitos com diferentes resistências à erosão, originando degraus superiores a 5 m característicos do seu perfil longitudinal.

Os Monumentos Naturais que apresentam os valores médios de declive mais elevados são o Monumento Natural das Cascatas da Ferida Má (MN 2: 23,4%), o Monumento Natural do Penedo Furado da Meadela (MN9: 17,3%) e o Monumento Natural das Cristas Quartzitas do Campo Mineiro de Folgadoiro - Verdes – MN6: 17,2%. Quanto ao desvio padrão do declive, destacam-se o Monumento Natural das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN13: 9,98), o Monumento Natural das Cascatas do Poço Negro (MN8: 9,72) e o Monumento Natural das Turfeiras das Chãs de Arga (MN3: 7,93%), evidenciando maior variabilidade nas inclinações do terreno.

Tabela 4 - Síntese das características de altitude e declive dos Monumentos Naturais do GLVC.

ID	Área do MN (m²)	Elevação Mínima (m)	Elevação Máxima (m)	Elevação Média (m)	Desvio Padrão Elevação	Declive Mínimo (graus)	Declives Máximo (graus)	Declive Médio (graus)	Desvio Padrão Declive
1	270.075	-1,2	12,7	2,1	62,2	0	56,3	4,9	5,2
2	362.908	80,0	336,2	206,3	30,8	0	75,3	23,4	12,3
3	5.909.682	693,4	825,3	761,2	3,3	0	74,4	9,6	7,9
4	551.740	-1,1	42,6	9,1	58,9	0	68,5	6,9	6,6
5	9.083.154	361,6	549,8	459,9	24,5	0	79,9	9,9	7,7
6	5.471.330	113,6	398,9	251,8	20	0	74,1	17,2	8,3
7	240.195	-0,5	8,5	1,5	26,9	0	42,8	4,5	4,3
8	521.693	53,1	196,8	155,9	11,2	0	75,3	12,9	9,7
9	331.126	116,2	251,7	180,1	1,9	0,1	65,4	17,3	8,6
10	576.207	-0,3	7,4	0,9	1,0	0	56,9	3,3	4,4
11	422.4816	-0,3	18,1	1,5	0,9	0	83,3	1,8	3,7
12	405.284	-0,7	19,3	2,6	4,1	0	55,7	4,9	5,8
13	551.331	24,9	168,4	90,0	41,1	0	75,7	14,8	9,9

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

5. Dados e Métodos

5.1. Dados Base

Na presente dissertação foi utilizado um conjunto de dados geográficos e climáticos (Tabela 5) com o objetivo de caracterizar o território do Geoparque do Litoral de Viana do Castelo. Recorreu-se ainda ao levantamento LiDAR do concelho de Viana do Castelo, o que permitiu uma análise altimétrica de elevada precisão. Estes dados possibilitaram o desenvolvimento de análises espaciais detalhadas, importantes para a compreensão da morfologia das áreas de estudo. Todos os dados geográficos foram processados em ambiente SIG, utilizando o software ArcGIS Pro.

Na primeira parte desta dissertação, procedeu-se à caracterização abrangente da área do Geoparque do Litoral de Viana do Castelo, considerando aspetos morfológicos, geológicos, geomorfológicos, climatológicos, de ocupação do solo e de áreas ardidas.

Para a caracterização das unidades de relevo, utilizaram-se imagens LiDAR disponibilizadas pela Câmara Municipal de Viana do Castelo. Estas imagens foram processadas em formato LAS dataset, considerando apenas as classificações correspondentes ao solo ("*ground*") e selecionando os retornos "*last*", "*last of many*" e "*single*". Em seguida, o ficheiro LASD foi convertido em formato raster, com resolução espacial de 1 metro, permitindo a análise detalhada da morfologia da área. A partir do raster, elaborou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), que possibilitou, o cálculo do declive em graus , essencial para compreender a declividade dos diferentes monumentos naturais.

Para a caracterização geológica foi utilizada a Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000 disponível no Geoportal da Energia e da Geologia como base com alterações de elaboração própria que seguiram a carta geológica proposta por Pinto de Meireles *et al.* (2014). Elaboraões essas na UMCO, que foi dividida em 3 unidades: Unidade de Arga, Unidade de Torre-Amonde e Unidade de Vila Mou-Covas.

Para a análise do uso e ocupação do solo, recorreu-se à Carta de Ocupação do Solo (COS 2018), disponibilizada pela Direção-Geral do Território (DGT). Nesta dissertação, optou-se pelo nível 4 da COS, que fornece uma classificação detalhada da ocupação do solo.

Tabela 5 – Características dos dados de base utilizados nesta dissertação.

Dados	Formato	Fonte
Geossítios	Ponto	Câmara Municipal de Viana do Castelo
Monumentos Naturais	Polígono	Câmara Municipal de Viana do Castelo
Carta de Perigosidade de Incêndios Florestais	Raster	PMDFCI (2019), Câmara de Viana do Castelo
Geologia	Polígono	Folha 1 da Carta geológica 1:200 000 (https://geoportal.ineg.pt/pt/dados_abertos/cartografia_geologica/cgp200k/folha1/) Alterações de elaboração própria baseadas em Pinto de Meireles <i>et al.</i> (2014)
Ocupação do Solo	Polígono	DGT - COS 2018 (https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018)
POC Caminha e Espinho	Polígono	Atlas do Ambiente (https://sniamb.apambiente.pt/content/geo-visualizador)
Cenários de Subida do nível médio do mar (atual, 2040, 2070, 2100)	Linhas	Projeto Highwaters (https://projetohighwaters.wixsite.com/highwaters)
Área Ardida (2000-2023)	Polígono	ICNF (2000-2023) (https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo.html)
Pontos de Ignição (2001-2023)	Ponto	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF)
Hidrologia	Linha e Polígono	Câmara Municipal de Viana do Castelo
Dados Climáticos		IPMA (https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_81-10_VIANA_CASTELO.pdf)
Zonas Ameaçadas Por Cheias (ZAC)	Polígono	Câmara Municipal de Viana do Castelo
Rede Natura	Polígono	ICNF (https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo.html)
Imagens Lidar	Las	Câmara Municipal de Viana do Castelo

5.2. Metodologia

O Risco de Degradação dos Monumentos Naturais do GLVC foi avaliado tendo em conta a vulnerabilidade natural baseada na definição de (Fuentes-Gutiérrez *et al.*, 2016; Garcia-Ortiz de Landaluze *et al.*, 2014). Essa avaliação foi realizada de acordo com o esquema metodológico apresentado na Figura 13. Para a análise do risco de degradação foi avaliada a sensibilidade dos Monumentos Naturais a sofrerem danos considerando apenas os fatores extrínsecos. Neste estudo, foi avaliada a vulnerabilidade natural dos Monumentos Naturais, ou seja, a sensibilidade dos mesmos a serem danificados ou destruídos por perigos naturais e mistos como a subida do nível médio da água do mar, as cheias e inundações, instabilidade de vertentes e os incêndios rurais.

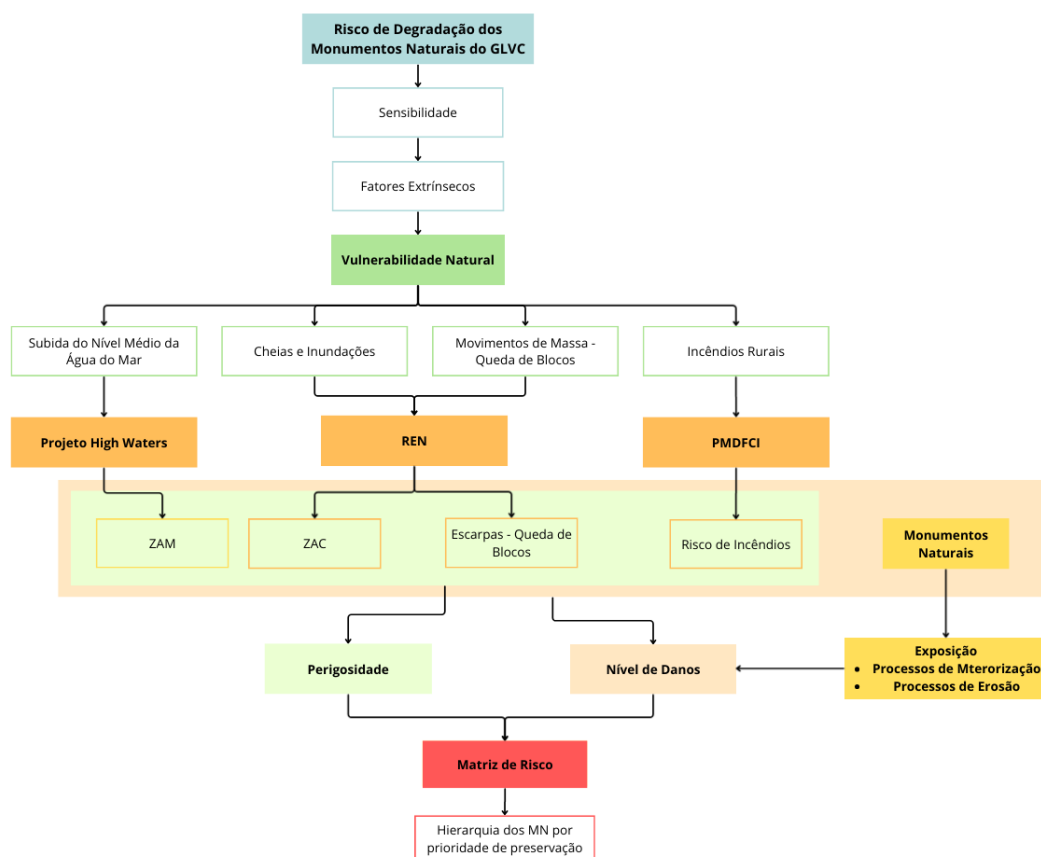


Figura 13 - Esquema metodológico para avaliar o Risco de Degradação dos Monumentos Naturais do GLVC, tendo em conta a vulnerabilidade natural.

O zonamento das Zonas Ameaçadas pelo Mar foi obtido no projeto HighWaters (<https://projetohighwaters.wixsite.com/high-waters>). A metodologia seguida neste projeto tinha como objetivo estimar áreas inundáveis para a costa portuguesa para os anos de 2040, 2070 e 2100 em Portugal Continental, tendo em conta diferentes cenários de emissões (SSP1, SSP2 e SSP5) (Trindade *et al.*, 2023; Trindade *et al.*, 2022). Para tal, os investigadores do projeto seguiram três abordagens principais: delimitação das áreas perigosas face à subida do nível médio do mar (SNM); estimativa da evolução do tecido urbano até 2100 e determinação de perfis de exposição no território nacional (Trindade *et al.*, 2023; Trindade *et al.*, 2022).

O zonamento das Zonas Ameaçadas pelas Cheias foi utilizada a informação cartográfica da REN Câmara Municipal de Viana do Castelo relativamente ao PDM de 2008.

Relativamente à instabilidade de vertentes, a análise centrou-se exclusivamente nas escarpas naturais com declive superior a 45°, de acordo com os critérios de delimitação da REN, uma vez que o processo mais importante na área de estudo são os desabamentos. Para tal, foram utilizados os declives previamente obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), que foram reclassificados em duas categorias:

- Valores inferiores a 45°, atribuídos com o número 0, correspondendo à ausência de escarpas naturais;
- Valores iguais ou superiores a 45°, atribuídos com o número 1, correspondendo à presença de escarpas naturais.

O zonamento das áreas suscetíveis a incêndios rurais baseou-se em primeiro lugar na carta de perigosidade a incêndios rurais no PMDFCI do município de Viana do Castelo de 2019. No entanto, considerou-se que, além da perigosidade dos incêndios rurais, o histórico da recorrência dos incêndios rurais forneceria uma imagem mais realista da frequência de ocorrência dos processos de meteorização e erosão ocorridos na sequência dos incêndios rurais e do seu impacto nos monumentos naturais. Para isso foram utilizadas as áreas ardidas disponibilizadas pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) para o período compreendido entre 2000 e 2023. Os

polígonos correspondentes às áreas ardidadas foram convertidos para formato matricial e foi calculado o número de ocorrências em cada célula.

A avaliação do risco de degradação nos monumentos naturais pela vulnerabilidade intrínseca foi realizada através de uma abordagem semi-quantitativa recorrendo a matrizes de risco. Estas matrizes incluem as classes de perigosidade num dos eixos e o nível de dano no outro eixo. A perigosidade corresponde à probabilidade de ocorrência de um perigo natural ou misto, enquanto o nível de dano representa o impacto esperado nos Monumentos Naturais pela exposição dos mesmos a processos de meteorização e a processos de erosão resultantes da ocorrência de inundações costeiras, inundações fluviais, desabamentos e incêndios rurais.

5.3. Matrizes de risco de degradação

Para avaliar o risco de degradação dos monumentos naturais gerado por processos geomorfológicos ativos (riscos naturais e mistos) que afetam os Monumentos Naturais, elaboraram-se quatro matrizes de risco que cruzam a perigosidade com o nível de dano para cada perigo a ser estudado.

A matriz de risco elaborada é baseada no *Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil* (Barreiros et al., 2009). Neste caso foram definidas cinco classes tanto para o nível de dano como para a perigosidade (muito elevado, elevado, moderado, baixo e muito baixo). Com base na combinação destes dois critérios, foi também definida uma escala de risco de degradação, dividida em quatro classes: risco baixo, risco moderado, risco elevado e risco muito elevado (Tabela 6).

Tabela 6 - Matriz de Risco de Degradação.

		Nível de Danos				
Perigosidade		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado
	Muito Elevada	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Muito Elevado	Risco Muito Elevado
	Elevada	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Muito Elevado
	Moderada	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Muito Elevado
	Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Muito Elevado
	Muito Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Elevado

5.4. Critérios de Classificação do Nível de Danos e da Perigosidade

Os critérios utilizados para justificar as classes de nível de danos na matriz de risco tiveram em conta os processos de meteorização e de erosão ativados pela presença de perigos específicos, nomeadamente a subida do nível do mar, inundações fluviais, desabamentos e incêndios rurais. Para cada perigo, avaliou-se a forma como este poderia afetar os monumentos naturais, determinando o impacto esperado sobre a integridade física dos mesmos (Tabela 7).

No eixo da perigosidade, associou-se uma probabilidade temporal e espacial de ocorrência de cada processo perigoso (Tabela 7). Em casos em que a classificação nem sempre coincidia totalmente com os critérios apresentados, optou-se por selecionar o parâmetro com maior correspondência com os critérios de classificação.

Tabela 7 - Critérios de classificação do nível de danos e da perigosidade utilizados para a definição da Matriz de Risco de Degradação dos MN.

Nível de Danos	Parâmetros	Critérios de Classificação
	Muito baixo	• Não é afetado por riscos naturais e mistos; • Não existe evidência de processos de meteorização e erosão; • Rochas muito resistentes; • Características originais preservadas; • Acessibilidade e segurança preservada; • Mantem-se visível; • Atração turística inalterada.
	Baixo	• Evidências ligeiras de processos de meteorização e erosão; • Rochas muito resistentes; • Alterações mínimas que não comprometem o valor cénico; • Pequenos impedimentos (trilhos ligeiramente degradados ou submersos); • Visibilidade do monumento pouco afetada; • Ligeira alteração da atração turística.
	Moderado	• Meteorização moderada – fissuras visíveis e perda pontual de material; • Rochas moderadamente resistentes; • Alterações moderadas que afetam os valores cénicos, contudo, são consideradas reversíveis. • Acessibilidade começa a ser condicionada; • Visibilidade do monumento moderadamente afetada; • Redução do interesse turístico.
	Elevado	• Meteorização intensa (desprendimentos frequentes, alterações de forma); • Rochas menos resistentes; • Alterações que afetam o valor cénico, risco elevado de perda de características estéticas; • Acesso muito condicionado; • Monumento quase oculto ou submerso; • Forte diminuição do interesse turístico.
	Muito elevado	• Meteorização severa (colapso parcial, perda acelerada de material); • Rochas pouco resistentes; • Perda ou alteração irreversível das características cénicas; • Acesso proibido por risco sério à segurança dos utilizadores; • Monumento Natural submerso ou com acesso interrompido; • Perda total ou quase total do interesse turístico.

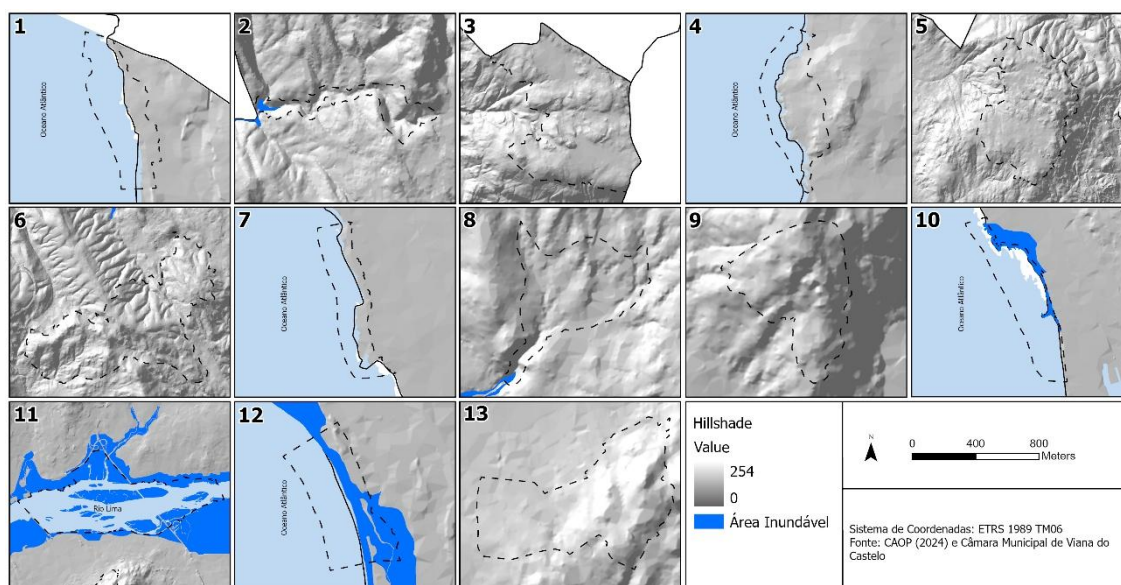
Perigosidade	Muito baixo	• Evento improvável; • Não existem registos históricos.
	Baixo	• Evento raro - registos históricos esporádicos (>100 anos); • Área afetada pelo perigo inferior a 20% da área do Monumento Natural.
	Moderado	• Evento possível – 1 a 2 ocorrência nas últimas duas décadas; • Subida no nível médio da água do mar projetada para 2040 começa a afetar o Monumento Natural; • Área afetada pelo perigo entre 20 a 50% da área do Monumento Natural.
	Elevado	• Evento provável - ocorrências de 3-5 vezes nas últimas duas décadas mais de 5 registos nas últimas duas décadas; • Área afetada pelo perigo entre 50 e 75% da área do Monumento Natural.
	Muito elevado	• Evento quase certo - mais de 5 registos nas últimas duas décadas; • Área afetada pelo perigo superior a 75% da área do Monumento Natural.

6. Resultados

6.1. Exposição dos Monumentos Naturais

6.1.1. Zonas Ameaçadas por Cheias

A Figura 14 evidencia que as áreas mais suscetíveis a cheias estão localizadas principalmente no litoral e na região do estuário do Rio Lima. Os Monumentos 2 e 8, que incluem a Cascata da Ferida e a Cascata do Poço Negro, possuem cursos de água que aumentam a exposição a inundações: no primeiro caso, devido ao Rio Âncora, e no segundo, pelo Ribeiro do Pêgo.



6.1.2. Zonas Ameaçadas pelo Mar

A subida do nível médio das águas do mar é um fenómeno que afeta diversas regiões costeiras. As projeções indicam que esse aumento poderá ser cada vez mais rápido devido às alterações climáticas (Trindade *et al.*, 2023; Trindade *et al.*, 2022). No caso do

município de Viana do Castelo, as consequências poderão ser potencialmente inevitáveis, como o agravamento da erosão costeira e o maior risco de inundações costeiras.

De acordo com a Figura 15, os cenários de inundação indicam que praticamente toda a área terrestre dos monumentos naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (1), do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (4), das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (7), das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (10) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (12) estará já submersa no primeiro cenário de inundação, correspondente ao ano de 2040, tendo em conta o pior cenário de emissões e desenvolvimento sócio-económico (SSP5).

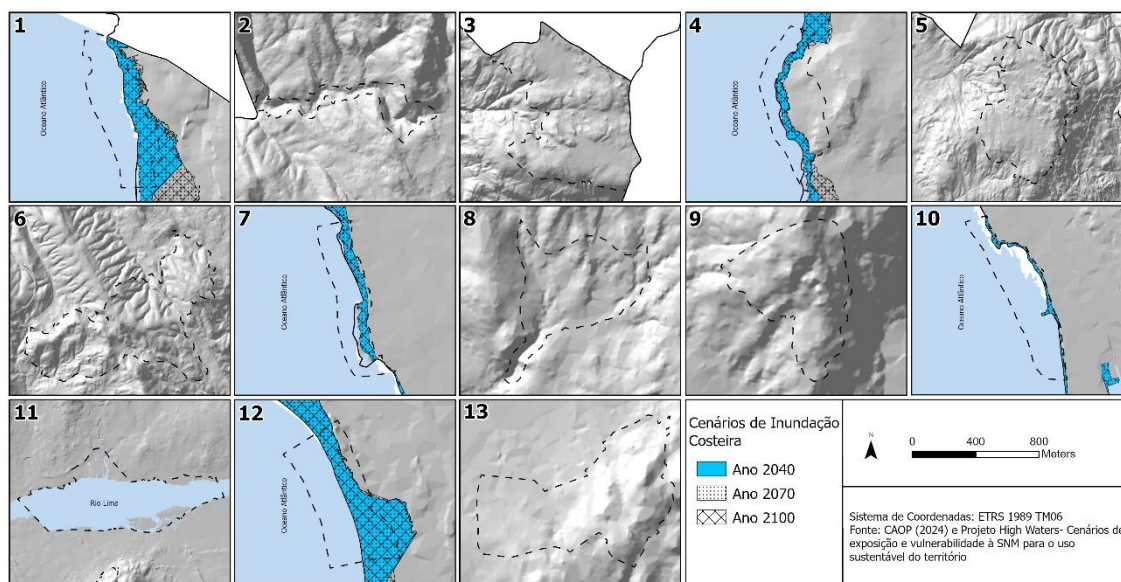


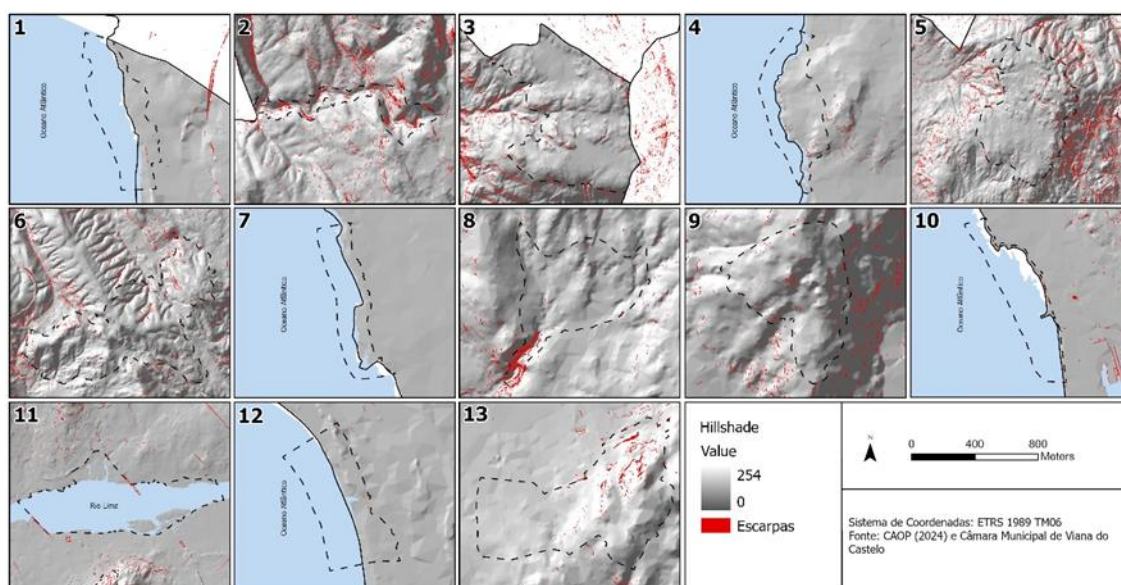
Figura 15 – Cenário de inundação costeira em 2040, 2070 e 2100 (SSP 5) nos Monumentos Naturais do GLVC.

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.1.3. Áreas de instabilidade de vertentes - escarpas

Na Figura 16, foram identificadas as escarpas naturais a partir de declives superiores a 45°, conforme estabelecido no Decreto-Lei n.º 93/90, publicado no Diário da República e posteriormente revogado, sendo atualmente substituído pelo Decreto-Lei n.º 124/2019. Estas áreas são caracterizadas como potenciais zonas de queda de blocos.

Observa-se que, na Figura 16, as escarpas naturais se evidenciam sobretudo nos Monumentos Naturais e nas áreas envolventes, situados a altitudes superiores a 100 m. Destacam-se como potenciais zonas de queda de blocos os Monumentos Naturais das Cascatas da Ferida Má (MN 2), com cerca de 3% da sua área ocupada por escarpas, das Cascatas do Poço Negro (MN 8), com 1,35%, e das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13), com 1,15%. Já os Monumentos Naturais das Chãs de Arga (MN 3), Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5), Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro Verdes (MN 6) e Penedo Furado da Meadela (MN 9) apresentam escarpas com maior evidência nas áreas circundantes. Em contraste, os Monumentos Naturais localizados em zonas costeiras e estuarinas revelam áreas quase sem escarpas naturais, ou mesmo sem a sua presença, o que reduz o risco de degradação nessas áreas.



Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.1.4. Incêndios rurais

A análise dos incêndios rurais no Geoparque do Litoral de Viana do Castelo, no período compreendido entre 2000 e 2023, permite constatar que as áreas montanhosas são claramente as mais afetadas por este perigo misto. Em particular, a Serra de Arga onde se localiza o Monumento Natural das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3) e a Serra de Perre, onde se localiza o Monumento Natural das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6) destacam-se como as zonas onde os incêndios rurais registam o maior número de recorrências, algumas áreas nestas serras a registar até sete incêndios rurais (Figura 17).

Segundo o Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios do município de Viana do Castelo (2020-2029) na Serra de Perre, a elevada frequência de incêndios está relacionada com áreas em que a acessibilidade é muito reduzida ou até impossível. Na Serra de Arga, a prática persistente do pastoreio e a necessidade de renovação sazonal das pastagens através do uso do fogo, bem como as dificuldades de acesso a diversas áreas da serra constituem fatores críticos que potenciam a ocorrência e a reincidência dos incêndios florestais (PMDFCI, 2019). A sul do rio Lima, a Serra da Padela destaca-se também como uma zona de elevado risco apesar de nos últimos anos se destacar pelo ressurgimento de espécies autóctones como o sobreiro e o carvalho, fruto de processos de reconversão florestal após sucessivos incêndios (PMDFCI, 2019).

Por outro lado, as áreas menos afetadas por este risco misto localizam-se predominantemente ao longo da faixa litoral (MN 1, 4, 7, 10 e 12), junto ao leito do rio Lima (MN 11) e no sudoeste do geoparque (MN 13), onde a recorrência de incêndios rurais é significativamente inferior ou mesmo inexistente (Figura 17).

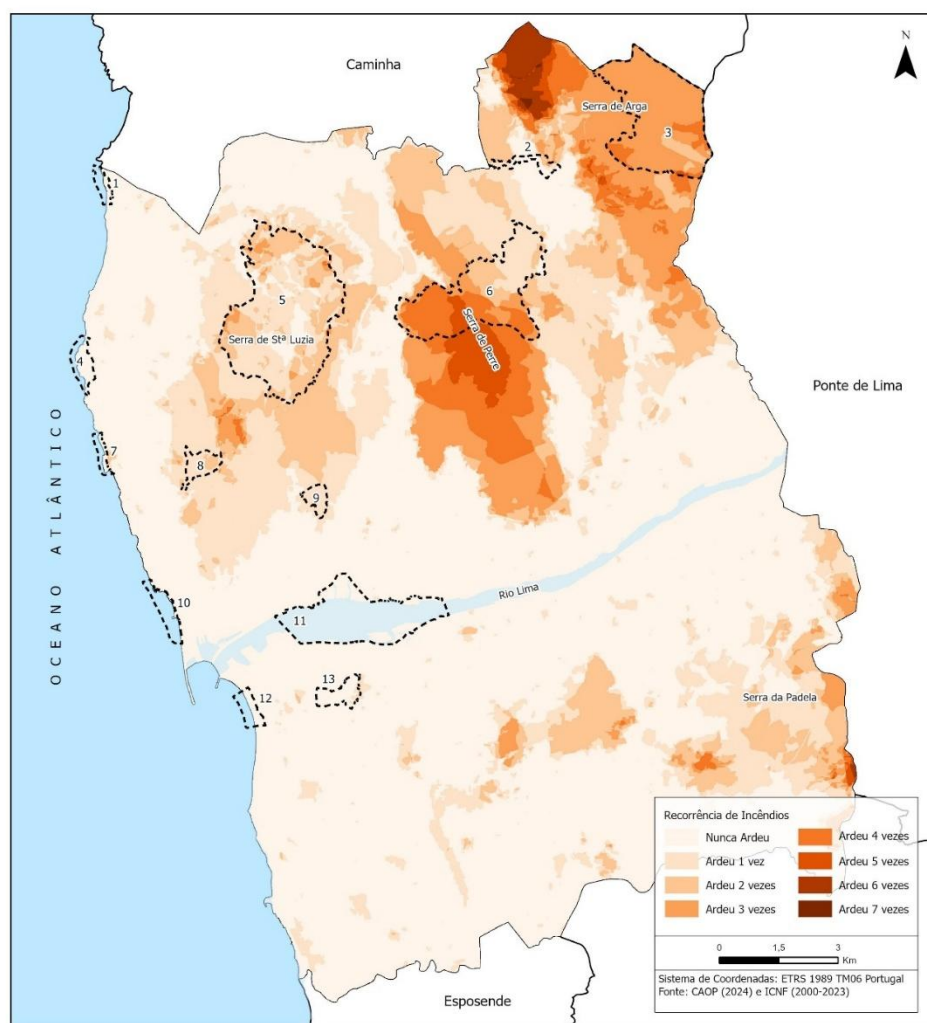


Figura 17 - Recorrência de incêndios rurais no GLVC (2000-2023).

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

De acordo com a Tabela 8, constata-se que três Monumentos Naturais nunca registaram áreas ardidas: os Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), o Rheic das Pedras Ruivas (MN 10) e a Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12). No entanto, estes não apresentam 100% da área como “nunca ardida”, dado que uma parte significativa da sua extensão se encontra no Oceano Atlântico.

Em contrapartida, destacam-se os Monumentos Naturais situados em áreas montanhosas, que revelam uma maior recorrência de incêndios e áreas ardidas de maiores dimensões. O caso mais crítico é o das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), onde 83,4% da área já ardeu três vezes, chegando ainda a registrar valores de 9,6% ardidos quatro vezes e 0,5% até cinco vezes. Também o Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5) apresenta valores muito significativos, com 36% da área ardida duas vezes, 4,6% três vezes e até 0,2% quatro vezes. Já as Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro–Verdes (MN 6) registam igualmente elevada recorrência, com 37,8% da área ardida quatro vezes e 6,5% até cinco vezes. Destaca-se ainda o Monumento Natural do Penedo Furado da Meadela (MN 9), que registou a totalidade da sua área ardida numa única ocorrência.

Os Monumentos Naturais localizados no litoral do município são pouco ou mesmo nada afetados por este perigo, apresentando áreas ardidas reduzidas ou inexistentes. Por outro lado, os MN localizados em áreas montanhosas tendem a arder mais vezes e em maior escala, sobretudo devido à quantidade de matéria combustível disponível.

Tabela 8 - Área de Recorrência de Incêndio Rural (%) por área de cada Monumento Natural do GLVC.

ID do Monumento Natural	Recorrência de Incêndio					
	Nunca Ardeu	Ardeu 1 vez	Ardeu 2 vezes	Ardeu 3 vezes	Ardeu 4 vezes	Ardeu 5 vezes
1	36,1					
2	49,8	31,2	16,4	2,5		
3			6,4	83,4	9,6	0,5
4	63,9					
5	11,9	47,3	36,0	4,6	0,2	
6	1,2	24,0	16,4	14,0	37,8	6,5
7	36,5	0,1				
8		79,5	20,5			
9		100,0				
10	9,5					
11	99,9	0,1				
12	47,2					
13	88,1	11,9				

	Perigosidade baixa
	Perigosidade moderada
	Perigosidade elevada
	Perigosidade muito elevada

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

De forma geral, os Monumentos Naturais da Figura 18, que apresentam menor perigosidade face ao risco de incêndio são nas Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11), nas Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), no Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN 4), na Praia da Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12), nas Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7) e nos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1). Nestes monumentos, uma parte significativa da sua área encontra-se classificada na classe de perigosidade “Nula”, o que indica uma insignificante perigosidade para incêndios rurais. Destaca-se particularmente o Monumento Natural das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11), com cerca de 3.943.933 m² classificados com perigosidade nula, constituindo-se como a maior área de baixo risco entre todos os monumentos analisados.

Em contraste, os Monumentos Naturais que apresentam maior perigosidade de incêndio rural são as Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6), o Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5), as Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3) e o Penedo Furado da Meadela (MN 9). Nestes Monumentos Naturais, a maioria da área encontra-se classificada nas classes de perigosidade “Alta” e “Muito Alta”, o que evidencia uma elevada perigosidade de incêndio. Destaca-se o Monumento Natural do Penedo Furado da Meadela (MN 9), que apresenta a maior proporção de área na classe “Alta” (80,13% da área total do monumento). Já as Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6) correspondem ao monumento com maior percentagem de área classificada como “Muito Alta” (40,89% da área total do monumento). De forma geral, verifica-se que a perigosidade de incêndio, classificada como alta e muito alta, se concentra sobretudo nos maciços florestais da Serra de Santa

Luzia, onde se localizam os Monumentos Naturais 5, 8 e 9; na Serra de Perre e Amonde, onde se encontra o Monumento Natural 6; e na Serra de Arga, onde se situa o Monumento Natural 3.

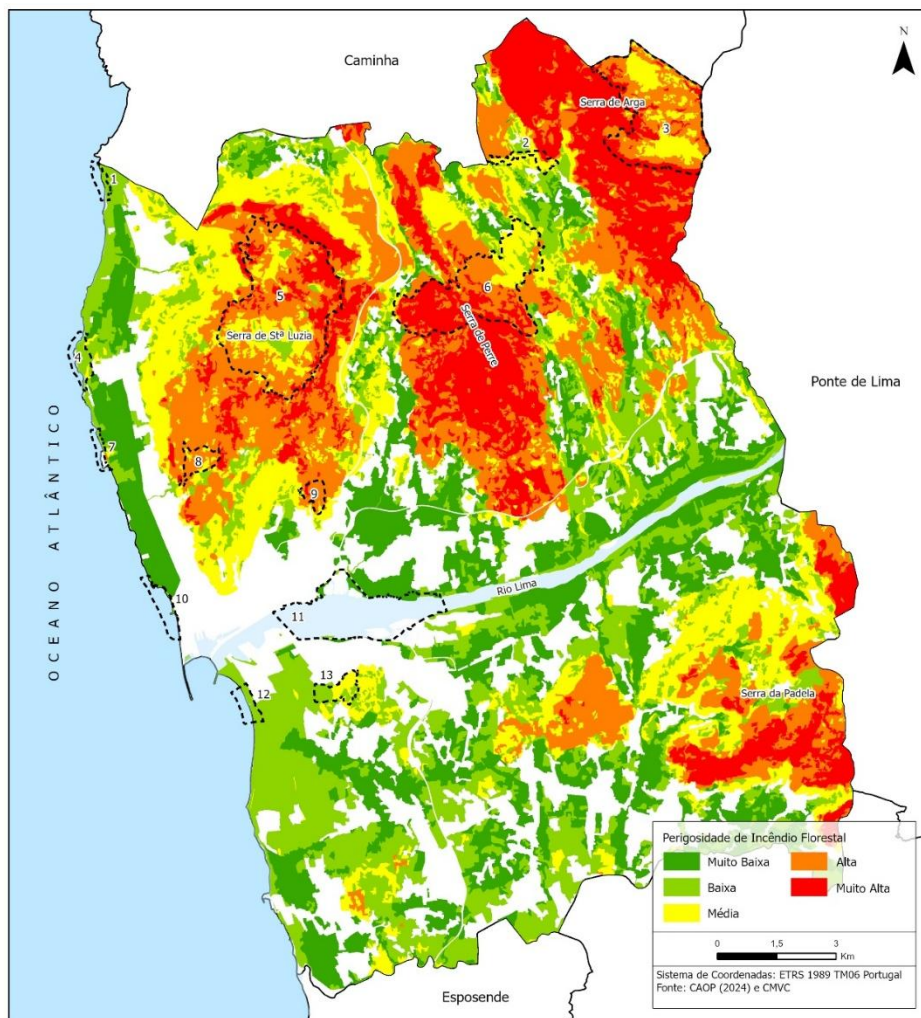


Figura 18 - Classes de Perigosidade de Incêndio Florestal no GLVC

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.1.5. Síntese da exposição

A partir da Tabela 9 é possível verificar que os monumentos localizados no litoral apresentam grande influência da subida do nível médio das águas do mar (ZAM). No

Monumento Natural dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), as ZAM ocupam cerca de 33% da área, correspondendo, na realidade, à totalidade da sua área terrestre. Este monumento possui escarpas quase inexistentes e uma perigosidade de incêndio muito baixa. De forma semelhante, o Monumento Natural do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN 4) apresenta cerca de 20% da sua área em ZAM, com escarpas praticamente inexistentes e uma perigosidade de incêndio de aproximadamente 50% na classe baixa. O Monumento Natural das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7) revela uma ocupação de cerca de 22% em ZAM, com escarpas inexistentes e aproximadamente 15% da sua área classificada com perigosidade de incêndio baixa. Situação semelhante ocorre nos Monumentos Naturais das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12), sendo que o primeiro apresenta 7% da área em ZAM e o segundo cerca de 37%, valores que correspondem à totalidade da área terrestre de ambos. A principal diferença reside no facto de ambos também se encontrarem parcialmente em zonas ameaçadas por cheias (ZAC): cerca de 8% no Monumento Natural 10 e 29% no Monumento Natural 12.

O Monumento Natural das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11) distingue-se dos anteriores por estar localizado em zona ameaçada por cheias (ZAC), devido à proximidade do rio Lima, mas não apresenta expressão significativa de outros perigos.

Por outro lado, os monumentos situados em áreas de transição e de montanha, embora não se encontrem em zonas costeiras, apresentam uma perigosidade de incêndio relativamente elevada. O Monumento Natural Cascatas da Ferida Má (MN 2) possui cerca de 73% da sua área na classe média de incêndio, enquanto o Monumento Natural das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3) apresenta aproximadamente 50% da área na classe alta. Os Monumentos Naturais do Planalto Granítico das Chãs de Sta Luzia (MN 5) e das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6) apresentam mais de 50% da sua área distribuída entre as classes Alta e Muito Alta, evidenciando uma perigosidade bastante elevada. Os Monumentos Naturais das Cascatas do Poço Negro (MN 8) e do Penedo Furado da Meadela (MN 9) apresentam a maior perigosidade de incêndio, com mais de 75% da área na classe Alta de incêndio (76,9% no MN8 e 80,1% no MN9). Por fim, o Monumento Natural das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN

13) apresenta uma distribuição ligeiramente mais equilibrada, com 51,3% da área na classe Média e 48,5% na classe Alta. A área classificada como Alta corresponde ao Monte Galeão, enquanto a classe Média abrange a zona circundante ao monte.

Tabela 9 - Área correspondente a cada perigo identificado em cada monumento natural do GLVC.

ID	Área ZAM (%)			Área ZAC (%)	Área das Escarpas (%)	Perigosidade de Incêndio (%)				
	Ano 2040	Ano 2070	Ano 2100			Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
1	32,6	33,4	33,7		0,1	0,2	31,4			
2				3,1	3,8		8,6	72,6	9,8	9,0
3					0,2			30,1	49,6	19,8
4	18,4	19,7	19,7		0,1	0,0	50,9	5,9		
5					0,2		5,3	25,3	49,5	19,8
6					0,4	0,0	5,3	20,5	33,3	40,9
7	22,0	22,0	22,0			1,4	15,4	0,0		
8				0,6	1,5		0,2	22,9	77,0	0,0
9					0,5		0,8	10,1	80,1	8,9
10	6,9	6,9	6,9	8,4	0,1	0,0	5,8			
11				36,5	0,1	5,4	1,3			
12	37,2	38,1	38,2	29,0	0,0		44,8			
13					1,2		51,3	48,5		

	Perigosidade baixa
	Perigosidade moderada
	Perigosidade elevada
	Perigosidade muito elevada

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.2. Processos Geomorfológicos Ativos

A Tabela 10 sintetiza os processos geomorfológicos ativos nos Monumentos Naturais do GPLVC. Observa-se que os monumentos com zonas ameaçadas pelo mar estão sujeitos à meteorização física, com processos que degradam as rochas. Entre esses processos destaca-se a haloclastia, que resulta da infiltração de água do mar nas rochas;

quando a água evapora, formam-se cristais que se expandem, exercendo pressão sobre as paredes das rochas e provocando a sua fragmentação. Estes monumentos estão também sujeitos à erosão costeira, em que a rebentação das ondas provoca abrasão marinha por ação hidráulica, desgastando as rochas através do material transportado pelo mar. Os monumentos naturais afetados por estes processos são os Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), o Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor (MN 4), as Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7), as Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10) e a Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12).

Os Monumentos Naturais em zonas ameaçadas pelas cheias estão sujeitos à meteorização química, em que ocorrem processos de decomposição dos minerais, por dissolução, oxidação e hidrólise. Os Monumentos Naturais afetados por estes processos são as Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), as Falhas da Ínsuas do Lima (MN 11) e a Praia da Ribeira de Anha (MN 12).

Os Monumentos Naturais afetados pelos incêndios rurais estão sujeitos à meteorização física, nomeadamente à termoclastia, que corresponde à fragmentação de minerais mais brandos à superfície das rochas, devido ao efeito do fogo. Estas áreas também sofrem meteorização indireta pela destruição da vegetação circundante, deixando o solo mais exposto à erosão pluvial e gravitacional. Os Monumentos Naturais afetados por estes processos são as Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), o Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5), as Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro-Verdes (MN 6), as Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7), as Cascatas do Poço Negro (MN 8) e as Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13).

No caso dos Monumentos Naturais das Cascatas da Ferida Má (MN 2) e das Cascatas do Poço Negro (MN 8) afetados pela instabilidade de vertentes, estão sujeitos à meteorização física, nomeadamente à queda de blocos, que provoca degradação do valor estético dos monumentos.

Tabela 10 - Síntese dos processos geomorfológicos ativos e frequência de ocorrência por Monumento Natural.

ID	Processos Ativos	Frequência de Ocorrência
1	• Zona ameaçada pelo mar - Monumento fica submerso em 2040 • Meteorização Física (Haloclastia) • Erosão marinha ○ Corrasão (processo físico) - Rebentação das Ondas (Ação Hidráulica - pode provocar processos de abrasão marinha)	Diário - Rebentação das ondas Sazonal - maior rebentação no outono/inverno
2	• Instabilidade de vertentes ○ Meteorização física - Queda de Blocos (degradação do valor estético) • Incêndios Rurais ○ Meteorização física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão hídrica e gravitacional	Anual/Sazonal Registos de área ardida em 2005, 2011, 2012, 2015 e 2016
3	• Incêndios Rurais ○ Meteorização Física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Anual /Sazonal Registos de área ardida em 2013, 2016 e 2022
4	• Zona ameaçada pelo mar - Monumento fica submerso em 2040 • Meteorização Física (Haloclastia) • Erosão costeira ○ Corrasão (Processo Físico) - Rebentação das Ondas (Ação Hidráulica - pode provocar processos de abrasão marinha)	Diário - Rebentação das ondas Sazonal - maior rebentação no outono/inverno
5	• Incêndios Rurais ○ Meteorização Física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Anual/Sazonal Registos de área ardida em 2001, 2004, 2005, 2008 a 2017, 2019 e 2023
6	• Incêndios Rurais ○ Meteorização física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Sazonal Registos de área ardida em 2005, 2010, 2012, 2013, 2016 e 2022
7	• Zona ameaçada pelo mar - Monumento fica submerso em 2040 • Meteorização Física (Haloclastia) • Erosão Costeira • Corrasão (processo físico) - Rebentação das Ondas (Ação Hidráulica - pode provocar processos de abrasão marinha)	Diário - Rebentação das ondas Sazonal - maior rebentação no outono/inverno

8	• Instabilidade de vertentes ○ Meteorização física - Queda de Blocos (degradação do valor estético) • Incêndios Rurais ○ Meteorização física (Termoclastia) Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Registo de Movimento de massa em vertente 1995 Registos de área ardida em 2005, 2011 e 2015
9	• Incêndios Rurais ○ Meteorização física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Sazonal Registos de área ardida em 2005 e 2014
10	• Zona ameaçada pelo mar - Monumento fica submerso em 2040 • Meteorização Física (Haloclastia) • Erosão costeira • Corrasão - Rebentação das Ondas (Ação Hidráulica - pode provocar processos de abrasão marinha) • Área ameaçada por cheias • Meteorização química (Dissolução, Oxidação, Hidrólise)	ZAM: Diário - Rebentação das ondas e sazonal - maior rebentação no outono/inverno ZAC: sazonal - inundações mais frentes no outono/inverno
11	• Área ameaçada por cheias • Meteorização química (Dissolução, Oxidação, Hidrólise)	Registo de ocorrência de 3 cheias/inundações (1928/1909/1909) ZAC: sazonal - inundações mais frentes no outono/inverno
12	• Zona ameaçada pelo mar - Monumento fica submerso em 2040 • Meteorização Física (Haloclastia) • Erosão costeira • Corrasão - Rebentação das Ondas (Ação Hidráulica - pode provocar processos de abrasão marinha) • Área ameaçada por cheias • Meteorização química (Dissolução, Oxidação, Hidrólise)	ZAM: Diário - Rebentação das ondas e sazonal - maior rebentação no outono/inverno ZAC: sazonal - inundações mais frentes no outono/inverno
13	• Incêndios Rurais ○ Meteorização física (Termoclastia) ○ Destruição da vegetação circundante – maior exposição à erosão pluvial e gravitacional	Anual/Sazonal Registos de área ardida em 2011 e 2017

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do

Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.3. Matrizes de Risco

6.3.1. Zonas Ameaçadas por Cheias

Em relação à matriz para as Zonas Ameaçadas por Cheias (Tabela 11), considerou-se que nos Monumentos Naturais 10 e 11 o nível de danos é elevado, uma vez que se prevê que estes monumentos fiquem quase ocultos ou mesmo submersos, o que condiciona fortemente o acesso. A sua exposição à ação da água do mar potencia a meteorização química esporadicamente, ou seja, apenas em situações de inundação. Foi considerada uma frequência diária de ocorrência dos processos de meteorização devido à localização dos monumentos: um situado junto à linha de costa (MN 10) e outro numa área de estuário (MN 11). Do ponto de vista geológico, o Monumento Natural 11 encontra-se numa unidade geológica predominantemente constituída por aluviões de resistência reduzida. Já o Monumento Natural 10 integra-se em unidades geológicas com resistência elevada (quartzitos), mas também com setores de resistência média a baixa (xistos).

O nível de danos atribuído ao Monumento Natural 12 foi moderado, uma vez que se prevê que o monumento apresente visibilidade reduzida e acessibilidade condicionada, embora, ao contrário dos monumentos anteriormente analisados, não se encontre totalmente inserido em zonas ameaçadas por cheias. A ocorrência destes fenómenos tem carácter sazonal, com maior probabilidade nas estações de outono/inverno, o que limita o impacto a períodos específicos. Apesar de afetar a experiência dos visitantes e comprometer parcialmente a identidade do local, o dano não atinge a gravidade observada nos Monumentos Naturais 10 e 11, mantendo-se a possibilidade de usufruto turístico fora dos episódios de cheia. Do ponto de vista geológico, o Monumento Natural 12 está localizado numa área onde predomina o Granito de Santa Luzia, litologia de elevada resistência, nomeadamente a processos de erosão e meteorização.

Em ambos os casos, a probabilidade de ocorrência espacial foi classificada entre 50% e 75% da área do monumento afetada, considerando apenas a área terrestre.

Todos os restantes Monumentos Naturais foram classificados com risco muito baixo, uma vez que não existem registos de ocorrência de cheias e as suas áreas não se encontram inseridas em zonas ameaçadas por cheias.

Tabela 11 - Matriz de risco para as ZAC

		Nível de Danos					Perigosidade	Nível de Risco
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado		
Muito Elevada								
Elevada				MN 12	MN 10,11			Baixo
Moderada								Moderado
Baixa								Elevado
Muito Baixa	MN 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13							Muito Elevado

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.3.2. Zonas Ameaçadas pelo Mar

Em relação à matriz para as Zonas Ameaçadas pelo Mar (Tabela 12) considerou-se que nos Monumentos Naturais 1, 7 e 10, o nível de danos é elevado, uma vez que se prevê que estes monumentos fiquem submersos em 2040 e com o acesso fortemente condicionado. O contacto constante com a água do mar potencia os processos de meteorização física (haloclastia, abrasão marinha e ação hidráulica das ondas), conduzindo a uma degradação acelerada das suas características originais. Do ponto de vista geológico, os Monumentos Naturais 7 e 10 encontram-se em áreas dominadas por xistos, litologia de resistência média a baixa, enquanto o Monumento Natural 1 se localiza em zonas de aluviões, unidade geológica de resistência reduzida.

A perigosidade foi considerada muito elevada, uma vez que se estima que mais de 75% da área terrestre destes Monumentos Naturais seja afetada.

No caso dos Monumentos Naturais 4 e 12, o nível de dano esperado é moderado, uma vez que se prevê uma redução da visibilidade e acessibilidade condicionada, sem que, no entanto, ocorra submersão total. A ação diária das ondas e a sua intensificação sazonal contribuem para alterações superficiais nas rochas, embora ainda seja possível a preservação parcial das suas características originais. Do ponto de vista geológico, o Monumento Natural 12 encontra-se no Granito de Santa Luzia, uma litologia de elevada resistência, enquanto o Monumento Natural 4 se localiza no Granito da Bouça de Frades, igualmente de resistência elevada. Apesar da resistência destas rochas, ambos os monumentos foram incluídos na classe de dano moderado, uma vez que cumprem mais critérios associados a esta categoria.

Assim, a perigosidade foi classificada como elevada no Monumento Natural 12, uma vez que a probabilidade espacial de área afetada se situa entre 50% e 75%, e moderada no Monumento Natural 4, dado que a estimativa da área que será afetada corresponde a 20% a 50%. Os restantes Monumentos Naturais foram classificados como risco muito baixo, uma vez que não se encontram em zonas ameaçadas pelo mar.

Tabela 12 - Matriz de risco para as ZAM.

		Nível de Danos					Perigosidade	Nível de Risco
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado		
Muito Elevada					MN 1,7,10			
Elevada				MN 12				
Moderada				MN 4				
Baixa								
Muito Baixa		MN 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 13						

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.3.3. Áreas de instabilidade de vertentes - Escarpas

No que diz respeito à matriz de risco para as Áreas de Instabilidade de Vertentes (Tabela 13), considerou-se que nos Monumentos Naturais 2 e 8 o nível de dano é elevado, uma vez que a instabilidade das vertentes nas escarpas pode provocar queda de blocos, conduzindo à degradação do valor cénico destes monumentos. Adicionalmente, esta instabilidade pode comprometer a acessibilidade e representa um risco acrescido para a segurança dos visitantes, exigindo atenção especial na gestão e monitorização destes locais. Do ponto de vista geológico, o Monumento Natural 2 encontra-se em áreas de xistos de resistência baixa a média, enquanto o Monumento Natural 8 se localiza em zonas de granito. Apesar da elevada resistência do granito, o Monumento Natural 8 foi incluído na classe de dano moderado, uma vez que cumpre mais critérios associados a esta categoria.

Em relação à perigosidade, esta apresenta-se distinta entre os dois casos. No Monumento Natural 8, foi registado um movimento de vertente em 1995, ainda que de carácter pontual, justificando a atribuição de uma perigosidade baixa. Já no Monumento

Natural 2, não existem registos históricos de ocorrências, apenas a cartografia das escarpas naturais, pelo que a perigosidade foi classificada como muito baixa. Os restantes Monumentos Naturais foram classificados com risco muito baixo, uma vez que não se encontram em áreas de possível queda de blocos.

Tabela 13 - Matriz de risco para a Instabilidade de Vertentes – Escarpas.

		Nível de Danos					Perigosidade	Nível de Risco
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado		
Muito Elevada								
Elevada								
Moderada								
Baixa					MN 8			
Muito Baixa	MN 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13				MN 2			

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

6.3.4. Incêndios rurais

Em relação ao nível de dano (Tabela 14), considerou-se que os Monumentos Naturais 3, 5, 8, 9 e 13 apresentam nível de dano baixo, uma vez que se encontram em zonas de granito, rocha de alta resistência. Apesar da elevada resistência destas rochas, podem ocorrer ligeiras alterações superficiais devido a processos de meteorização, nomeadamente a termoclastia.

Já os Monumentos Naturais 2 e 6 apresentam nível de dano moderado, dado que a área integra litologias variadas, incluindo xistos, quartzitos e rochas metamorfizadas, que apresentam resistência baixa a média, mas também contêm parte do monumento natural em área de granito. Por esta razão, ajustou-se a classificação de resistência de

todas as litologias para moderada, uma vez que algumas destas rochas são mais suscetíveis do que outras à meteorização física, como a termoclastia, e à perda de valor cénico devido à alteração da rocha.

Em relação à perigosidade por incêndios rurais (Tabela 14), considerou-se que o Monumento Natural 13 apresenta nível de danos baixo, uma vez que menos de 20% da sua área é afetada por incêndios, tendo sido registados apenas dois incêndios nas últimas duas décadas. O Monumento Natural 2 apresenta nível de danos moderado, visto que cerca de 70% da sua área é afetada, com cinco incêndios registados nas últimas duas décadas. Os Monumentos Naturais 3, 8 e 9 apresentam nível de danos elevado, afetando 100% da área, com três, três e dois incêndios registados nas últimas duas décadas, respetivamente. Os Monumentos Naturais 5 e 6 apresentam nível de danos muito elevado, uma vez que 100% da área é afetada, tendo registado sete e seis incêndios nas últimas duas décadas, respetivamente. Os restantes Monumentos Naturais foram classificados com risco muito baixo, uma vez que não se encontram em áreas significativamente afetadas por incêndios rurais.

Tabela 14 - Matriz de risco para os Incêndios Rurais.

		Nível de Danos					Perigosidade	Nível de Risco
	Muito Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado			
Muito Elevada		MN 5	MN 6					
Elevada		MN 3, 8, 9						
Moderada			MN 2					
Baixa		MN 13						
Muito Baixa	MN 1, 4, 7, 10, 11, 12							

Nota: 1 – MN dos Pavimentos Graníticos da Gatenha, 2 – MN das Cascatas da Ferida Má, 3 – MN das Turfeiras das Chãs de Arga, 4 – MN do Cemitério das Praias Antigas do Alcantilado de Montedor, 5 – MN do Planalto Granítico de Santa Luzia, 6 – MN das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes, 7 – MN das Gotas Magmáticas do Canto Marinho, 8 – MN das Cascatas do Poço Negro, 9 – MN do Penedo Furado da Meadela, 10 – MN das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas, 11 – MN das Falhas das Ínsuas do Lima, 12 – MN da Praia Eemiana da Ribeira de Anha, 13 – MN das Dunas Trepadoras do Faro de Anha.

Considerações Finais

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar o risco de degradação dos geossítios classificados - Monumentos Naturais - do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo, identificando os mais expostos à atuação de perigos naturais e mistos, nomeadamente as cheias, a ação do mar, a instabilidade de vertentes e os incêndios rurais. A análise desenvolvida baseou-se numa abordagem semi-quantitativa, suportada pela elaboração de matrizes de risco que cruzaram a perigosidade associada a cada processo com o nível de danos potenciais. Esta metodologia permitiu compreender, de forma integrada, a dinâmica dos processos geomorfológicos ativos e o impacto que estes podem exercer sobre o geopatrimónio do município, constituindo uma ferramenta essencial de apoio à decisão para o planeamento territorial e para a gestão das áreas classificadas.

Os resultados obtidos evidenciam diferenças significativas entre os níveis de risco a que os Monumentos Naturais estão expostos. No caso das zonas ameaçadas por cheias, verificou-se que os Monumentos Naturais das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) apresentam risco elevado, devido à sua localização em áreas próximas do Oceano Atlântico e das planícies de inundação do Rio Lima, que os tornam suscetíveis à ocorrência de inundações fluviais. Estas condições naturais potenciam a ação erosiva e o desgaste das formações rochosas, contribuindo para a sua degradação progressiva.

Já nas zonas ameaçadas pelo mar, observou-se igualmente um cenário de risco acrescido, com destaque para os Monumentos Naturais dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1), as Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7) e as Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), localizados na faixa costeira e, portanto, mais expostos aos processos de erosão marinha, galgamento oceânico e à subida do nível médio do mar. Estes processos perigosos, agravados pelas alterações climáticas, têm vindo a intensificar-se nas últimas décadas, originando impactos significativos na integridade física dos geossítios, afetando não só o seu valor científico, mas também o seu valor cénico e turístico.

Relativamente à instabilidade de vertentes, identificaram-se os Monumentos Naturais localizados em áreas com declives acentuados e litologias mais suscetíveis à fragmentação. Neste contexto, o Monumento Natural das Cascatas do Poço Negro (MN 8) destaca-se como o único classificado com risco elevado, devido à conjugação entre a morfologia do terreno e a ocorrência de processos de queda de blocos nas vertentes envolventes. O histórico de instabilidade de vertentes próximo da área do monumento reforça a necessidade de medidas preventivas que garantam a segurança e preservação deste Monumento Natural.

No que se refere aos incêndios rurais, constatou-se uma distribuição espacial distinta da observada nos restantes perigos, com incidência predominante nos Monumentos Naturais localizados em áreas florestais. Os resultados apontam o Monumento Natural das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes (MN 6) como o mais exposto a este tipo de perigo, apresentando risco elevado. Já os Monumentos Naturais das Cascatas da Ferida Má (MN 2), das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), do Planalto Granítico das Chãs de Santa Luzia (MN 5), das Cascatas do Poço Negro (MN 8) e do Penedo Furado da Meadela (MN 9) registam risco moderado, em consequência da recorrência de incêndios rurais nas áreas onde se inserem. Embora os impactos diretos do fogo sobre o substrato rochoso tendam a ser superficiais, a perda de cobertura vegetal e a subsequente erosão hídrica do solo constituem fatores agravantes da degradação indireta destes locais. Para além disso, o desaparecimento da vegetação natural altera o enquadramento paisagístico, reduz a biodiversidade e compromete o valor cénico e turístico dos Monumentos Naturais, contribuindo para a perda de atratividade destas áreas junto de visitantes e da população local.

A análise integrada dos resultados obtidos permitiu estabelecer uma hierarquia de prioridade de intervenção e preservação dos Monumentos Naturais do Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo. Esta hierarquização teve em consideração a natureza e a frequência dos diferentes perigos analisados, seguindo a seguinte ordem de importância: em primeiro lugar, as Zonas Ameaçadas pelo Mar (ZAM), dado que se trata de processos de erosão costeira e galgamento oceânico de frequência diária, com elevada capacidade destrutiva e impacto direto na integridade física dos geossítios. Em

segundo lugar, foram consideradas as áreas de instabilidade de vertentes (escarpas), cuja frequência é rara, mas cuja ocorrência pode resultar em danos irreversíveis, provocando a perda das características do património geológico. Posteriormente, foram incluídas as Zonas Ameaçadas por Cheias (ZAC), classificadas como eventos de frequência esporádica, que, embora menos recorrentes, também podem erodir os Monumentos Naturais. Por fim, os incêndios rurais foram considerados o perigo de menor impacto direto, uma vez que afetam sobretudo a vegetação envolvente e apenas superficialmente as formações rochosas, representando, contudo, uma ameaça significativa para o enquadramento paisagístico e a biodiversidade associada aos geossítios.

Desta forma, os Monumentos Naturais das Relíquias do Rheic das Pedras Ruivas (MN 10), das Gotas Magmáticas do Canto Marinho (MN 7), dos Pavimentos Graníticos da Gatenha (MN 1) e da Praia Eemiana da Ribeira de Anha (MN 12) foram considerados de prioridade máxima, devido à sua exposição direta à ação marinha e aos processos de erosão. Nestes locais, deve ser realizada monitorização contínua da erosão marinha e promovida a construção de infraestruturas de proteção costeira.

O Monumento Natural 8 ocupa uma posição intermédia, por estar sujeito a um perigo menos frequente, mas altamente destrutivo, associado à instabilidade de vertentes. Para minimizar este risco, é essencial implementar sinalização de risco e proceder ao reforço da vegetação nas encostas, contribuindo para a estabilização do solo. O Monumento Natural das Falhas das Ínsuas do Lima (MN 11) apresenta prioridade moderada, devido à sua vulnerabilidade a episódios de cheia que são esporádicos. Assim, é recomendada a preservação da vegetação ripícola, que atua como barreira natural de proteção das margens fluviais, ajudando a reduzir a erosão e o risco de inundação.

Já os Monumentos Naturais das Cristas Quartzíticas do Campo Mineiro de Folgadoiro – Verdes (MN 6), das Cascatas da Ferida Má (MN 2), das Turfeiras das Chãs de Arga (MN 3), do Planalto Granítico de Santa Luzia (MN 5) e do Penedo Furado da Meadela (MN 9) possuem prioridade baixa, por estarem sobretudo expostos a incêndios rurais e às suas consequências sobre a vegetação. Nestes casos, as medidas mais adequadas passam

pela reflorestação com espécies autóctones e pela limpeza regular dos espaços florestais, de modo a evitar a propagação do fogo e proteger os ecossistemas locais.

Por fim, o Monumento Natural das Dunas Trepadoras do Faro de Anha (MN 13) é o menos prioritário, uma vez que apresenta risco reduzido em todos os parâmetros analisados. Ainda assim, deve ser mantida uma monitorização contínua para garantir a conservação das suas características naturais.

De um ponto de vista metodológico, a utilização de matrizes de risco mostrou-se fundamental para identificar as áreas mais expostas e estabelecer uma hierarquia de prioridades que pode orientar as políticas municipais de conservação e os instrumentos de ordenamento do território. Contudo, importa salientar algumas limitações associadas aos dados utilizados, nomeadamente a cartografia desatualizada da Reserva Ecológica Nacional (REN), bem como as restrições ligadas à resolução espacial e temporal das fontes de informação, que condicionaram a precisão e o detalhe da análise. A ausência de dados recentes sobre a frequência e intensidade de cheias e dos movimentos de vertente constitui uma limitação que deverá ser colmatada em estudos futuros. Apesar destas limitações, os resultados obtidos representam um contributo relevante para o ordenamento do território e para a conservação do geopatrimónio do município de Viana do Castelo. Este estudo fornece informação científica fundamental para a definição de estratégias de gestão sustentável dos Monumentos Naturais e para o desenvolvimento do futuro Plano e Regulamento de Gestão dos MN do GLVC, permitindo integrar medidas concretas de mitigação dos riscos e de valorização dos monumentos naturais. Ao identificar os locais mais ameaçados e as causas predominantes da degradação, este trabalho contribui diretamente para a redução das perdas de biodiversidade e para a preservação das características naturais e geomorfológicas que conferem identidade ao município.

Em síntese, a valorização do geopatrimónio do GLVC não depende apenas da sua classificação ou reconhecimento institucional, mas sobretudo da implementação de ações eficazes de proteção e recuperação face aos processos geomorfológicos atuais e incêndios rurais, capazes de assegurar a continuidade dos valores científicos, educativos e turísticos que sustentam a candidatura do território a Geoparque Mundial da UNESCO.

Referências Bibliográficas

- Almeida, J., Silva, V., Gomes, P., Coutinho, T., & Aguiar, F. (2019). *Estudos de Caracterização da Paisagem - Da Serra D'Arga à Foz de Âncora* (Vol. 1). https://www.serradarga.pt/wp-content/uploads/2019/01/12_paisagem.pdf
- APA. (2021). *Relatório do Programa da Orla Costeira Caminha-Espinho*. https://apambiente.pt/sites/default/files/SNIAMB_Agua/DLPC/POC/POC_A-CE/2021-01-29_Relatorio_Programa_VF_compressed.pdf
- Azevedo, J., Diniz, M., & Rabelo, T. (2024). Avaliação do risco de degradação do geopatrimônio na APA de Genipabu, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *ACTA GEOGRÁFICA*, 18, 20-39. <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v18i49.8096>
- Barreiros, C., Costa, E., & Pires, P. (2009). *Cadernos Técnicos PROCIV #9 Guia para a Caracterização do Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil*.
- Brilha, J. (2005). *Património Geológico e Geoconservação : A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica* (P. Editores, Ed.).
- Brilha, J., & Carvalho, A. (2010). Geoconservação em Portugal : uma introdução.
- Brilha, J., Pereira, P., Pereira, D., & Renato, H. (2013). Geossítios de relevância nacional e internacional em Portugal Continental. In (pp. 169-178).
- Cabral, J. (1995). *Neotectónica em Portugal Continental*. I. G. e. Mineiro.
- Cabral M., Cramez P., Moreira A., Noronha F., Oliveira J. M. S., Pereira E., Farinha Ramos J. M., Reis M. L., Ribeiro A., Ribeiro M. L., & Simões M. (1992). *Carta Geológica de Portugal - Notícia Explicativa da Folha 1 (Escala 1/200 000)*. Serviços Geológicos de Portugal.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J., & Durán Valsero, J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación y relación con los espacios naturales protegidos* (Vol. 7).
- Carvalhido, R. (2012). *O Litoral Norte de Portugal (Minho-Neiva): evolução paleoambiental quaternária e proposta de conservação do património geomorfológico* Universidade do Minho].
- Carvalhido, R. (2018a). Livro de Pedra, Monumentos Naturais Locais de Viana do Castelo - Catálogo. In. Viana do Castelo.
- Carvalhido, R. (2018b). O Livro da Pedra, Monumentos Naturais Locais de Viana do Castelo - Catálogo. In (pp. 21).
- Carvalhido, R. (2025). *Aspirante Geoparque Litoral de Viana do Castelo: 20 anos de um legado para a Geoconservação, a Educação e o Turismo Sustentável*.
- Carvalhido, R., Brilha, J., & Pereira, D. (2014). Monumentos Naturais Locais de Viana do Castelo: processo de classificação e estratégias de valorização. *Comunicações Geológicas*, 101, 1219-1223.
- Cunha, S., Silva, Á., Herráez, C., Pires, V., Chazarra, A., Mestre, A., Nunes, L., Mendes, M., Neto, J., Marques, J., & Mendes, L. (2011). *Atlas Climático Ibérico – Iberian Climate Atlas*.
- de Lima, F. F., Brilha, J. B., & Salamuni, E. (2010). Inventorying Geological Heritage in Large Territories: A Methodological Proposal Applied to Brazil. *Geoheritage*, 2(3), 91-99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12371-010-0014-9>

- Dias, R., & Ribeiro, A. (1995). The Ibero-Armorican Arc: A collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics*, 246(1), 113-128.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)00253-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)00253-6)
- Dixon, G. (1996). *Geoconservation - an international review and strategy for Tasmania*.
- Duijm, N. (2015). Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.014>
- Feio, M., & Daveau, S. (2004). *O Relevio de Portugal Grandes Unidades Regionais*. Associação Portuguesa de Geomorfologia.
- Felix, A., & Filho, N. (2020). *APOSTILA DE SEDIMENTOLOGIA*.
- Félix, A., & Filho, N. (2020). *Apostila de Sedimentologia*.
- Ferreira, A. B. (1978). *Erosão diferencial e modelado das regiões graníticas do Norte de Portugal*.
- Flores, F. M. (1939). A protecção da natureza – Directrizes actuais. *Revista Agronómica*, 27(1), 1–125.
- Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. (2010). Geosites Inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): A Tool to Introduce Geoheritage into Regional Environmental Management. *Geoheritage*, 2, 57-75.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12371-010-0012-y>
- Fuertes-Gutiérrez, I., Fernández-Martínez, E., & Garcia-Ortiz de Landaluze, E. (2013). Propuesta de términos en castellano sobre conceptos relacionados con el riesgo de degradación del patrimonio geológico. *Cuadernos del Museo Geominero*.
- Fuertes-Gutiérrez, I., García-Ortiz, E., & Fernández-Martínez, E. (2016). Anthropogenic Threats to Geological Heritage: Characterization and Management: A Case Study in the Dinosaur Tracksites of La Rioja (Spain). *Geoheritage*, 8(2), 135-153.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12371-015-0142-3>
- Garcia-Ortiz de Landaluze, E., Fuertes-Gutiérrez, I., & Fernández-Martínez, E. (2014). Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: Fragility and natural vulnerability, a case study. *Proceedings of the Geologists Association*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2014.06.003>
- Gonçalves, J., de Castro, E., Loureiro, F., & Pereira, P. (2024). Assessment of forest fires impacts on geoheritage: A study in the Estrela UNESCO Global Geopark, Portugal. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 12(4), 580-605.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.11.005>
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley-Blackwell, Chichester, 2nd edn.
- Henriques, M., Reis, R., Brilha, J., & Mota, T. (2011). Geoconservation as an Emerging Geoscience. *Geoheritage*, 3, 117-128.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12371-011-0039-8>
- Huggett, R. (2011). *Fundamentals of Geomorphology, Third Edition*.
- Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M., & Zêzere, J. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*.
- Kiernan, B. (1994). *Conserving Tasmania's Geodiversity and Geoheritage: The Conservation of Landforms of Coastal Origin* (Vol. Genocide: Conceptual and Historical Dimensions).

- Kiernan, K. (1995). *An Atlas of Tasmanian Karst*.
- Lima, F. (2008). *Proposta Metodológica para a Inventariação do Património Geológico Brasileiro* Universidade do Minho].
- Pamplona, J. (2001). *Tectónica do antiforma de Viana do Castelo – Caminha (ZCI) - Regime de deformação e instalação de granitóides*. Universidade do Minho].
- Pamplona J., Gutiérrez-Alonso G., & A., R. (2006). Superposition of shear zones during orogenic development: an example from the NW Variscan Belt (Viana do Castelo, NW Portugal). *Journal of Structural Geology*, 20, 1-11.
- Pereira, D., Pereira, P., Santos, L., & França da Silva, J. (2014). Unidades geomorfológicas de Portugal Continental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15, 567-584. <https://doi.org/https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.549>
- Pinto de Meireles, C., Pamplona, J., & Castro, P. (2014). Lito e tectono-estratigrafia da Unidade do Minho Central e Ocidental: uma proposta de reclassificação Litho and tectonostratigraphy of “Minho Central e Ocidental” Unit: a proposal of revision. *Comunicações Geológicas*, 101, 269-273.
- PMDFCI. (2019). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios Caderno I – Diagnóstico - Informação Base*. https://www.cm-viana-castelo.pt/cm-vianadocastelo/uploads/document/file/4668/ponto_1_plano_municipal_da_defesa_da_floresta_contra_incendios_pmdfci_caderno_i.pdf
- Prosser, C., Bridgland, D., Brown, E., & Larwood, J. (2011). Geoconservation for science and society: Challenges and opportunities. *Proceedings of The Geologists Association - PROC GEOL ASSOC*, 122, 337-342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2011.01.007>
- Reynard, E., & Brilha, J. (2018). Geoheritage: A Multidisciplinary and Applied Research Topic. In Elsevier (Ed.), *Geoheritage* (pp. 1-10).
- Selmi, L., Canesin, T., Gauci, R., Pereira, P., & Coratza, P. (2022). Degradation Risk Assessment: Understanding the Impacts of Climate Change on Geoheritage. *Sustainability*, 14, 4262. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14074262>
- Sharples, C. (1993). *A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes*. Forestry Commission Tasmania.
- Simmons, D. C. (2020). Qualitative and quantitative approaches to risk assessment. In *Understanding disaster risk: risk assessment methodologies and examples*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/https://doi.org/10.2760/571085>
- Toledo, M. C. M., Oliveira, S. M. B. d., & Melfi, A. J. (2007). Intemperismo e Formação do Solo. In *Decifrando a Terra* (pp. 139-157). Companhia Editora Nacional.
- Trindade, J., Reis, E., Rocha, J., Santos, P., A.C. Garcia, R., C. Oliveira, E., Silva, A., Pinheiro, S., & Cuervas-Mons, J. (2023). Methodology for sea level rise hazard assessment in the exposed coastal zone of the Portuguese mainland. *GEOGACETA*, 74, 59-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.55407/geogaceta98169>
- Trindade, J., Zêzere, J., Reis, E., Rocha, J., Santos, P., A.C. Garcia, R., C. Oliveira, E., & Pinheiro, S. (2022). *Avaliação de cenários de exposição e vulnerabilidade social à*

subida do nível do mar para o uso sustentável do território 2ª Conferência Internacional de Riscos Urbanos Lisboa.

- Vandelli, V., Selmi, L., Faccini, F., Ferrando, A., & Coratza, P. (2024). Geoheritage Degradation Risk Assessment: Methodologies and Insights. *Sustainability*, 16, 10336. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su162310336>
- Vieira, A., Figueiro, A., Cunha, L., Steinke, V., Guimaraes, T., & Souza Fernandes, L. C. D. (2021). Geopatrimónio, Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: Experiências em Portugal e na America Latina In (pp. 189).
- Williams, M., McHenry, M., & Boothroyd, A. (2020). Geoconservation and Geotourism: Challenges and Unifying Themes. *Geoheritage*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12371-020-00492-1>

Decretos de Lei

Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho de 2008. Diário da República n.º 142/2008 - Série I de 2008-07-24, páginas 4596 – 4611. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/142-2008-454502>

Decreto-Lei n.º 242/2015, de 15 de outubro de 2015. Diário da República n.º 202/2015, Série I de 2015-10-15, páginas 8981 – 9000. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/242-2015-70693924>

Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto. Diário da República n.º 164/2019, Série I de 2019-08-28, páginas 60 – 118. Presidência do Conselho de Ministros, Ambiente e Transição Energética. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/124-2019-124256708>

Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro. Diário da República n.º 206/2010, Série I de 2010-10-22, páginas 4757 – 4764. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/115-2010-307873>

Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro. Diário da República, 1.ª série, n.º 186. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/336-2019-125002934>

Diretiva 92/43/CEE do Conselho de 21 de Maio de 1992 relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:01992L0043-20070101>

Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de fevereiro. Diário da República n.º 39/2005, Série I-A de 2005-02-24, páginas 1670 – 1708. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/49-2005-608175>

Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril. Diário da República n.º 96/1999, Série I-A de 1999-04-24, páginas 2183 – 2212. Ministério do Ambiente. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/140-1999-531828>

Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro. Diário da República n.º 199/2021, Série I de 2021-10-13, páginas 2 – 47. Presidência do Conselho de Ministros - Ambiente e Ação Climática. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/82-2021-172745163>

Decreto-Lei n.º 12/2018, de 16 de fevereiro. Diário da República n.º 34/2018, Série I de 2018-02-16, páginas 990 – 995. Adjunto. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/12-2018-114706489>

Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto. Diário da República n.º 162/2008, Série I de 2008-08-22, páginas 5865 – 5884. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/166-2008-453518>

Aviso n.º 4658/2016, de 6 de abril. [Diário da República n.º 67/2016, Série II de 2016-04-06](#), páginas 11563 – 11567. Município de Viana do Castelo. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/aviso/4658-2016-74059526>

Aviso nº 1212/2018 de 25 de janeiro. Diário da República n.º 18/2018, Série II de 2018-01-25, páginas 3194 – 3196. Município de Viana do Castelo. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/aviso/1212-2018-114576624>

Sítios da Internet

Comissão Nacional da UNESCO. (s.d.). *Geoparques Mundiais da UNESCO*. Ministério dos Negócios Estrangeiros de Portugal. <https://unescoportugal.mne.gov.pt/pt/redes-unesco/geoparques-mundiais-da-unesco>

UNESCO. (2014). List of UNESCO Global Geoparks and Regional Networks. <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks?hub=67817#full-list-of-unesco-global-geoparks>

IPMA (2022) Normal Climatológica – Viana Castelo/Meadela 1981-2010 https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_81-10_VIANA_CASTELO.pdf

Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios 2020-2029 – Caderno I Diagnóstico – Informação Base (2019) Comissão Municipal de Defesa da Floresta Viana do Castelo https://www.cm-viana-castelo.pt/wp-content/uploads/2022/12/pmdfci_2020_2029_caderno_i.pdf

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. (s.d.). Rede de Entidades da Região Norte. CCDR-N. <https://www.ccdrc.pt/pt/ren/>