



Cartografia de Riscos do Concelho de Palmela

Relatório 1: Riscos Naturais

20 Maio de 2015

Versão 2

Promovido Por:

Elaborado por:



IGOT
Instituto de Geografia e
Ordenamento do Território



Ficha Técnica

Realização



IGOT

Instituto de Geografia e
Ordenamento do Território



CEG

Edifício IGOT
Avenida Prof. Gama Pinto
Cidade Universitária
1649-003 Lisboa
Portugal



Câmara Municipal de Palmela
Largo do Município
2954-001 Palmela

Centro de Estudos Geográficos – Instituto de Geografia e Ordenamento
do Território – U Lisboa

Coordenação e Direção do Projeto

José Luís Zêzere

Equipa Técnica

André Fonseca

Eusébio Reis

Nuno Fonseca

Ricardo Garcia

Sérgio Oliveira

Susana Pereira

Índice

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS.....	12
2.1.	Nevoeiro.....	12
2.1.1.	Suscetibilidade a ocorrência de Nevoeiro.....	12
2.2.	Ondas de Calor	15
2.2.1.	Suscetibilidade à ocorrência de Ondas de Calor	16
2.2.2.	Exposição à ocorrência de Ondas de Calor.....	20
2.3.	Vagas de Frio.....	22
2.3.1.	Suscetibilidade à ocorrência de Vagas de Frio.....	23
2.3.2.	Exposição à ocorrência de Vagas de Frio	26
3.	HIDROLOGIA.....	28
3.1.	Cheias e Inundações.....	28
3.1.1.	Metodologia.....	28
3.1.2.	Suscetibilidade a Inundação por Cheias	29
3.1.3.	Elementos Expostos nas Zonas Suscetíveis a Inundação por Cheias	31
4.	GEODINÂMICA INTERNA	35
4.1.	Sismos	35
4.1.1.	Metodologia.....	35
4.1.2.	Suscetibilidade Sísmica	37
4.1.3.	Exposição ao Perigo Sísmico.....	39
5.	GEODINÂMICA EXTERNA.....	46
5.1.	Movimentos de Massa em Vertentes.....	46
5.1.1.	Tipos de Movimentos de Massa em Vertentes identificados no Concelho de Palmela	47
5.1.2.	Identificação e cartografia dos fatores condicionantes da instabilidade das vertentes	50
5.1.3.	Avaliação, Zonamento e Validação das áreas sujeitas ao perigo de instabilidade de vertentes com base na aplicação do método do Valor Informativo	57
5.1.4.	Exposição ao perigo de instabilidade de vertentes.....	63
6.	BIBLIOGRAFIA	65

Índice de Figuras

FIGURA 1 – MODELO CONCEPTUAL DO RISCO	8
FIGURA 2 – SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS NO CONCELHO DE PALMELA	14
FIGURA 3 – SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR NO CONCELHO DE PALMELA.....	19
FIGURA 4 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO CONCELHO DE PALMELA POR SUBSECÇÃO ESTATÍSTICA (CENSOS 2011).....	21
FIGURA 5 – POPULAÇÃO IDOSA NO CONCELHO DE PALMELA POR SUBSECÇÃO ESTATÍSTICA (CENSOS 2011)	22
FIGURA 6 – SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE VAGAS DE FRIO NO CONCELHO DE PALMELA.....	26
FIGURA 7 – ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO NO CONCELHO DE PALMELA.....	30
FIGURA 8 – EDIFÍCIOS, REDE VIÁRIA E REDE FERROVIÁRIA EXPOSTAS A INUNDAÇÃO POR CHEIA NA ZONA DO PINHAL NOVO... 33	
FIGURA 9 – SUSCETIBILIDADE SÍSMICA NO CONCELHO DE PALMELA	38
FIGURA 10 – NÚMERO DE EDIFÍCIOS CONSTRUÍDOS ANTES DE 1980 EM CADA SUBSECÇÃO ESTATÍSTICA (CENSOS 2011).....	40
FIGURA 11 - NÚMERO DE EDIFÍCIOS DE TIPO B EM CADA SUBSECÇÃO ESTATÍSTICA (CENSOS 2011).....	41
FIGURA 12 – NÚMERO AGREGADO DE JOVENS E IDOSOS RESIDENTES EM CADA SUBSECÇÃO ESTATÍSTICA (CENSOS 2011). ...	43
FIGURA 13 - INVENTÁRIO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES NO CONCELHO DE PALMELA	49
FIGURA 14 - DECLIVE NO CONCELHO DE PALMELA	52
FIGURA 15 – EXPOSIÇÃO NO CONCELHO DE PALMELA	53
FIGURA 16 – CURVATURA EM PLANO NO CONCELHO DE PALMELA.....	54
FIGURA 17 - <i>WETNESS INDEX</i> (INVERSO) NO CONCELHO DE PALMELA.....	55
FIGURA 18 - UNIDADES LITOLÓGICAS NO CONCELHO DE PALMELA (LEGENDA: VER TABELA 16).....	56
FIGURA 19 - USO DO SOLO NO CONCELHO DE PALMELA (LEGENDA: VER TABELA 16)	57
FIGURA 20 - CURVA DE SUCESSO DO MODELO DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES	61
FIGURA 21 - SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES	62

Índice de Tabelas

TABELA 1 - DIAS COM NEVOEIRO NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE SETÚBAL E SETÚBAL/SETENAVE (FONTE: IM, IP).....	13
TABELA 2 - DIAS QUENTES E DIMENSÃO DOS EPISÓDIOS NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DO MONTIJO, SINES, TREM NAVAL, LISNAVE E MOINHOLA. (FONTES: NATIONAL CLIMATIC DATA CENTER, ADMINISTRAÇÃO DO PORTO DE SETÚBAL E SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS).....	17
TABELA 3 - NÚMERO MÉDIO DE DIAS COM TEMPERATURA MÁXIMA ACIMA DE 30°C E MÍNIMA ACIMA DE 20°C, NAS ESTAÇÕES DE MOINHOLA (1956-2000) E SETÚBAL (1971-2000)	18
TABELA 4 - EXPOSIÇÃO DA POPULAÇÃO ÀS ONDAS DE CALOR (DADOS DOS CENSOS 2011)	21
TABELA 5 - DIAS FRIOS E DIMENSÃO DOS EPISÓDIOS NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DO MONTIJO, SINES, TREM NAVAL, LISNAVE E MOINHOLA.....	24
TABELA 6 - NÚMERO MÉDIO DE DIAS COM TEMPERATURA INFERIORES OU IGUAIS E 0 °C NA ESTAÇÃO DA MOINHOLA (1956-2000) E SETÚBAL (1971-2000).....	24
TABELA 7 - EXPOSIÇÃO DA POPULAÇÃO ÀS VAGAS DE FRIO (DADOS DOS CENSOS 2011)	27
TABELA 8 – ZONAS AMEAÇADAS PELAS CHEIAS POR FREGUESIA DO CONCELHO DE PALMELA	31
TABELA 9 – EDIFÍCIOS IMPLANTADOS EM ZONAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO POR CHEIA POR FREGUESIA DO CONCELHO DE PALMELA	32
TABELA 10 – VIAS LOCALIZADAS EM ZONAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO POR CHEIA POR FREGUESIA DO CONCELHO DE PALMELA	32
TABELA 11 – VIAS LOCALIZADAS EM ZONAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO POR CHEIA NO CONCELHO DE PALMELA	33
TABELA 12 – INCREMENTO DA SUSCETIBILIDADE SÍSMICA NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE PALMELA, EXPRESSO POR PERCENTAGEM DO TERRITÓRIO DA FREGUESIA	38
TABELA 13 – EDIFÍCIOS EXPOSTOS POR CLASSE DE INCREMENTO DA SUSCETIBILIDADE SÍSMICA NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE PALMELA	44
TABELA 14 – POPULAÇÃO EXPOSTA POR CLASSE DE INCREMENTO DA SUSCETIBILIDADE SÍSMICA NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE PALMELA	44
TABELA 15 - PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DOS MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES INVENTARIADOS NO CONCELHO DE PALMELA	48
TABELA 16 - VALORES INFORMATIVOS DAS CLASSES DAS 6 VARIÁVEIS CONSIDERADAS PARA AVALIAR A SUSCETIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES	60
TABELA 17 - ÁREA ABRANGIDA (%) PELAS CLASSES DE SUSCETIBILIDADE NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE PALMELA	63
TABELA 18 – EDIFÍCIOS IMPLANTADOS EM ZONAS DE SUSCETIBILIDADE ELEVADA OU MUITO ELEVADA A MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES POR FREGUESIA DO CONCELHO DE PALMELA	63
TABELA 19 – VIAS LOCALIZADAS EM ZONAS DE SUSCETIBILIDADE ELEVADA OU MUITO ELEVADA A MOVIMENTOS DE MASSA EM VERTENTES POR FREGUESIA DO CONCELHO DE PALMELA.....	64

1. INTRODUÇÃO

A Avaliação e Cartografia de Riscos Naturais, Mistos e Tecnológicos no Concelho de Palmela, da qual se apresenta agora a parte respeitante aos Riscos Naturais, pretendem contribuir para a realização de um Plano Diretor Municipal de 2ª geração para o município de Palmela com preocupações ambientais reforçadas e com níveis de exigência elevados, tendo como ambição a qualificação e a valorização territorial e a salvaguarda da segurança das pessoas, dos bens e das atividades.

No respeito pelos princípios essenciais preconizados pelo Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), o novo modelo de estrutura espacial do território municipal deverá contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos seus residentes e visitantes, salvaguardando um espaço sustentável e bem ordenado, traduzido na prevenção dos riscos naturais, tecnológicos e mistos.

O trabalho de Elaboração da Carta de Riscos Naturais, Tecnológicos e Mistos do Concelho de Palmela está em consonância com as orientações preconizadas no processo de revisão do Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML). Com efeito, os objetivos para a região no domínio da prevenção e gestão de riscos têm subjacente a salvaguarda da prevenção e minimização dos efeitos e atividades perigosos, garantindo o direito à segurança das populações e dos bens e à qualidade do ambiente. Em conformidade, a orientação estratégica de base territorial no domínio dos Riscos e da Proteção Civil consiste em Evitar ou Mitigar os Riscos, particularmente nas situações que podem implicar a perda de vidas humanas e/ou elevados prejuízos materiais.

Neste trabalho são adotados o esquema conceptual do risco, a terminologia e os procedimentos metodológicos expressos no “Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal”, editado pela ANPC em Setembro de 2009. São ainda tomadas em consideração as orientações expressas no “Manual para a Elaboração,

Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na Vertente da Protecção Civil”.

No que respeita à informação censitária explorada neste documento ela reporta os dados dos Censos 2011.

O modelo concetual de Risco adotado baseia-se nos conceitos e indicações da Australian/New Zealand Standard (2004), da Norma ISO/DIS 31000 (International Organization for Standardization, 2008) e ISO Guide 73 (International Organization for Standardization, 2009). Neste contexto, o Risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de um efeito específico causador de danos graves às pessoas e/ou ao Ambiente, num determinado período e em circunstâncias determinadas (Zêzere, 2007). O modelo conceptual do risco, também adotado pela Organização das Nações Unidas (*e.g.* UNDRO, 1979; ISDR, 2003), integra os seguintes elementos fundamentais (Figura 1):

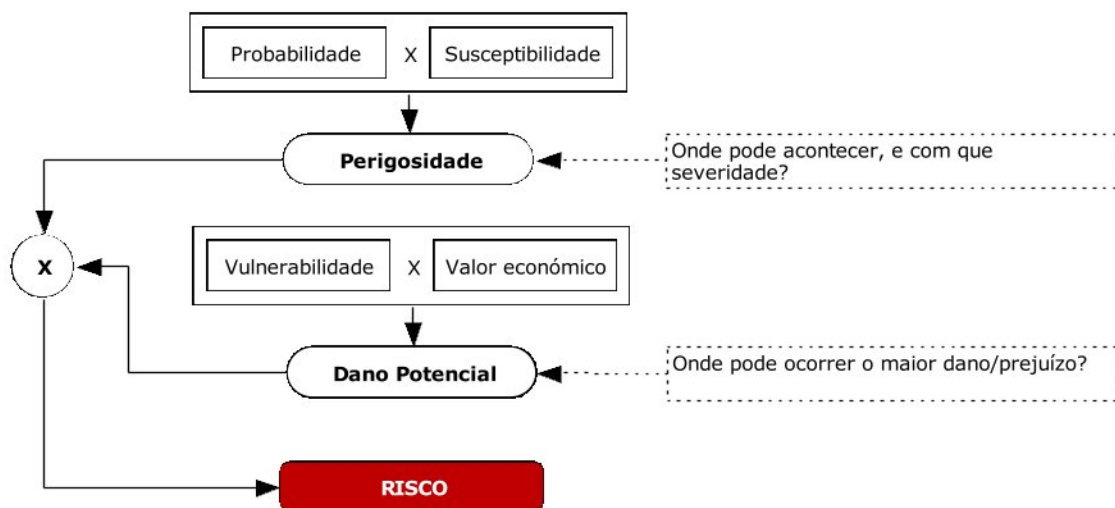


Figura 1 – Modelo Conceptual do Risco

- a) A **Perigosidade** (*Hazard*), entendida como a probabilidade de ocorrência de um fenómeno perigoso com uma determinada severidade (a que está associado um potencial de destruição), num determinado período de tempo e numa dada área. A perigosidade inclui uma dimensão espacial (a **Suscetibilidade**) e uma

dimensão temporal (a Probabilidade). A avaliação da suscetibilidade permite identificar, com suporte científico, os locais mais propícios à ocorrência de um fenómeno perigoso, independentemente da sua recorrência temporal. A avaliação da probabilidade acarreta geralmente uma maior incerteza, uma vez que é efetuada a partir do estabelecimento de relações magnitude-frequência dos fenómenos perigosos e da determinação de respetivos períodos de retorno, os quais raramente estão disponíveis.

- b) Os **Elementos Expostos**, ou Elementos em Risco, representados pela população, bens e atividades que se encontram expostos no território e que são portadores de um determinado Valor, que pode ser económico ou estratégico;
- c) A **Vulnerabilidade**, correspondente ao grau de perda do elemento ou conjunto de elementos expostos, resultante da ocorrência de um fenómeno perigoso (natural ou induzido pelo Homem) com uma severidade específica;
- d) Os **Danos Potenciais**, que correspondem ao produto do Valor pela Vulnerabilidade dos Elementos Expostos;
- e) O **Risco**, entendido como a possibilidade de ocorrência de consequências gravosas, em resultado do desencadeamento de um fenómeno perigoso, natural ou induzido pela atividade humana. De uma forma mais simplificada, o Risco pode ser considerado como o produto da probabilidade do processo ou ação perigoso pelas suas consequências.

O risco existe sempre que as pessoas, bens ou atividades possam ser prejudicados, destruídos ou interrompidos pela ocorrência de processos ou ações com potencial destruidor. Neste contexto, e de acordo com a ANPC (2009), o processo de **Caracterização do Risco** tem como objetivo aumentar o conhecimento dos fatores de risco que afetam o território, identificando a sua localização, gravidade dos danos potenciais e probabilidade de ocorrência. Deste modo, o processo contempla a definição da situação de referência e a identificação e análise dos riscos com potencial para causar danos em pessoas, bens ou ambiente.

A Caracterização do Risco no âmbito do Ordenamento do Território inicia-se com a fase de **Definição de Âmbito**, em que se identificam os processos e ações perigosos suscetíveis de gerar consequências graves num território. No Concelho de Palmela foram identificados perigos que se integram nos seguintes grupos de riscos:

- a) **Riscos Naturais**, resultantes do funcionamento dos sistemas naturais (*e.g.* sismos, cheias, movimentos de massa em vertentes);
- b) **Riscos Tecnológicos**, resultantes de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da atividade humana (*e.g.* acidentes rodoviários, acidentes no transporte de mercadorias perigosas);
- c) **Riscos Mistos**, resultantes da combinação de ações continuadas da atividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais (*e.g.* incêndios florestais, degradação e contaminação da água e do solo).

Na fase de **Identificação dos Perigos** procura-se responder, para cada um dos fenómenos perigosos identificados na fase anterior, ao seguinte conjunto de questões: Qual é a severidade do que pode acontecer? Quando e onde vai ocorrer? Como e porquê?

No contexto da Gestão de Riscos num Plano Diretor Municipal assume especial relevância a avaliação de **Perigosidade**, que, por definição, inclui duas dimensões que se complementam (Zêzere *et al.*, 2004, 2008): uma espacial (onde vão ocorrer os futuros fenómenos perigosos?) e outra temporal (quando vão ocorrer esses fenómenos?). Os procedimentos metodológicos para a resolução destas questões são marcadamente distintos. A avaliação da componente espacial da perigosidade, ou **suscetibilidade**, é efetuada a partir da identificação dos fatores de predisposição que favorecem a ocorrência do fenómeno perigoso e do estudo das respetivas correlações espaciais. Deste modo, a avaliação da suscetibilidade permite identificar, com suporte científico, os locais mais propícios à ocorrência de um fenómeno perigoso, independentemente da sua recorrência temporal. A avaliação da componente temporal da perigosidade, ou **probabilidade**, é geralmente efetuada através da determinação do período de retorno do mecanismo responsável pelo desencadeamento do fenómeno perigoso (*e.g.* sismo, chuva intensa).

Frequentemente, o registo histórico de ocorrências passadas é muito incompleto, impedindo o estabelecimento de relações magnitude-frequência robustas e a determinação de períodos de retorno consistentes. Nestes casos, a avaliação da suscetibilidade constitui um bom compromisso, face à limitação dos dados de base.

A focalização da análise na suscetibilidade é defendida no *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal* (Julião et al., 2009), sendo que as metodologias utilizadas no presente trabalho seguem de perto as descritas neste guia metodológico.

A fase da **Análise do Risco** pressupõe a inventariação e a cartografia dos elementos expostos, ou elementos em risco, suscetíveis de serem afetados, direta ou indiretamente, pelos processos e ações perigosos considerados. Num procedimento de **Análise Quantitativa do Risco**, deveriam ser determinados para cada elemento exposto o **Valor** (que pode ser económico ou estratégico) e a **Vulnerabilidade** (i.e., o grau de perda expectável no elemento quando este sofrer o impacto do fenómeno perigoso). A estimativa do nível provável dos danos deveria contemplar quer os custos diretos quer os indiretos, com a desagregação da informação em: danos estruturais para os bens naturais e materiais, prejuízos corporais para as pessoas, e perturbações funcionais para as diversas atividades e funções desenvolvidas no território. Neste quadro, a expressão quantitativa do Risco consiste no produto da perigosidade pela vulnerabilidade e pelo valor do elemento exposto ($R = P * V * E$).

O *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal* (Julião et al., 2009) reconhece as dificuldades em levar a cabo uma Análise Quantitativa de Risco e propõe, em alternativa, a realização de uma cartografia de “Localização do Risco”, com aplicação nos procedimentos de revisão dos Planos Diretores Municipais (PDM) e dos Planos Municipais de Emergência de Proteção Civil (PME). Esta proposta é adotada no presente trabalho, sendo que a **Localização do Risco** resulta da sobreposição das cartas de suscetibilidade com a carta dos elementos expostos, permitindo reconhecer os territórios que, tendo sido identificados como suscetíveis a determinado perigo, também apresentam elementos expostos vulneráveis a esse perigo.

2. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ADVERSAS

2.1. Nevoeiro

O único documento que aborda a distribuição e a génese do nevoeiro em Portugal Continental (Daveau *et al.*, 1985) assinala, no concelho de Palmela, essencialmente a ocorrência de nevoeiro na área do estuário do Sado e nos vales que drenam para nordeste em direção ao vale do Tejo. Trata-se de nevoeiro característico de áreas topograficamente mais deprimidas, resultante quer da irradiação local como da acumulação de ar arrefecido e denso que desliza por gravidade das áreas mais elevadas envolventes. Ocorre sobretudo entre o Outono e a Primavera, durante as noites de céu limpo e com estabilidade atmosférica.

O nevoeiro de advecção, muito frequente durante as madrugadas e manhãs de Verão na costa ocidental portuguesa, e que avança por vários quilómetros para o interior a norte do Cabo da Roca, não ocorre no município de Palmela devido ao abrigo exercido pela Serra da Arrábida face à progressão das massas de ar marítimo para o interior.

2.1.1. Suscetibilidade a ocorrência de Nevoeiro

Na área abrangida pelo concelho de Palmela não existem estações meteorológicas com dados relativos à ocorrência de nevoeiro. Os dados disponíveis referem-se a dados mensais das estações de Setúbal (localizada a 35 m de altitude), entre 1953 e 1988, e de Setúbal/Setenave (4 m), entre 1974 e 1988. De acordo com as observações nas duas estações (**Tabela 1**), o fenómeno é relativamente comum, ocorrendo quase todos os anos, mas num reduzido número de dias: em média, entre 10 e 17 dias por ano, tendo-se registado no máximo 28 dias num ano. O fenómeno ocorre,

essencialmente, entre o Outono e a Primavera e, em média, em menos de três dias por mês. Nos períodos analisados o número máximo de dias de nevoeiro registado num mês não ultrapassou 8 dias.

Tabela 1 - Dias com nevoeiro nas estações meteorológicas de Setúbal e Setúbal/Setenave (Fonte: IM, IP)

	Setúbal (1953-1988)			Setúbal / Setenave (1974-1988)		
	Nº médio	Nº (%) de anos	Nº máximo	Nº médio	Nº (%) de anos	Nº máximo
Ano	10.1	97.2	28	17.1	100.0	22
Janeiro	2.5	86.1	8	2.7	80.0	7
Fevereiro	1.3	55.6	8	2.1	86.7	7
Março	1.1	52.8	7	1.6	71.4	4
Abril	0.2	16.7	2	0.8	50.0	2
Maio	0.1	8.3	1	0.2	21.4	1
Junho	0.2	8.3	3	0.5	33.3	3
Julho	0.2	16.7	2	0.2	20.0	1
Agosto	0.2	11.1	3	0.8	46.7	4
Setembro	0.5	25.0	4	1.9	86.7	5
Outubro	1.0	52.8	4	1.9	80.0	4
Novembro	1.0	52.8	5	2.5	78.6	6
Dezembro	1.9	77.8	6	2.0	73.3	6

Deve destacar-se que na estação mais próxima do Estuário (Setúbal/Setenave), o período de maior frequência de dias de nevoeiro é mais prolongado. Aqui registou-se em mais de 70% dos anos entre Setembro e Março, enquanto em Setúbal, estação localizada a norte da cidade, a ocorrência centra-se essencialmente nos meses de Dezembro e Janeiro. A diferença entre as duas estações denota a importância de fatores como a ocupação dominante do solo na área envolvente, cujas características podem atenuar o arrefecimento radiativo e dificultar o escoamento do ar frio, como no caso de uma ocupação urbana, sobretudo se for de grande densidade; a proximidade do estuário e a posição topográfica, são outros aspetos a ter em conta. No período mais quente do ano, a diferença entre as duas estações acentua-se: enquanto em Setúbal só esporadicamente se registou nevoeiro, na Setenave, entre Maio e Julho o fenómeno ocorreu em mais de 20% dos anos e, em Agosto, em quase 50%.

Estudos de clima local levados a cabo por Alcoforado *et al.* (1993) e Mora (1998) na Serra da Arrábida revelaram a frequente ocorrência de nevoeiro em noites anticiclónicas nos fundos dos vales interiores, abrigados do vento regional e sujeitos à acumulação de ar frio oriundo das áreas mais elevadas.

Apesar de alguma incerteza decorrente ausência de dados para o concelho de Palmela e da insuficiente cobertura e densidade da rede de observações, considera-se que as áreas mais baixas e menos densamente urbanizadas próximas do estuário do Sado (Ribeira da Marateca), os fundos dos vales abrigados da Arrábida (Ribeiras da Corva e Alcova) e do norte do Concelho (Vale da Eras, Vale da Vendinha e Vale do João Galante) apresentam uma suscetibilidade “Moderada” (**Figura 2**). No restante território concelhio a suscetibilidade é considerada “Reduzida”.

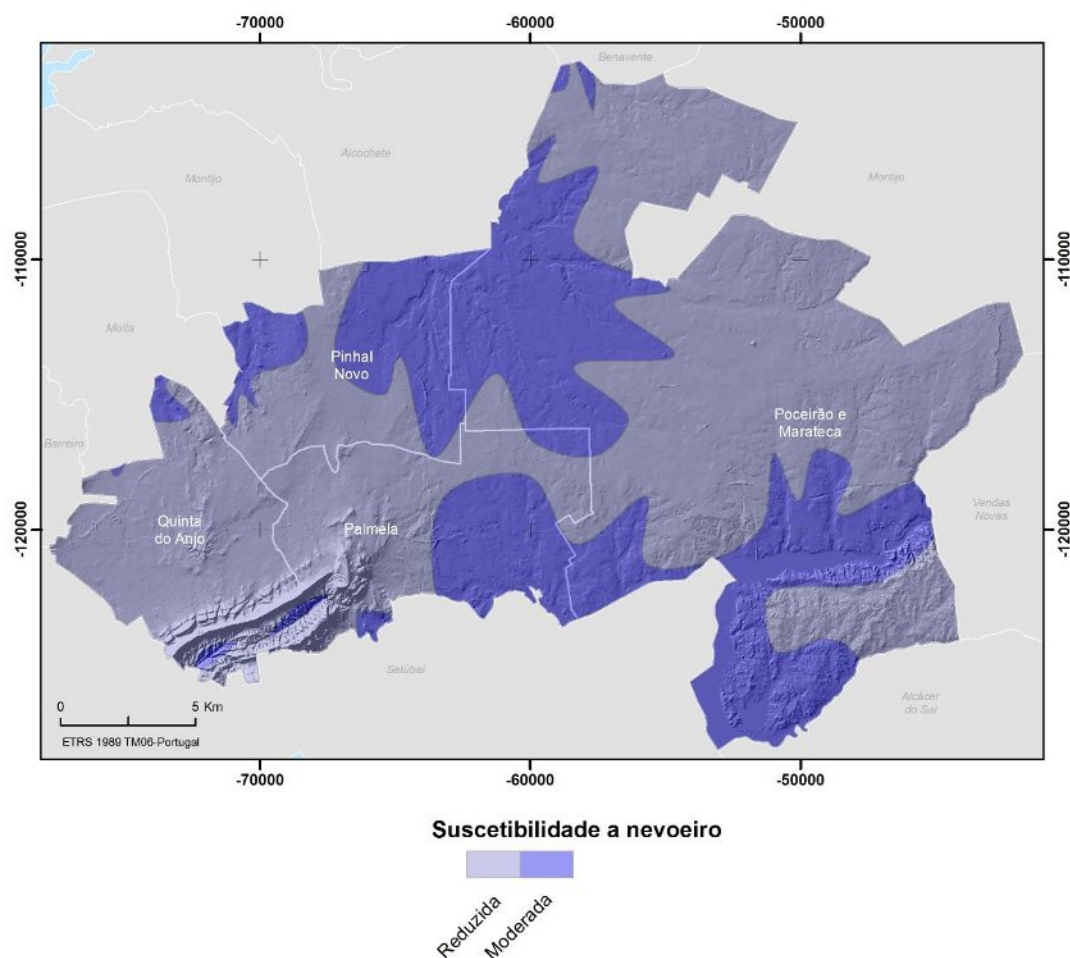


Figura 2 – Suscetibilidade à ocorrência de nevoeiros no concelho de Palmela

2.2. Ondas de Calor

As ondas de calor podem ter impactes nocivos nas condições de conforto e saúde das populações, sobretudo nos mais idosos e nas faixas etárias mais jovens. Uma onda de calor pode ser definida de várias formas, de acordo com os fins pretendidos. Uma das mais usuais é a adotada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e difundida pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), segundo a qual se considera que ocorre uma onda de calor quando, num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência. No entanto, esta definição “está mais relacionada com o estudo e a análise da variabilidade climática do que com os impactos na saúde pública” (DGS, 2010, p.18). De acordo com a Direção Geral de Saúde (DGS) para que ocorra uma “onda de calor” e se proceda à emissão de alerta amarelo são necessários 3 dias com temperatura máxima acima de 32°C (1 dia de registo e 2 dias de previsão) e 4 dias com temperatura mínima acima de 24°C (2 dias de registo e 2 dias de previsão). Neste trabalho não se podem aplicar os requisitos de previsão por estes não poderem ser incluídos na avaliação pretendida no estudo. No entanto, para a identificação e análise do perigo de ondas de calor no concelho de Palmela adaptaram-se os limiares da DGS para a emissão de um alerta amarelo, que se afiguram como os mais adequados para aplicações ao conforto e saúde humana. Assim utilizaram-se os seguintes critérios:

- para a identificação de dias quentes:
 - a) temperatura máxima $\geq 32^{\circ}\text{C}$; e
 - b) temperatura mínima $\geq 24^{\circ}\text{C}$;
- para a definição dos episódios quentes:
 - c) dias isolados ou sequências de dias definidos pelos limiares descritos em a) e b).

Para o concelho de Pamela apenas se dispõe de dados diários de temperatura registada entre Junho de 1956 e Dezembro de 2000 para a estação da Moinhola,

situada no interior do Concelho, que se encontra integrada na rede de observações do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) (<http://snirh.apambiente.pt/>).

Adicionalmente, dispõe-se de dados diários da temperatura registada entre Julho de 2009 e Dezembro de 2011 em duas estações meteorológicas da responsabilidade da Administração do Porto de Setúbal (APS), gentilmente cedidos por esta instituição. As estações meteorológicas mais próximas do concelho com séries de maior dimensão disponíveis são as do Montijo e de Sines, que integram a rede de observações do Instituto de Meteorologia, e cujos dados podem ser obtidos através do sítio eletrónico do National Climatic Data Center (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>).

2.2.1. Suscetibilidade à ocorrência de Ondas de Calor

A análise segundo os critérios atrás referidos revela um número reduzido de dias de calor extremo. Entre Junho de 1956 e Dezembro de 2000, não foram registados dias “quentes” na estação da Moinhola (**Tabela 2**), embora tenham ocorrido 1682 dias com temperaturas máximas superiores a 32°C e mínimas de 22°C. Este facto deve-se sobretudo à localização da estação, situada a meia encosta de um vale, onde a acumulação de ar frio durante a noite e a proximidade ao estuário do Sado não favorecem a manutenção de temperaturas elevadas.

Entre 1998 e 2011, no Montijo apenas ocorreram 10 dias “quentes” (**Tabela 2**) e em 3 dos 14 anos analisados. Só por duas vezes os episódios tiveram duração superior a 1 dia, tendo o de maior dimensão ocorrido durante 3 dias, em Julho de 2004. O valor mais elevado de temperatura, 42 °C, foi atingido no episódio de dois dias registado em Agosto de 2003, durante a onda de calor que atingiu Portugal Continental. Já em Sines, o efeito amenizador do oceano reduz substancialmente a ocorrência deste perigo, tendo-se registado apenas um dia quente durante todo o período. Não obstante a temperatura máxima ter sido superior a 32 °C em diversos dias, a temperatura mínima foi sempre inferior a 24 °C. Ou seja, apesar de no período diurno os dias quentes

serem frequentes na região, as noites têm temperaturas mais baixas do que o limiar adotado.

Conforme se referiu anteriormente, estão igualmente disponíveis dados diários a partir de Julho de 2009 das observações efetuadas nas estações meteorológicas automáticas da APS, Trem Naval e Lisnave, localizadas na margem do rio Sado. Fica, no entanto, o registo da ausência de qualquer dia de calor extremo em ambas as estações (**Tabela 2**). Porém, tal como se observou em Sines, deve-se realçar que se registou um elevado número de dias com temperatura máxima acima dos 32 °C: 28 na Lisnave e 19 no Trem Naval; contudo, só num desses dias a temperatura mínima se aproximou do limiar adotado na presente classificação, e em 21 dias na Lisnave e em 14 dias no Trem Naval ficou, mesmo, aquém dos 20 °C.

Tabela 2 - Dias quentes e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval, Lisnave e Moinhola. (Fontes: National Climatic Data Center, Administração do Porto de Setúbal e Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

Estação	Período	Dias quentes (número)		Episódios de dias quentes (número)						
		Total	Total	Dimensão do episódio						
				1	2	3	4	5	6	7
Montijo	1998-2011	12	8	5	2	1				
Sines	1998-2011	9	8	7	1					
Trem Naval	2009-2011	3	3	3						
Lisnave	2009-2011	1	1	1						
Moinhola	1990-2000	0	0							

Os dados registados nas estações meteorológicas de Setúbal (<http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/019/>) e da Moinhola indiciam algo semelhante ao verificado nas estações da APS: existe um elevado número de dias com temperatura máxima acima de 30 °C nos meses de Junho e Julho mas as temperaturas mínimas ficam em regra abaixo dos 20 °C (**Tabela 3**).

Os dados analisados traduzem de modo aproximado a ideia de que a ocorrência de eventos de calor extremo é pouco frequente. Há que realçar, no entanto, que a temperatura não é o único parâmetro climático envolvido no conforto e na saúde, sendo a fisiologia humana um sistema complexo que reage a outras variáveis, como a humidade, a radiação (solar e infravermelho térmico) e o vento.

Tabela 3 - Número médio de dias com temperatura máxima acima de 30°C e mínima acima de 20°C, nas estações de Moinhola (1956-2000) e Setúbal (1971-2000)

Temperatura	MOINHOLA											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
≥ 32 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,0	1,9	1,7	1,0	0,0	0,0
≥ 20 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	0,0	0,0
Temperatura	SETÚBAL											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
≥ 32 °C	0,0	0,0	0,2	1,5	6,1	12,8	13,0	7,7	1,1	0,0	0,0	0,0
≥ 20 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,2	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0

Embora a ocorrência de episódios de calor tenha sobretudo um cariz regional, as características da ocupação do solo, como a densidade de urbanização ou a existência de manchas florestais, e a proximidade de massas de água importantes, como é o caso do estuário do Sado, potenciam ou atenuam localmente os seus efeitos. Diversos estudos de avaliação do conforto térmico, referidos em Alcoforado e Andrade (2006), revelam que as áreas urbanas mais densas e com piores condições de ventilação ou menos permeáveis à penetração de brisas marítimas, registam um empobrecimento das condições de conforto térmico durante os dias muito quentes.

Parecendo evidente que a proximidade do estuário do Sado exerce um efeito moderador na temperatura do ar na parte oriental do concelho, deve ter-se também em conta a densidade de urbanização e a morfologia da Serra da Arrábida, onde os estudos de climatologia local desenvolvidos por Alcoforado *et al.* (1993) e Mora (1998) revelaram condições particulares nos vales interiores: abrigados da influência do

estuário do Sado e do vento regional não raras vezes registam temperaturas máximas superiores a 40 °C.

Tendo em conta os dados de temperatura do ar analisados, a ocupação do solo e a topografia do concelho, pode-se considerar que a suscetibilidade às “ondas de calor” na maior parte do concelho de Palmela é “Reduzida”, mas deve ser classificada como “Moderada” nas áreas mais densamente urbanizadas (Povoações de Palmela, Pinhal Novo e Quinta do Anjo) e nos vales interiores da Serra da Arrábida; deve ainda considerar-se a suscetibilidade como “Muito Reduzida” nas áreas com ocupação predominantemente “Florestal” (**Figura 3**).

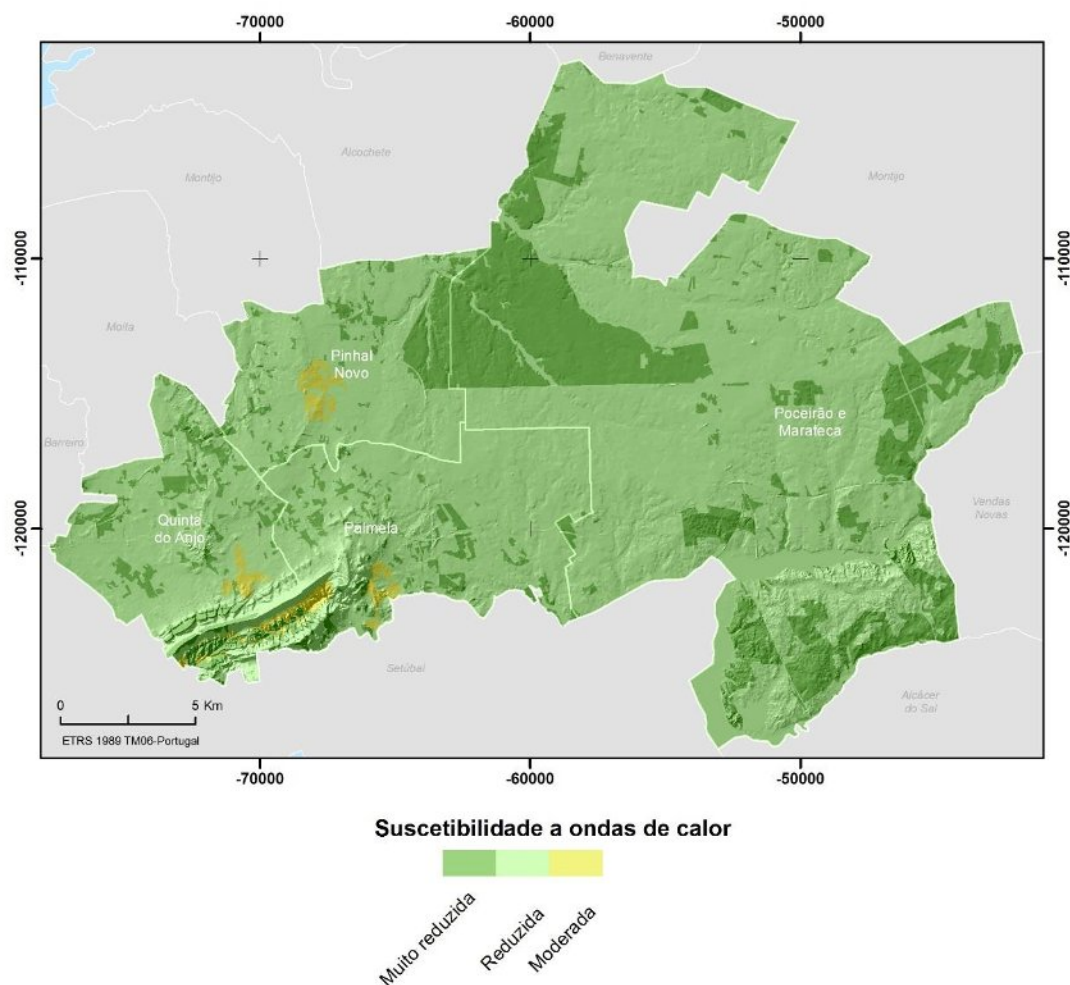


Figura 3 – Suscetibilidade à ocorrência de ondas de calor no concelho de Palmela

2.2.2. Exposição à ocorrência de Ondas de Calor

A suscetibilidade à ocorrência de ondas de calor no território concelhio de Palmela é, de um modo geral, reduzida, sendo moderada nas áreas mais densamente urbanizadas. Uma vez que as ondas de calor podem ter impactes nocivos na saúde das populações, a análise da vulnerabilidade e exposição centrou-se nas populações mais débeis fisicamente para resistir às ondas de calor, neste caso, os idosos (idade ≥ 65 anos).

A **Figura 4** mostra a população residente em cada subsecção estatística do concelho de Palmela (Censos 2011). A classe 0 corresponde às subsecções sem residentes.

Na **Figura 5** está representada a população idosa residente em cada subsecção estatística, em termos absolutos (Censos 2011).

As subsecções com maior número de residentes situam-se nos lugares de Pinhal Novo, Palmela e Quinta do Anjo, onde o carácter urbano é bem marcado. Adicionalmente, destacam-se ainda algumas BGRI relativamente populosas em Aires, Lau e Lagameças. Já as que apresentam um número mais elevado de idosos localizam-se essencialmente na vila de Palmela, Lau e Barris e apenas secundariamente no Pinhal Novo. O peso relativo da população idosa face à população residente faz-se sentir de forma mais acentuada em subsecções com reduzida população residente, por exemplo em Marquesa, Alfaçanhas, Terrim, Lagoinha e Pinhal das Formas.

No concelho de Palmela cerca de 44,8% da população (dados dos Censos 2011) reside em áreas de suscetibilidade moderada às ondas de calor (**Tabela 4**). De igual modo, nestas áreas reside cerca de 32,5% da população com mais de 65 anos.

Duas freguesias do concelho apresentam mais de 40 % da sua população residente exposta à classe de suscetibilidade moderada (**Tabela 4**): Pinhal Novo (77,5%) e Quinta do Anjo (41,3%). Relativamente à população com idade ≥ 65 anos exposta a suscetibilidade moderada à ocorrência de ondas de calor, contabilizam-se 63,0% do total dos idosos residentes na freguesia de Pinhal Novo e 30,8% na de Quinta do Anjo.

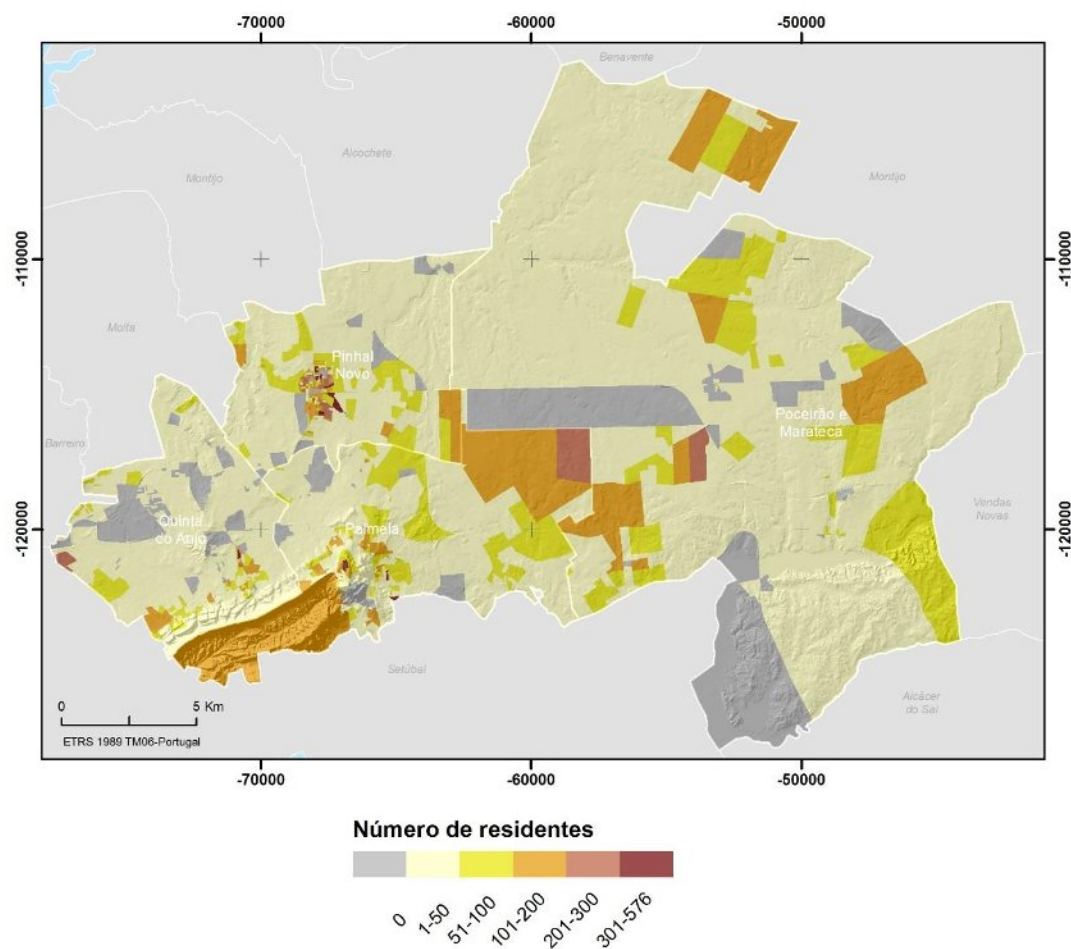


Figura 4 – População residente no concelho de Palmela por subsecção estatística (Censos 2011)

Tabela 4 - Exposição da população às ondas de calor (dados dos Censos 2011)

Freguesia	População residente	População residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente exposta à classe de suscetibilidade "Moderada"	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos exposta à classe de suscetibilidade "Moderada"
Palmela	17481	3501	20,03	22,20	17,40
Pinhal Novo	25003	3687	14,75	77,46	63,01
Quinta do Anjo	11865	2052	17,29	41,32	30,80
Poceirão e Marateca	8482	1731	20,41	0,00	0,00
Concelho	62831	10971	17,46	44,81	32,49

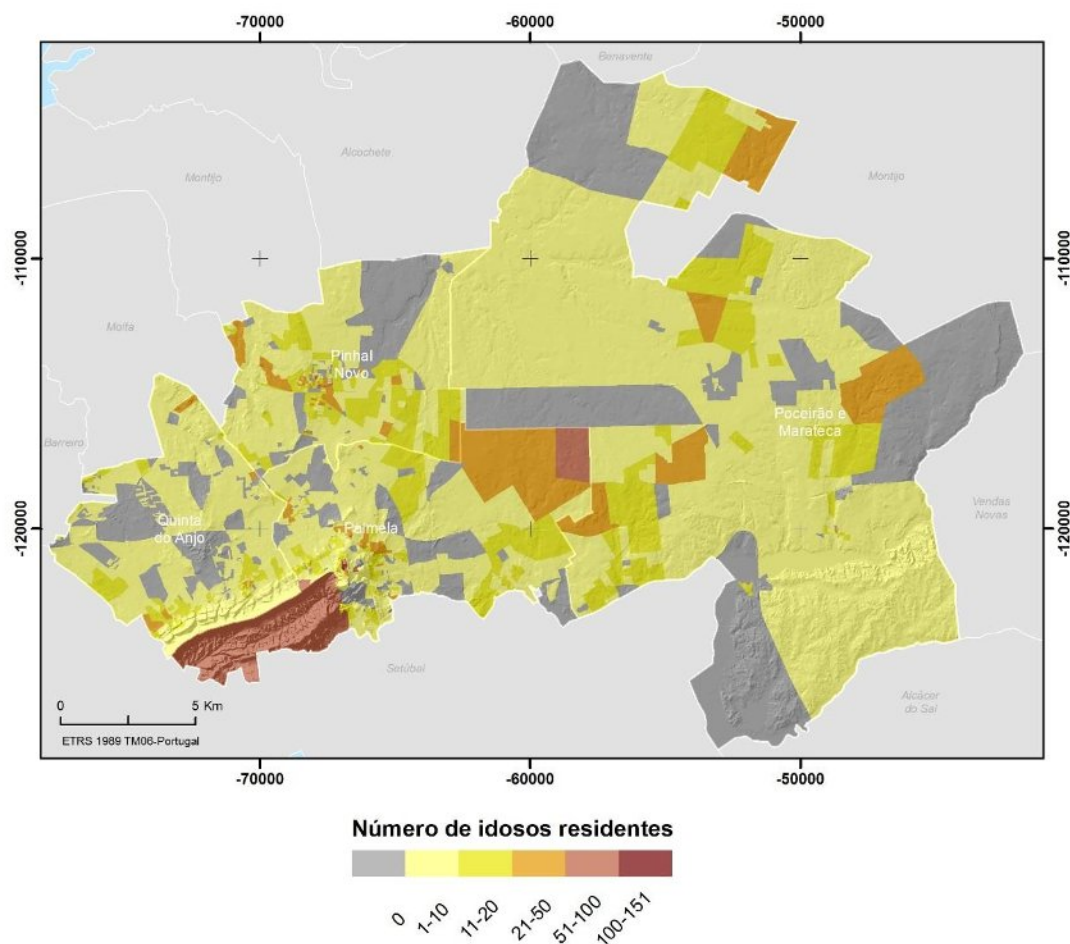


Figura 5 – População idosa no concelho de Palmela por subsecção estatística (Censos 2011)

2.3. Vagas de Frio

Tal como as ondas de calor, as vagas de frio podem ter consequências na saúde e no conforto dos indivíduos, com impactes sociais e económicos durante ou mesmo depois da sua ocorrência. Segundo o IPMA e a OMM, considera-se uma vaga de frio quando num período de 6 dias consecutivos a temperatura mínima do ar é inferior em 5°C ao valor médio das temperaturas mínimas diárias no período de referência. Também na presente avaliação se preferiu não adotar este critério na medida em que, tal como nas ondas de calor, não se adapta a critérios de saúde e conforto dos indivíduos e ao facto de se poderem classificar “dias frios” fora da época mais fria do ano, mas sem consequências assinaláveis para as pessoas. Dado que ainda não se encontra concluído

o plano de emergência para as vagas de frio da DGS, decidiu-se considerar o limiar de frio utilizado pelo Instituto de Meteorologia para a emissão de alerta amarelo no distrito de Setúbal conjugado com um limiar de frequência da temperatura máxima diária.

Assim, a identificação e análise do perigo de vagas de frio no concelho de Palmela baseou-se nos seguintes critérios:

- para a identificação de dias frios:
 - temperatura mínima $\leq 1^{\circ}\text{C}$; e
 - temperatura máxima inferior ao percentil 20;
- para a definição de episódios frios:
 - dias isolados ou sequências de dias definidos pelos limiares em a) e b).

2.3.1. Suscetibilidade à ocorrência de Vagas de Frio

Para aferir a suscetibilidade à ocorrência de vagas de frio, utilizaram-se as mesmas estações e períodos temporais usados na análise das vagas de calor (**Tabela 5**). Tal como no caso dos episódios de calor extremo, o número de dias frios é reduzido.

Entre 1956 e 2000, na Moinhola ocorreram 502 dias frios (**Tabela 5**). O valor mais baixo atingido foi de -6°C , em Janeiro de 1976. Embora os episódios de frio sejam raros, ao longo da serie analisada ocorreram 121 episódios com um período de duração médio de 7,5 dias, sendo mais comum estenderem-se ao longo de 1 a 3 dias.

Entre 1998 e 2011, no Montijo ocorreram apenas 12 dias frios (**Tabela 5**), em 4 dos 14 anos analisados. O valor mais baixo atingido foi de -1°C , em Janeiro de 2003, e os episódios de frio só por três vezes tiveram duração superior a 1 dia, tendo o de maior dimensão ocorrido durante 3 dias, em Janeiro de 2009. Os episódios registaram-se, essencialmente, no mês de Janeiro: apenas 3 dias ocorreram noutros meses – Dezembro, Fevereiro e Março.

Em Sines registaram-se 8 episódios de frio, que apenas em Janeiro de 2007 teve a duração de 2 dias. Tal como no Montijo, a maior parte dos dias ocorreram durante o mês de Janeiro: 7 dos 9 dias registados.

Nas estações de Setúbal, entre 2009 e 2011, registaram-se também alguns dias de frio: 3 no Trem Naval e 1 na Lisnave, correspondendo a dias isolados, todos durante o mês de Dezembro.

Tabela 5 - Dias frios e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval, Lisnave e Moinhola

Estação	Período	Dias frios (número)		Episódios de dias frios (número)															
		Total	Total	Dimensão do episódio															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Montijo	1998-2011	12	8	5	2	1													
Sines	1998-2011	9	8	7	1														
Trem Naval	2009-2011	3	3	3															
Lisnave	2009-2011	1	1	1															
Moinhola	1956-2000	502	121	19	24	19	11	5	7	4	4	4	16	3	1	1	0	2	1

De acordo com os dados das estações de Setúbal e Moinhola (**Tabela 6**), é de esperar que possam ocorrer temperaturas negativas no concelho de Palmela entre Dezembro e Fevereiro, em particular durante o mês de Janeiro, embora num reduzido número de dias.

Tabela 6 - Número médio de dias com temperatura inferiores ou iguais a 0 °C na estação da Moinhola (1956-2000) e Setúbal (1971-2000)

Temperatura	MOINHOLA											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
≤ 0°C	8,8	4,1	2,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	6,1
Temperatura	SETÚBAL											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
≤ 0°C	4,1	1,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,8

Noutras áreas do concelho, deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de episódios de frio nas áreas mais elevadas da Serra da Arrábida e nos seus vales interiores onde podem atingir temperaturas negativas, em particular, durante as noites em que se registem condições de estabilidade atmosférica em consequência do arrefecimento radiativo e da acumulação de ar frio nos fundos dos vales, por ação da gravidade. Alcoforado *et al.* (1993), que entre Novembro de 1991 e Março de 1992 efetuaram 30 medições itinerantes em dois perfis paralelos entre Portinho da Arrábida/ Figueirinha e Vila Nogueira de Azeitão/Vila Fresca de Azeitão, notaram que no fundo do vale da Ribeira da Ajuda “(...) em cerca de 15% das noites de Inverno, a temperatura mínima foi inferior a 0 °C” (p. 227).

Em função dos elementos disponíveis julga-se que a suscetibilidade geral do concelho à ocorrência de vagas de frio é “Reduzida”, à exceção das depressões no interior da Serra da Arrábida (vale de Barris) e dos vales encaixados a norte (Vale da Eras, Vale da Vendinha e Vale do João Galante) e vale da Ribeira da Marateca, cuja topografia facilita a acumulação de ar frio, devendo-se considerar a suscetibilidade destas áreas como “Moderada” (**Figura 6**).

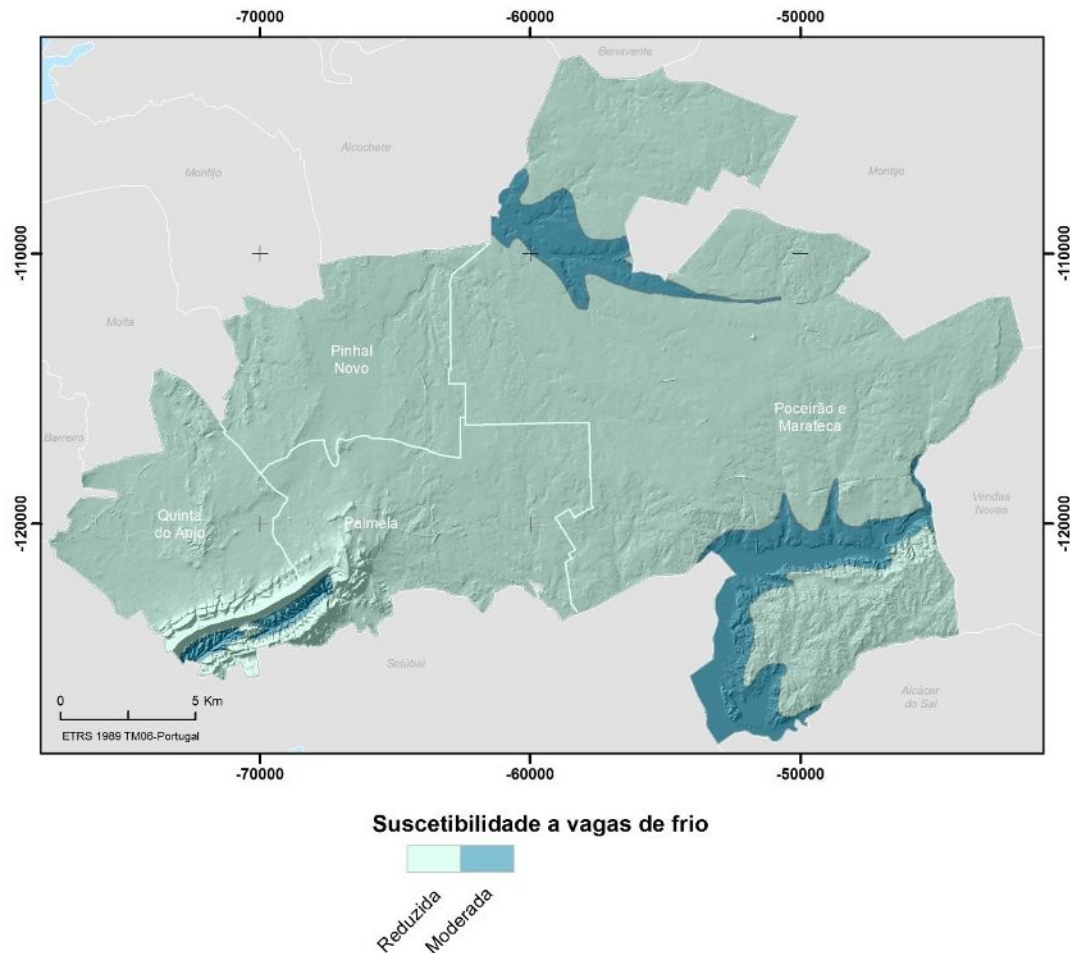


Figura 6 – Suscetibilidade à ocorrência de vagas de frio no concelho de Palmela

2.3.2. Exposição à ocorrência de Vagas de Frio

A suscetibilidade à ocorrência de vagas de frio no concelho de Palmela é predominantemente reduzida, sendo moderada apenas nas áreas deprimidas no interior da Serra da Arrábida (Vale de Barris), ao longo do vale da Ribeira da Marateca e nos vales encaixados a norte. Uma vez que as pessoas são o elemento exposto com maior vulnerabilidade associada a vagas de frio, a análise da exposição e vulnerabilidade centrou-se nas populações mais débeis do ponto de vista físico, neste caso, os idosos (idade ≥ 65 anos).

No concelho de Palmela cerca de 3,1% da população (dados dos Censos 2011) reside em áreas de suscetibilidade moderada a vagas de frio, assim como cerca de 4,4% da população com mais de 65 anos.

Apenas 2 freguesias do concelho possuem população residente em áreas de suscetibilidade moderada (**Tabela 7**): Poceirão e Marateca (21,0%) e Palmela (1,0%). Relativamente à população com idade ≥ 65 anos exposta a suscetibilidade moderada à ocorrência de vagas de frio, contabilizam-se 24,1% do total dos idosos residentes na freguesia de Poceirão e Marateca, e 1,9% na freguesia de Palmela.

Tabela 7 - Exposição da população às vagas de frio (dados dos Censos 2011)

Freguesia	População residente	População residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente exposta à classe de suscetibilidade "Moderada"	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos exposta à classe de suscetibilidade "Moderada"
Palmela	17481	3501	20,03	1,04	1,91
Pinhal Novo	25003	3687	14,75	0,00	0,00
Quinta do Anjo	11865	2052	17,29	0,00	0,00
Poceirão e Marateca	8482	1731	20,41	21,01	24,09
Concelho	62831	10971	17,46	3,12	4,41

3. HIDROLOGIA

3.1. Cheias e Inundações

De acordo com o Decreto-Lei nº 239/2012, de 2 de novembro, consideram-se como Zonas Ameaçadas por Cheias (ZAC) ou “Zonas inundáveis”, as áreas suscetíveis de inundação por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados.

3.1.1. Metodologia

Uma vez que não existem dados hidrométricos que permitam identificar os limites da cheia centenária, a delimitação das zonas suscetíveis a inundação por cheia no concelho de Palmela compreendeu a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia máxima interpretada através de: (a) critérios geomorfológicos, pedológicos, topográficos e de interpretação de ortofotomapas digitais; (b) dados cartográficos; (c) registos de eventos históricos.

A identificação da planície aluvial e das possíveis áreas sujeitas a inundações derivaram, numa primeira etapa, do cruzamento da informação topográfica (identificação de áreas planas ou aplanadas envolventes a um curso de água) com a presença de solos classificados como aluviossolos modernos ou solos hidromórficos na Carta de Solos de Portugal. Os limites das áreas inundáveis foram posteriormente validados através da interpretação de ortofotomapas digitais, considerando para o efeito a identificação nas respetivas imagens dos limites das áreas sujeitas a inundações, quer com base em bioindicadores de escoamento superficial como sejam a presença de juncais, canaviais e silvados, quer com base na presença de barreiras

naturais e taludes antrópicos que marcam, por contraste, o limite entre a planície aluvial e as vertentes ou áreas com altitude superior adjacentes.

Foram igualmente incorporadas nas áreas suscetíveis a inundação por cheia as áreas identificadas como sujeitas a inundação no estudo dos caudais de ponta de cheia nas secções das diferentes passagens hidráulicas incluídas no Plano de Drenagem Pluvial das bacias do concelho de Palmela. Nestes casos, a utilização de critérios geomorfológicos permitiu efetuar ajustes aos limites determinados no âmbito do plano que as define. Adicionalmente, incluíram-se nas zonas suscetíveis a inundação outras zonas classificadas como inundáveis ou como arrozais em diferentes fontes de informação (*e.g.* PROT-AML, RNES, SNIRH).

Relativamente aos registos de eventos históricos de inundações, os seus limites foram identificados pelos serviços de proteção civil e reportam, essencialmente, ao ano de 2008. Estas áreas foram igualmente classificadas como inundáveis. Refira-se que os casos documentados reportam sobretudo situações de inundação decorrentes de condições de escoamento deficientes.

3.1.2. Suscetibilidade a Inundação por Cheias

As áreas suscetíveis a inundação por cheias ocupam 19,11 km², o que corresponde a 4,11% da área total do concelho de Palmela (**Figura 7**).

As zonas ameaçadas por cheias distribuem-se de modo desigual nas 4 freguesias do concelho de Palmela: Quinta do Anjo; Pinhal Novo; Palmela; Poceirão e Marateca (**Tabela 8**).

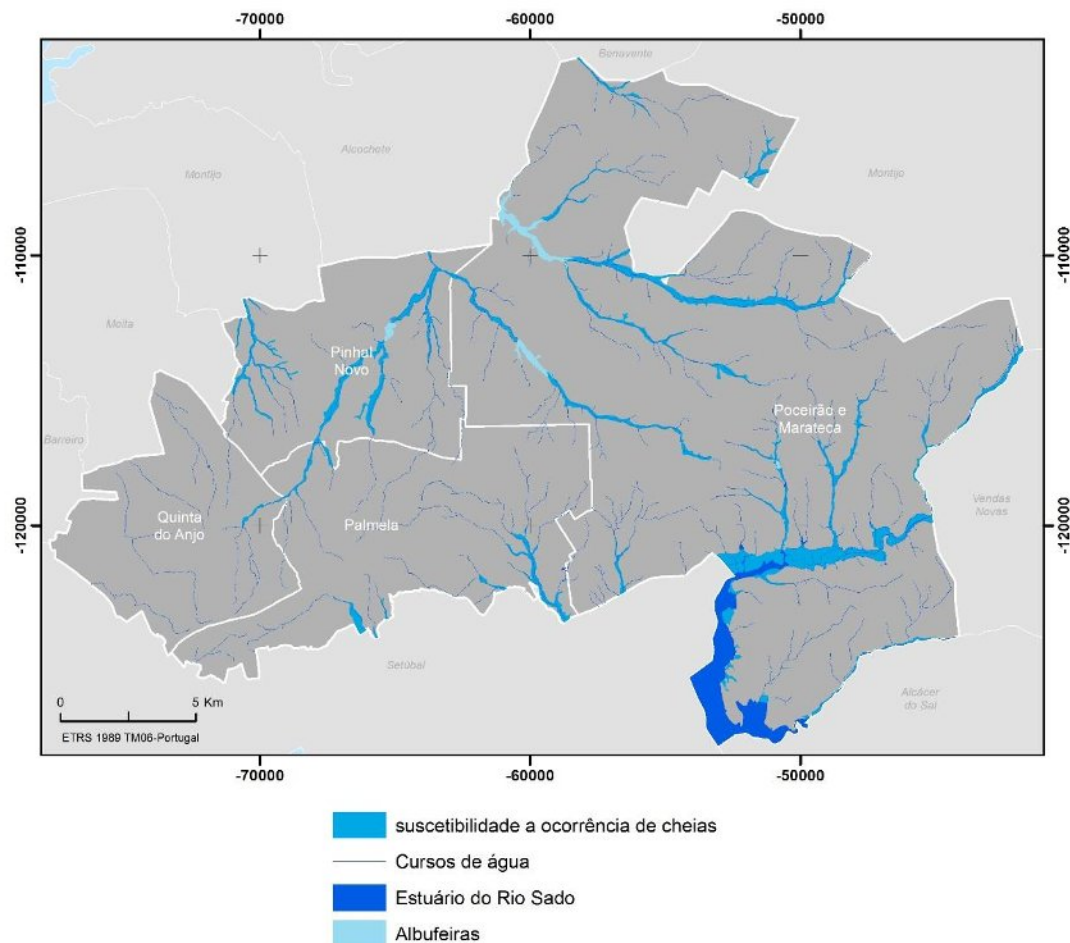


Figura 7 – Áreas suscetíveis a inundações no concelho de Palmela

Quinta do Anjo - As zonas inundáveis abrangem uma área de 0,15 km², o que representa 0,29 % da área da freguesia e 0,78 % do total das zonas inundáveis identificadas no concelho. Esta zona corresponde ao setor da cabeceira da Vala da Salgueirinha.

Palmela - As zonas inundáveis abrangem uma área de 1,69 km², o que representa 2,18 % da área da freguesia e 8,84 % do total das zonas inundáveis do concelho. A sua distribuição na freguesia afeta troços da Ribeira do Livramento e dos seus afluentes da margem esquerda, Vala da Salgueirinha e ribeira de Algeruz.

Pinhal Novo - As zonas inundáveis abrangem uma área de 3,64 km², o que representa 6,69 % na área da freguesia e 19,05 % do total das zonas inundáveis do concelho. Relativamente à área da freguesia, esta é a que apresenta, em termos relativos, uma

maior área classificada como inundável. A sua distribuição concentra-se fundamentalmente ao longo da Vala de Malpique, Vala do Pinhal, Vala da Salgueirinha e respetivos afluentes.

Poceirão e Marateca - As zonas inundáveis abrangem uma área de 13,63 km², o que representa 4,83 % na área da freguesia e 71,32 % do total das zonas inundáveis do concelho. As áreas sujeitas a inundação na freguesia estão presentes em todos os cursos de água mais relevantes e respetivos afluentes, quer nos que escoam para Sul, para a Ribeira da Marateca – Canal das Águas de Moura, quer nos que escoam para ENE- NE na direção das marinhas do Pinhal Novo e da Atalaia, como é o caso da Ribeira da Asseiceira.

Tabela 8 – Zonas Ameaçadas pelas Cheias por freguesia do concelho de Palmela

Freguesia	ZAC (Km ²)	% da superfície da freguesia	% da superfície do concelho
Palmela	1,69	2,18	0,36
Quinta do Anjo	0,15	0,29	0,03
Pinhal Novo	3,64	6,69	0,78
Poceirão e Marateca	13,63	4,83	2,93
Concelho	19,11	-	4,11

3.1.3. Elementos Expostos nas Zonas Suscetíveis a Inundação por Cheias

Para avaliar os elementos expostos ao perigo de cheias contabilizaram-se, a partir da cartografia de base, os edifícios implantados nas zonas suscetíveis a inundação por cheias. Os equipamentos e os troços de rodovia e ferrovia afetados foram estimados do mesmo modo. Na **Tabela 9** está inscrito o n.º de edifícios (ou conjuntos de edifícios) afetados por freguesia, e nas **Tabelas 10 e 11** estão contabilizadas as vias.

A freguesia de Pinhal Novo destaca-se com 361 edifícios ou conjuntos de edifícios em zonas suscetíveis de inundação, com destaque para o Vale Sanceiro (**Figura 8**). Registe-

se que entre esses edifícios incluem-se as instalações da Guarda Nacional Republicana do Pinhal Novo, que constitui um elemento estratégico no contexto da Proteção Civil. Seguem-se as freguesias de Poceirão e Marateca e de Palmela, respetivamente, com 207 e 78 edifícios ou conjuntos de edifícios situados em zonas inundáveis. A freguesia de Quinta do Anjo regista apenas 9 edifícios ou conjuntos de edifícios implantados em leito de cheia. No total, o concelho contabiliza 655 edifícios em zonas ameaçadas pelas cheias. Considerando que, de acordo com os dados dos Censos 2011, o número médio de residentes por edifício em Palmela é de 2,9, estima-se que a população residente em edifícios implantados em zonas inundadas por cheias pode ascender a cerca de 1.900 pessoas

Tabela 9 – Edifícios implantados em zonas suscetíveis a inundação por cheia por freguesia do concelho de Palmela

Freguesias	Nº edifícios implantados em zonas inundáveis
Palmela	78
Quinta do Anjo	9
Pinhal Novo	361
Poceirão e Marateca	207
Concelho	655

Tabela 10 – Vias localizadas em zonas suscetíveis a inundação por cheia por freguesia do concelho de Palmela

	Comprimento da via afetada (metros)
Palmela	10.255
Rede Complementar	793
Rede Municipal	9.462
Quinta do Anjo	1.010
Rede Complementar	29
Rede Municipal	981
Pinhal Novo	21.819
Rede Fundamental	187
Rede Complementar	920
Rede Municipal	19.896
Rede Ferroviária	816
Poceirão e Marateca	31.062
Rede Fundamental	351
Rede Complementar	1.501
Rede Municipal	28.620
Rede Ferroviária	590

Tabela 11 – Vias localizadas em zonas suscetíveis a inundação por cheia no concelho de Palmela

	Comprimento da via afetada (metros)
Rede Fundamental	538
Rede Complementar	3.242
Rede Municipal	58.960
Rede Ferroviária	1.407
Total Geral	64.147

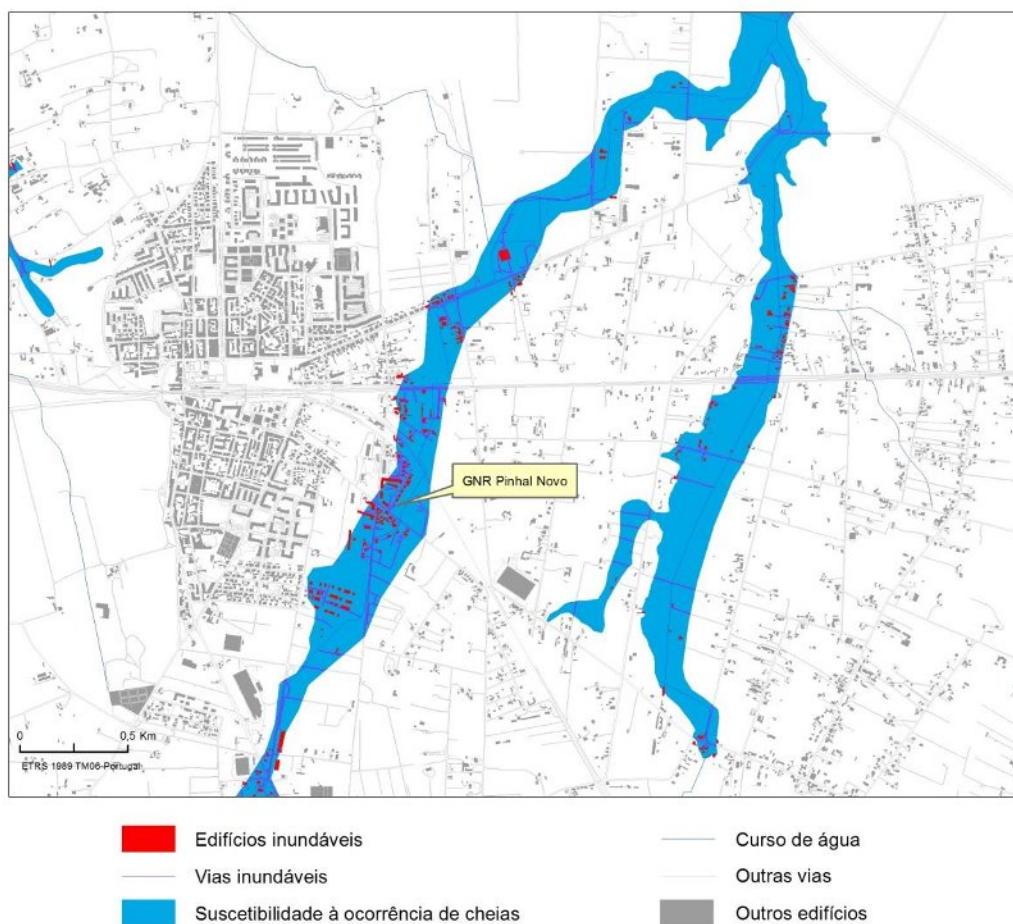


Figura 8 – Edifícios, rede viária e rede ferroviária expostas a inundação por cheia na zona do Pinhal Novo

Quanto aos troços rodoviários afetados (**Tabela 10**), o destaque vai para a freguesia de Poceirão e Marateca com 31,1 km, seguida de Pinhal Novo (21,8 km), Palmela (10,3 km) e Quinta do Anjo (1,0 km). Em termos de tipologia de via (**Tabela 11**), as vias da Rede Municipal destacam-se claramente das restantes como as mais afetadas em todo o concelho de Palmela com 59 km. A Rede fundamental afetada corresponde a apenas 0,5 km e a rede complementar alarga-se a 3,2 km. Refira-se ainda que a linha ferroviária é alagável numa extensão de 1,4 km.

Para além do já referido edifício da Guarda Nacional Republicana do Pinhal Novo, não foram identificados outros equipamentos de Administração, Educação, Saúde, Proteção Civil e Serviço Social nas zonas suscetíveis a inundação no concelho de Palmela.

4. GEODINÂMICA INTERNA

4.1.Sismos

Os sismos consistem na propagação de ondas elásticas através dos materiais terrestres, geradas por perturbações transitórias do equilíbrio elástico, geralmente associadas a movimentações repentinas de falhas.

4.1.1. Metodologia

A caracterização da suscetibilidade sísmica no concelho de Palmela foi inicialmente definida a partir do cruzamento da carta intensidades sísmicas máximas (Fonte: Instituto de Meteorologia) com a carta da distribuição das acelerações máximas (PGA – *Peak Ground Acceleration*) para um período de retorno de 475 anos, produzida por Peláez e López Casado (2002). No entanto, atendendo à pequena escala que caracteriza os dois documentos atrás referidos e à dimensão do concelho, o território de Palmela não apresenta grandes contrastes no que respeita à suscetibilidade sísmica: a classe da PGA de $3,2 - 4,0 \text{ m/s}^2$ abrange a totalidade do concelho, enquanto a carta de isossistas de intensidades máximas marca a presença das classes 8 e 9. Na Escala de Mercalli Modificada, o grau 8 representa um abalo sísmico suscetível de provocar danos ligeiros em estruturas especialmente concebidas, danos consideráveis em edifícios comuns (com colapso parcial) e danos avultados em estruturas mal construídas. Pode provocar também a queda de chaminés de casas e de fábricas, de monumentos, colunas e paredes, assim como derrubar mobiliário pesado. O grau 9 corresponde a um abalo sísmico que desencadeia danos consideráveis em estruturas especialmente concebidas, danos avultados em edifícios comuns (com colapso parcial), chegando mesmo a deslocar os edifícios das fundações. Neste contexto, considera-se

que o território do concelho de Palmela apresenta uma suscetibilidade sísmica elevada em toda a sua extensão.

Dada a generalidade dos documentos anteriormente referidos, optou-se pela definição da suscetibilidade sísmica com base nas características do substrato geológico. Assim, os efeitos de sítio suscetíveis de provocar a amplificação da suscetibilidade sísmica foram integrados tendo em consideração a existência de solos brandos, incluindo aluviões e outras formações geológicas quaternárias não consolidadas, capazes de alterar as características do movimento sísmico. Deste modo, as formações geológicas que afloram no concelho de Palmela foram agrupadas em 3 conjuntos, de acordo com o respetivo potencial de incremento da intensidade sísmica:

- (i) Formações geológicas sedimentares consolidadas (geologia favorável). O acentuado grau de consolidação destes terrenos não produz incremento assinalável da intensidade sísmica. Estas formações afloram na parte SW do concelho, na área da Arrábida;
- (ii) Formações sedimentares pouco consolidadas (geologia desfavorável). A reduzida consolidação destes terrenos (de idade cenozoica) é suscetível de produzir algum incremento da intensidade sísmica. Estas formações abrangem a maior do território concelhio;
- (iii) Aluviões, aterros e areias de praia (geologia muito desfavorável). A consolidação nula ou quase nula destes terrenos, a que acresce a sua frequente saturação, torna-os suscetíveis de incrementar bastante a intensidade sísmica.

No contexto da suscetibilidade sísmica, foram ainda tidas em consideração as falhas ativas com potencial para a ocorrência de deformações permanentes. No concelho de Palmela, a falha de Setúbal-Pinhal Novo (S-PN) assume particular relevância devido ao facto de apresentar evidências prováveis de atividade no decorrer do período Quaternário (Moniz, 2010). Esta estrutura tectónica apresenta uma geometria complexa caracterizada por segmentos de falha paralelos que se unem em profundidade formando uma estrutura em flor. De modo a prevenir a rutura superficial ao longo dos diversos segmentos que compõem a estrutura S-PN, foi

definido um buffer de 500m em torno da falha sendo este sector classificado como uma geologia muito desfavorável.

Adicionalmente, foram ainda consideradas as zonas potenciais de instabilidade de vertentes obtidas a partir da combinação das classes de suscetibilidade elevada e muito elevada à ocorrência de movimentos de vertente, elaborado pelo método estatístico do Valor Informativo (Zêzere, 2002).

4.1.2. Suscetibilidade Sísmica

A **Figura 9** mostra que a Suscetibilidade sísmica é *Elevada* no totalidade do concelho de Palmela, em conformidade com as PGA e Intensidades sísmicas máximas observadas.

A **Tabela 12** sintetiza os resultados da distribuição das classes de incremento da Suscetibilidade sísmica pela superfície de cada uma das 4 freguesias e pela totalidade do concelho.

A geologia favorável está circunscrita às freguesias de Palmela e Quinta do Anjo, onde ocupa 14% e 10,4% da respetiva superfície total. Estas áreas correspondem às formações geológicas de idade mesozoica e cenozoica que afloram na zona da Arrábida. A prevalência de declives relativamente acentuados nesta área, determinam a probabilidade elevada de ocorrência de movimentos de massa em vertentes em 2,2% do território da freguesia de Palmela, em caso de ocorrência sísmica com uma magnitude considerável. As áreas suscetíveis a instabilidades de vertentes associadas a ocorrências sísmicas estão ausentes nas restantes freguesias.

A geologia é muito desfavorável em 18,7% da freguesia de Pinhal Novo e em 12,6% da freguesia de Palmela. Este facto está associado, em ambos os casos, à extensão dos afloramentos de aluviões e à zona de influência da falha Setúbal – Pinhal Novo. A geologia desfavorável é dominante no concelho, abrangendo 86% da sua totalidade. A sua representação é máxima na freguesia de Poceirão e Marateca (90,5% da superfície), sendo mais reduzida na freguesia de Palmela (71,2% da superfície).

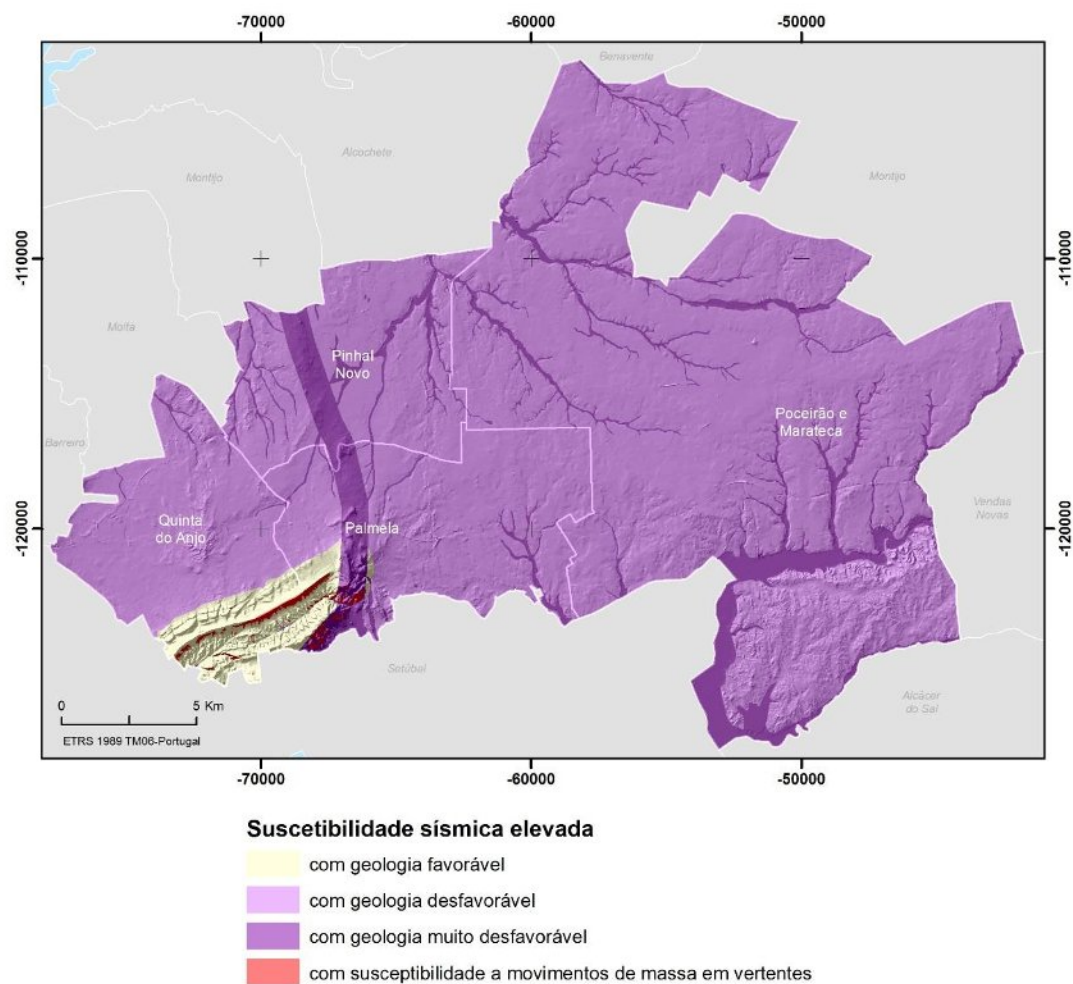


Figura 9 – Suscetibilidade sísmica no concelho de Palmela

Tabela 12 – Incremento da Suscetibilidade sísmica nas freguesias do Concelho de Palmela, expresso por percentagem do território da freguesia

Freguesias	Geologia favorável	Geologia desfavorável	Geologia muito desfavorável	Suscetibilidade a movs. de massa em vertentes
Palmela	14,0	71,2	12,6	2,2
Quinta do Anjo	10,4	88,8	0,8	0,0
Pinhal Novo	0,0	81,3	18,7	0,0
Poceirão e Marateca	0,0	90,5	9,5	0,0
Concelho	3,5	86,0	10,2	0,4

4.1.3. Exposição ao Perigo Sísmico

Para avaliar os elementos expostos ao risco sísmico, optou-se por uma metodologia de cartografia dasimétrica baseada na interpolação zonal de polígonos sobrepostos (Goodchild e Lam, 1980). Deste modo, a população e o edificado expostos nas classes de suscetibilidade sísmica foram estimados pela sua proporção relativa à área que ocupam na classe (assumindo-se uma distribuição normal/homogénea) e tendo por base os dados da população e do edificado referentes aos Censos 2011, devidamente georreferenciados e desagregados à respetiva subsecção estatística. Os resultados obtidos são aproximados, uma vez que o método assume que a distribuição espacial do edificado e da população é homogénea dentro de cada subsecção estatística.

Na contabilização dos edifícios expostos, para além do número total por classe de suscetibilidade sísmica, foram também consideradas duas classes relativas à data de construção, tendo como marco a entrada em vigor do "Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas e Pontes" em 1983 (Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio). Toda a construção executada depois dessa data deve incorporar um conjunto de soluções técnicas que melhoram substancialmente o seu comportamento face aos sismos. Uma vez que os dados dos Censos 2011 não contemplam este ano na classificação dos edifícios por data de construção, adotou-se aquele que mais se aproxima: 1980. Como é evidente, a classe de edifícios com construção anterior a 1980 engloba o edificado potencialmente mais vulnerável. A **Figura 10** representa o número de edifícios anteriores a 1980 em cada subsecção estatística do concelho de Palmela (Censos 2011).

A tipologia construtiva foi também considerada na análise de exposição do edificado, dando origem às classes "Edifícios de tipo A" - que engloba as classes "Edifícios com estrutura de betão armado" e "Edifícios com estrutura de paredes de alvenaria com placa" dos Censos 2011, e "Edifícios de tipo B" - que engloba as classes "Edifícios com estrutura de paredes de alvenaria sem placa", "Edifícios com estrutura de paredes de adobe ou alvenaria de pedra solta" e "Edifícios com outro tipo de estrutura" dos Censos 2011. Esta classificação, baseada nos princípios adotados pela "European Macroseismic Scale 1998" (Gruntal, 1998), visa refletir o comportamento do edificado

face à ação sísmica, por tipologia construtiva. Deste modo, os edifícios de tipo B serão potencialmente mais vulneráveis à ação sísmica do que os de tipo A. A **Figura 11** mostra o número de edifícios de tipo B em cada subsecção estatística do concelho de Palmela (Censos 2011).

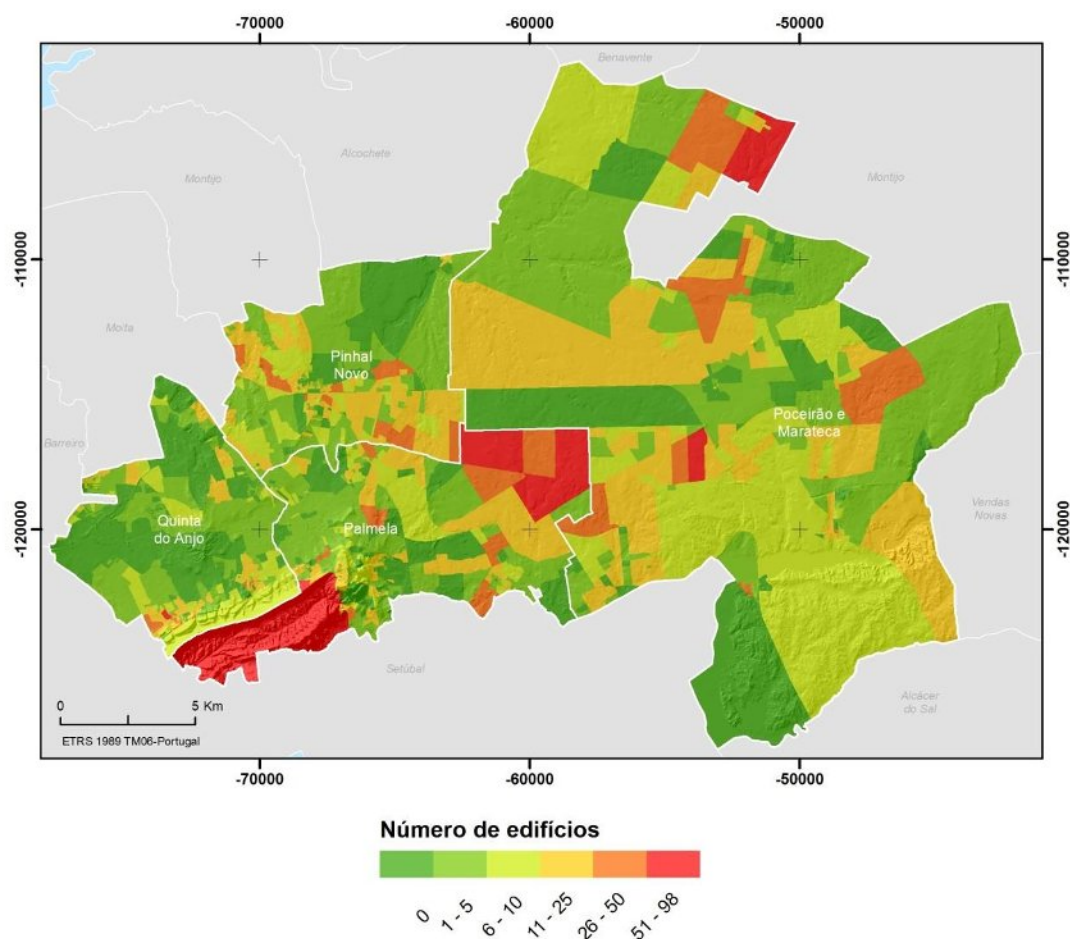


Figura 10 – Número de edifícios construídos antes de 1980 em cada subsecção estatística (Censos 2011)

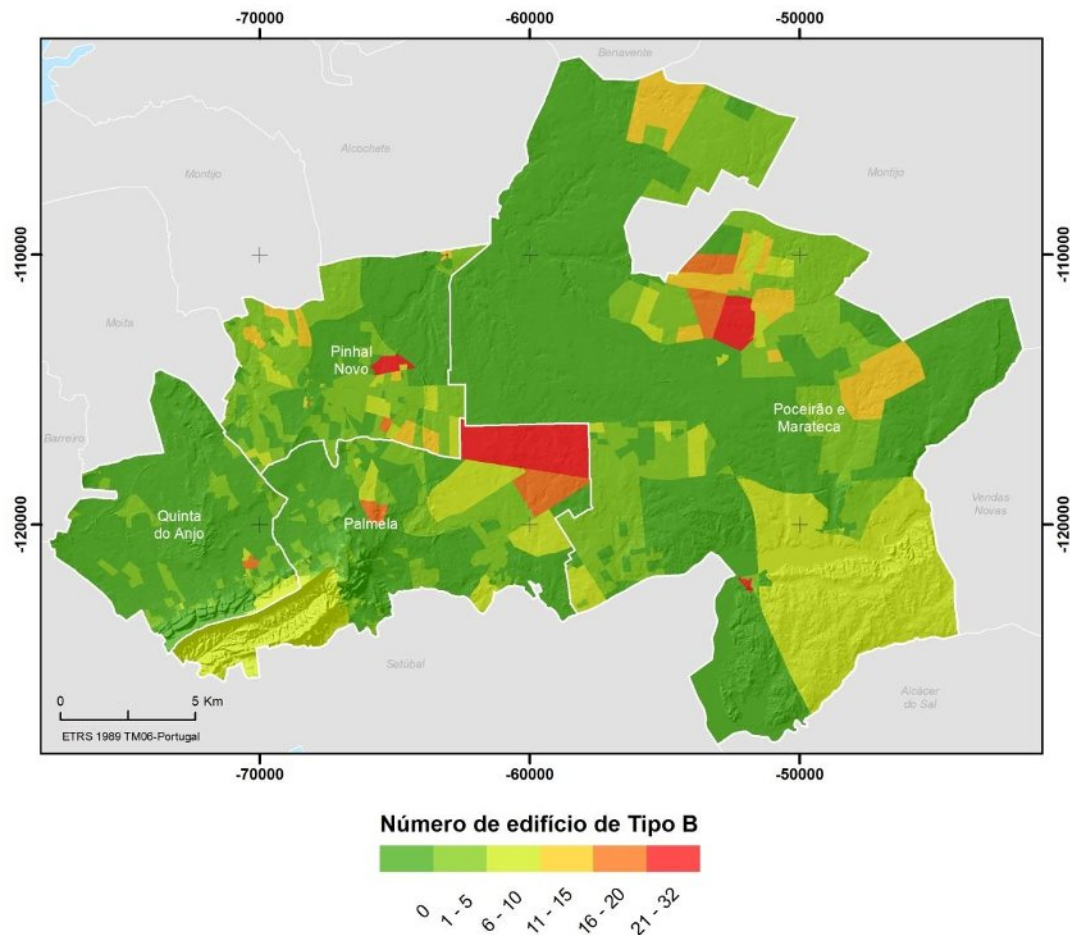
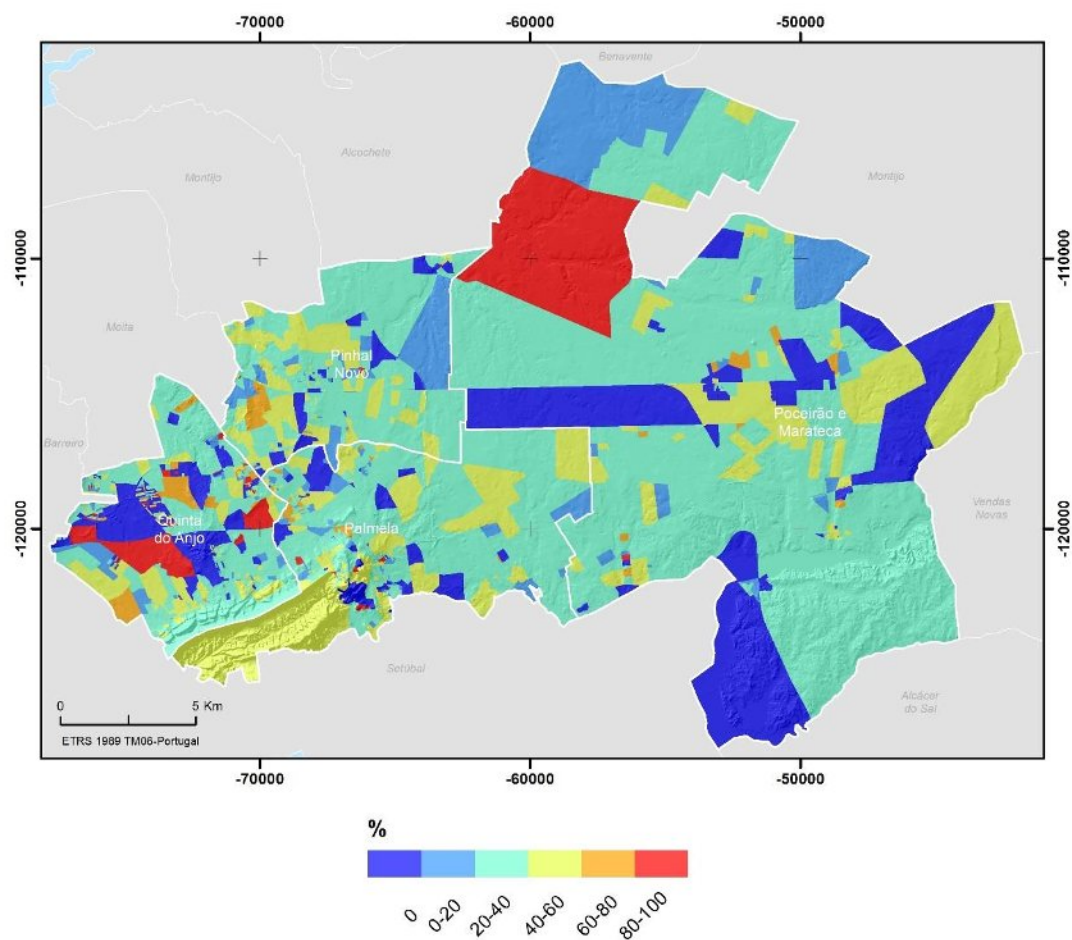


Figura 11 - Número de edifícios de tipo B em cada subsecção estatística (Censos 2011)

Na contabilidade da população residente exposta, para além do número total por classe de suscetibilidade sísmica, foram também consideradas as faixas etárias vistas como potencialmente mais vulneráveis (Armas, 2006; Carvalho *et al.*, 2010): os jovens (< 14 anos) e os idosos (≥ 65 anos). Estas duas faixas etárias foram aglutinadas numa única classe, e apreciadas em contraponto com o total da população residente em cada unidade geográfica estudada. A **Figura 12** representa os somatórios da população jovem e idosa residente em cada subsecção estatística (Censos 2011).



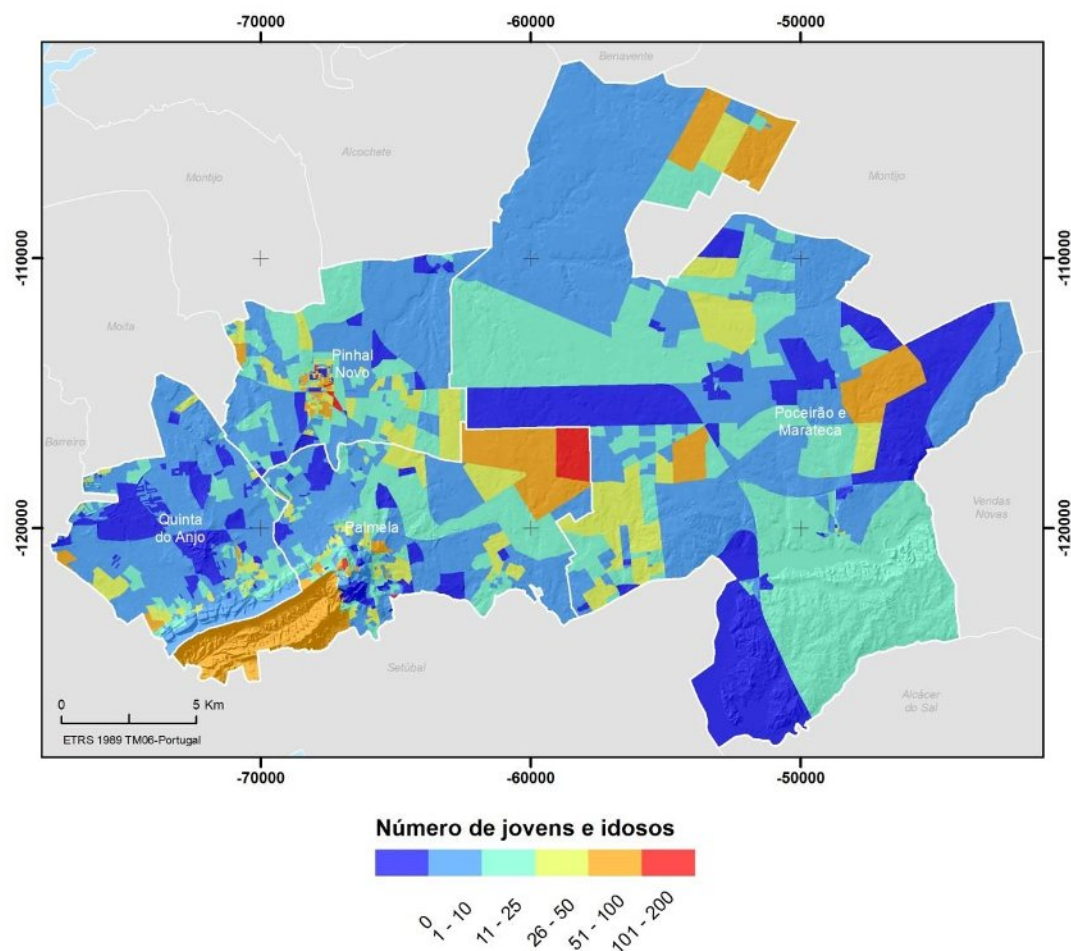


Figura 12 – Número agregado de jovens e idosos residentes em cada subsecção estatística (Censos 2011).

A **Tabela 13** apresenta os valores relativos aos edifícios expostos, por freguesia e classe de suscetibilidade sísmica, enquanto a **Tabela 14** apresenta os valores equivalentes respeitantes à população exposta.

Na totalidade do concelho, os edifícios com construção anterior a 1980 representam 44,6% do total e os edifícios do tipo B correspondem a 8,2% do total.

Mais de metade da população residente (52,2%) reside em edifícios situados em terrenos com geologia muito desfavorável. A fração da população que reside em zonas com geologia favorável é residual (2,4% do total). A população mais vulnerável (idosos e crianças) representa 33,5% da população do concelho.

Tabela 13 – Edifícios expostos por classe de incremento da suscetibilidade sísmica nas freguesias do Concelho de Palmela

Freguesia	Edifícios totais		Edifícios anteriores a 1980		Edifícios do Tipo B	
	N	%	N	%	N	%
Palmela	6504	29,8	2975	45,7	413	6,3
Geol. Favorável.	426	6,5	218	51,2	20	4,7
Geol. Desfavorável	3150	48,4	1047	33,2	142	4,5
Geol. Muito desfav..	2715	41,7	1555	57,3	225	8,3
Movs. Massa	213	3,3	155	72,8	26	12,2
Pinhal Novo	5564	25,5	2579	46,4	613	11,0
Geol. Desfavorável	1467	26,4	796	54,3	263	17,9
Geol. Muito desfav..	4097	73,6	1783	43,5	350	8,5
Poceirão e Marateca	4002	18,4	2260	56,5	615	15,4
Geol. Desfavorável	2254	56,3	1154	51,2	282	12,5
Geol. Muito desfav..	1748	43,7	1106	63,3	333	19,1
Quinta do Anjo	5722	26,3	1898	33,2	148	2,6
Geol. Favorável	155	2,7	59	38,1	6	3,9
Geol. Desfavorável	5309	92,8	1760	33,2	131	2,5
Geol. Muito desf.	221	3,9	63	28,5	4	1,8
Movs. Massa	37	0,6	16	43,2	7	18,9
Concelho	21792	100	9712	44,6	1789	8,2
Geol. Favorável.	581	2,7	277	47,7	26	4,5
Geol. Desfavorável	12180	55,9	4757	39,1	818	6,7
Geol. Muito desfav..	8781	40,3	4507	51,3	912	10,4
Movs. Massa	250	1,1	171	68,4	33	13,2

Tabela 14 – População exposta por classe de incremento da suscetibilidade sísmica nas freguesias do Concelho de Palmela

Freguesia	Residentes totais		Residentes idosos e jovens	
	N	%	N	%
Palmela	17514	27,7	6076	34,7
Geol. Favorável.	1243	7,1	412	33,1
Geol. Desfavorável	8333	47,6	2774	33,3
Geol. Muito desfav..	7593	43,4	2740	36,1
Movs. Massa	345	2,0	150	43,5
Pinhal Novo	25054	39,6	7977	31,8
Geol. Desfavorável	3799	15,2	1331	35,0
Geol. Muito desfav..	21255	84,8	6646	31,3
Poceirão e Marateca	8774	13,9	3070	35,0
Geol. Desfavorável	4975	56,7	1726	34,7
Geol. Muito desfav..	3799	43,3	1344	35,4
Quinta do Anjo	11865	18,8	4047	34,1
Geol. Favorável	253	2,1	87	34,4
Geol. Desfavorável	11232	94,7	3801	33,8
Geol. Muito desf.	349	2,9	148	42,4
Movs. Massa	31	0,3	11	35,5
Concelho	63207	100	21170	33,5
Geol. Favorável.	1496	2,4	499	33,4
Geol. Desfavorável	28339	44,8	9632	34,0
Geol. Muito desfav..	32996	52,2	10878	33,0
Movs. Massa	376	0,6	161	42,8

Na freguesia de Palmela 45,7% dos edifícios foram construídos antes de 1980 e 6,3% correspondem a edifício de tipo B. Registe-se que 72,8% dos edifícios situados em zonas suscetíveis a instabilidade de vertentes e 57,3% dos edifícios situados em zonas de geologia muito desfavorável são de construção anterior a 1980, o que constitui um indicador de vulnerabilidade estrutural. Adicionalmente, é nestas duas classes que os edifícios do tipo B têm maior expressão relativa, o que reforça o carácter de vulnerabilidade estrutural dos edifícios em causa. 43,2% da população reside em edifícios situados em zonas com geologia muito desfavorável, dos quais 36,1% são crianças e/ou idosos.

Na freguesia de Pinhal Novo 46,4% dos edifícios foram construídos antes de 1980 e 11,0% correspondem a edifício de tipo B. A maior parte dos edifícios situam-se em zonas com geologia muito desfavorável. 84,8% da população reside em edifícios situados em zonas com geologia muito desfavorável, dos quais 31,3% são crianças e/ou idosos.

A freguesia de Poceirão e Marateca é a que apresenta a situação mais desfavorável, no que respeita à vulnerabilidade estrutural do edificado: 56,5% dos edifícios foram construídos antes de 1980 e 15,4% correspondem a edifício de tipo B. Adicionalmente, uma parte muito significativa destes edifícios encontra-se instalada em terrenos com geologia muito desfavorável, no que respeita ao incremento da intensidade sísmica. 43,3% da população reside em edifícios situados em zonas com geologia muito desfavorável, dos quais 35,4% são crianças e/ou idosos.

Em contraste com a anterior, a freguesia de Quinta do Anjo é a que apresenta um parque edificado mais recente e mais robusto; Os edifícios contruídos antes de 1980 representam apenas 33,2% do total e os edifícios do tipo B representam somente 2,6% do total. A maior parte da população (94,7%) reside em edifícios situados em zonas com geologia desfavorável, dos quais 33,8% são crianças e/ou idosos.

5. GEODINÂMICA EXTERNA

5.1. Movimentos de Massa em Vertentes

Neste trabalho adota-se a terminologia e a classificação de movimentos de massa em vertentes de referência no plano internacional. Esta classificação foi proposta pela Working Party on World Landslide Inventory (1993) e apresentada por Cruden e Varnes (1996), integrando 5 tipos principais de instabilidades: desabamento (*fall*), tombamento ou balançamento (*topple*), deslizamento ou escorregamento (*slide*), expansão lateral (*lateral spread*) e escoada ou fluxo (*flow*).

No território de Palmela foram identificados movimentos do tipo deslizamento, por vezes associados a movimento do tipo desabamento.

O deslizamento corresponde a um “movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de rutura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial” (WP/WLI, 1993: 6-2). A ocorrência de fendas de tração, no que equivalerá posteriormente à cicatriz principal do deslizamento, corresponde a um dos indicadores primários de deformação. Este facto aponta para que o movimento não se inicie simultaneamente ao longo do que será a extensão total da superfície de rutura.

No caso do concelho de Palmela, os movimentos de deslizamentos podem ocorrer associados aos desabamentos, nomeadamente nas vertentes com declive acentuado, não sendo fácil a identificação do tipo de mecanismo envolvido quando os movimentos são antigos e a topografia instabilizada se encontra mal conservada. Nos movimentos mais recentes é possível individualizar deslizamentos rotacionais e deslizamentos translacionais.

Os deslizamentos rotacionais ocorrem ao longo de superfícies de rutura curvas e côncavas, principalmente em materiais homogêneos e isotrópicos (Cruden e Varnes,

1996). A sua cinemática determina que, para movimentos cujo perfil da superfície de rutura se aproxima de um círculo ou de um cicloide, esta se faça com pouca deformação interna da massa deslocada. Em todo o caso, a cabeça do movimento pode registar descidas verticais abruptas e a parte superior da massa deslocada tende a inclinar para montante formando aclives. Estes favorecem a retenção da água, possibilitando o prolongamento no tempo das manifestações de instabilidade e, quando em abundância, favorecer a ocorrência de escoadas na área de acumulação do deslizamento (Varnes, 1978).

Os deslizamentos translacionais típicos estão associados a uma superfície de rutura planar ou muito pouco ondulada. Esta caracteriza-se por um baixo ângulo de cisalhamento, geralmente paralelo à superfície topográfica original. O seu deslocamento vai geralmente para além da superfície de rutura, cobrindo a jusante a superfície topográfica original (Cruden e Varnes, 1996). Os deslizamentos translacionais ocorrem frequentemente ao longo de descontinuidades (falhas, fraturas, planos de estratificação) ou no contacto entre o maciço rochoso e níveis de solo residual ou transportado, marcados por uma baixa resistência ao corte.

No concelho de Palmela os deslizamentos translacionais são quase sempre superficiais, apresentando planos de rutura com profundidade tipicamente inferior a 2 metros. Estes deslizamentos afetam quase exclusivamente os depósitos peliculares que revestem a maior parte das vertentes, ao longo de superfícies de rutura planares, frequentemente localizadas no contacto com um substrato rochoso impermeável margoso e/ou argiloso.

5.1.1. Tipos de Movimentos de Massa em Vertentes identificados no Concelho de Palmela

O inventário dos movimentos de massa em vertentes no concelho de Palmela baseou-se nos métodos e técnicas que a seguir se discriminam:

- Interpretação de ortofotomapas digitais (pixel = 0,5 m) obtidos em 2004, auxiliada pela projeção da altimetria detalhada do terreno, para a totalidade do concelho;
- Verificação e validação das manifestações de instabilizadas nas vertentes com trabalho de campo.

No total, foram identificados e inventariados 23 movimentos de massa em vertentes no território do concelho de Palmela, do tipo deslizamento ou deslizamento-desabamento que, para efeitos de avaliação da suscetibilidade, foram considerados em conjunto. A **Tabela 15** e a **Figura 13** sistematizam as principais características destes movimentos de massa.

Tabela 15 - Parâmetros morfométricos dos movimentos de massa em vertentes inventariados no concelho de Palmela

	Deslizamentos
Número	23
Área Mínima (m ²)	83
Área Máxima (m ²)	19.700
Área Média (m ²)	1.879
Desvio-Padrão (m ²)	4.010
Área total (m ²)	43.222
Densidade desliz. (n/km ²)	0,05
% área deslizada	0,009

Os 23 movimentos de massa em vertentes ocorrem exclusivamente na área da Arrábida e correspondem a uma área total instabilizada de 43.222 m². A densidade de movimentos é de 0,05 ocorrências/km² e a área instabilizada representa apenas 0,009% da área total do concelho.

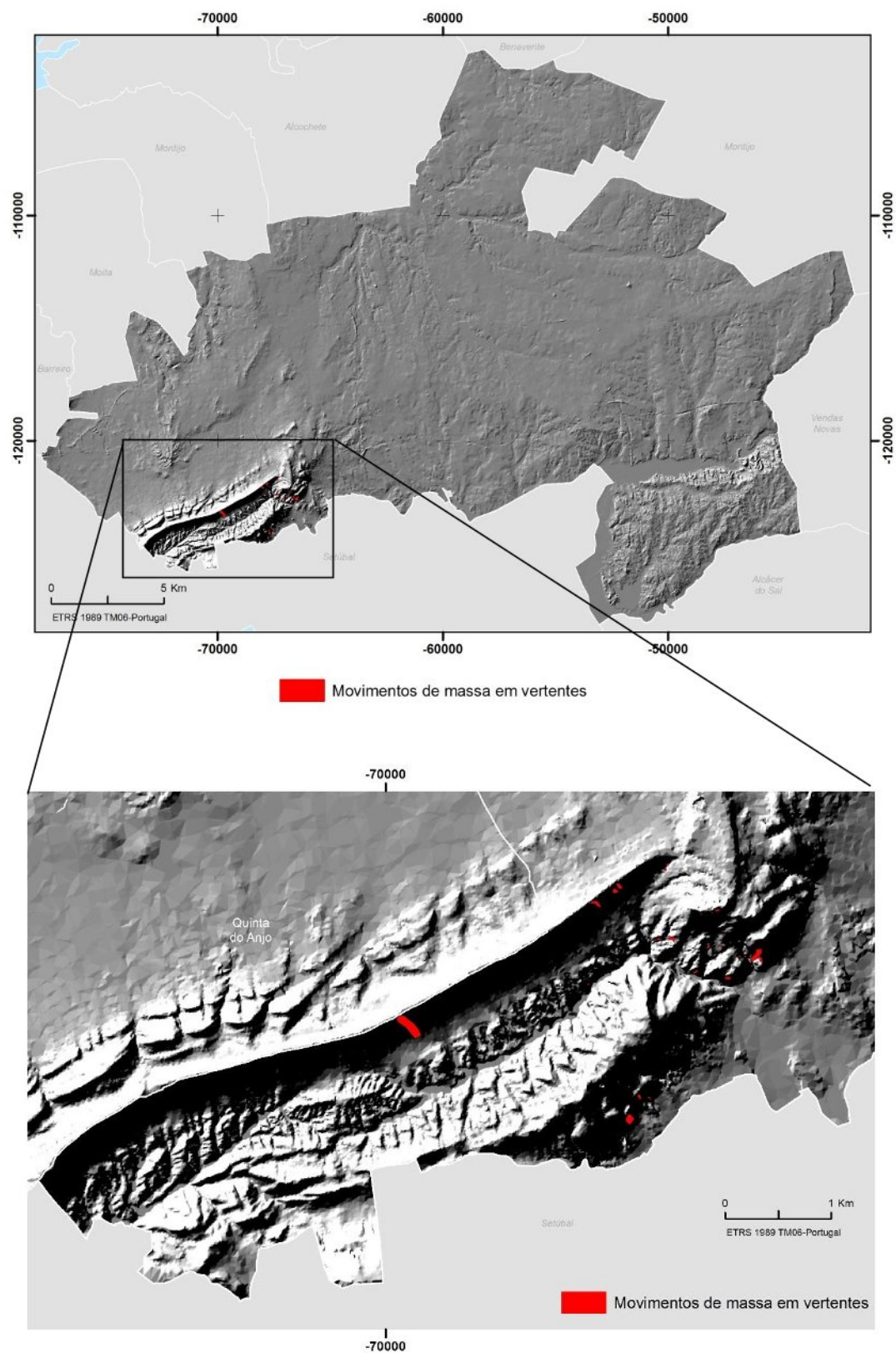


Figura 13 - Inventário de movimentos de massa em vertentes no concelho de Palmela

5.1.2. Identificação e cartografia dos fatores condicionantes da instabilidade das vertentes

A avaliação da suscetibilidade geomorfológica é baseada no pressuposto de que os futuros movimentos de massa em vertentes têm maior probabilidade de ocorrer sob condições geológicas e geomorfológicas semelhantes às que geraram instabilidade no presente e no passado (Varnes, 1984; Zêzere *et al.*, 2008). Neste contexto, é fundamental a identificação e cartografia dos fatores condicionantes (de predisposição) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração das manifestações de instabilidade, assim como a sua ponderação com recurso a modelos de relação espacial.

Neste trabalho foram considerados 6 temas como fatores de predisposição para a ocorrência de movimentos de massa em vertentes: declive, exposição, curvatura em plano, inverso do *wetness index*, litologia e uso do solo. Os temas foram convertidos do formato vetorial para *raster*, tendo sido posteriormente reclassificados, de modo a poderem integrar os modelos de avaliação da suscetibilidade. Estabeleceu-se que todos os outputs das várias operações efetuadas deveriam ter pixéis com a resolução de 5x5, ou seja, 25 m².

A Carta Topográfica multicodificada à escala 1:10 000, do Município de Palmela, serviu de base à construção de um Modelo Numérico de Elevação (MNE), a partir do qual foram derivados os seguintes temas: declive, exposição, curvatura plana e inverso do *wetness index*.

O mapa de declives (**Figura 14**) foi reclassificado em 9 classes expressas em graus: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 e >40.

O mapa de exposições (**Figura 15**) foi também reclassificado em 9 classes, quem incluem 8 quadrantes principais (N, NE, E, SE, S, SW, W e NW) a que acresce a classe dos terrenos planos (logo, sem exposição definível).

O mapa da curvatura em plano (**Figura 16**) reproduz o perfil transversal das vertentes e foi reclassificado em 3 classes: côncavo, plano / retilíneo e convexo.

O mapa do Inverso do Wetness Index (IWI) (**Figura 17**) qualifica a retenção de humidade, o conteúdo em água do solo e as zonas de saturação superficial, através da relação, para cada pixel:

$$IWI = \frac{\tan \beta}{a} \quad (1)$$

Onde a é a área de acumulação a montante (em m^2) e β é o declive (em graus).

Este mapa foi reclassificado em 6 classes, recorrendo a um critério logarítmico: 0; 0-0,0001; 0,0001-0,001; 0,001-0,01; 0,01-0,1; 0,1-0,52.

O mapa das unidades litológicas (**Figura 18**) baseia-se na Carta Geológica na escala de 1:50.000, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, tendo sido reclassificado em 25 classes, em função das litologias dominantes: Conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros (ID1); Calcários de Senhora das Necessidades (ID2); Aluviões (ID3); Formação de Rodízio: pelitos, arenitos e conglomerados (ID4); Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada) (ID5); Formação de Dagorda: pelitos, calcários dolomíticos e evaporitos (ID6); Formação de Pedreiras: calcários (ID7); Conglomerados de Comenda (ID8); Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca (ID9); Formações de Alcoentre e de Tomar indiferenciadas: areias, arenitos e argilitos (ID10); Formações de Alcoentre e de Tomar indiferenciadas: intercalações calcárias (ID11); Argilitos e margas de Azeitão (ID12); Conglomerados de Guarda-Mor (ID13); Arenitos de Marateca (ID14); Arenitos de Marateca com intercalações calcárias (ID15); Calcários margosos de Palhavã (ID16); Arenitos e calcoarenitos de Pinhal e Castelo de Palmela (ID17); Areias e margas de Quinta do Anjo (ID18); Areias da Quinta da Torre (ID19); Plano de água (ID20); Formação de Santa Marta: areias (ID21); Formação de Ulme: areias e arenitos (ID22); Depósitos de terraços fluviais (ID23); Cascalheiras de génese indiferenciada (ID24); Formação de Marco Furado: argilitos e conglomerados (ID25).

O mapa do uso do solo (**Figura 19**) constitui uma adaptação do nível 2 do COS2007, considerada adequada para efeitos de modelação da suscetibilidade aos movimentos de massa em vertentes no concelho de Palmela. Contempla 15 classes: Indústria, comércio e transportes (ID1); Águas marinhas e costeiras (ID2); Tecido urbano (ID3); Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de

construção (ID4); Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas (ID5); Culturas temporárias (ID6); Culturas permanentes (ID7); Pastagens permanentes (ID8); Áreas agrícolas heterogéneas (ID9); Florestas (ID10); Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea (ID11); Zonas descobertas e com pouca vegetação (ID12); Zonas húmidas interiores (ID13); Zonas húmidas litorais (ID14); e Águas interiores (ID15).

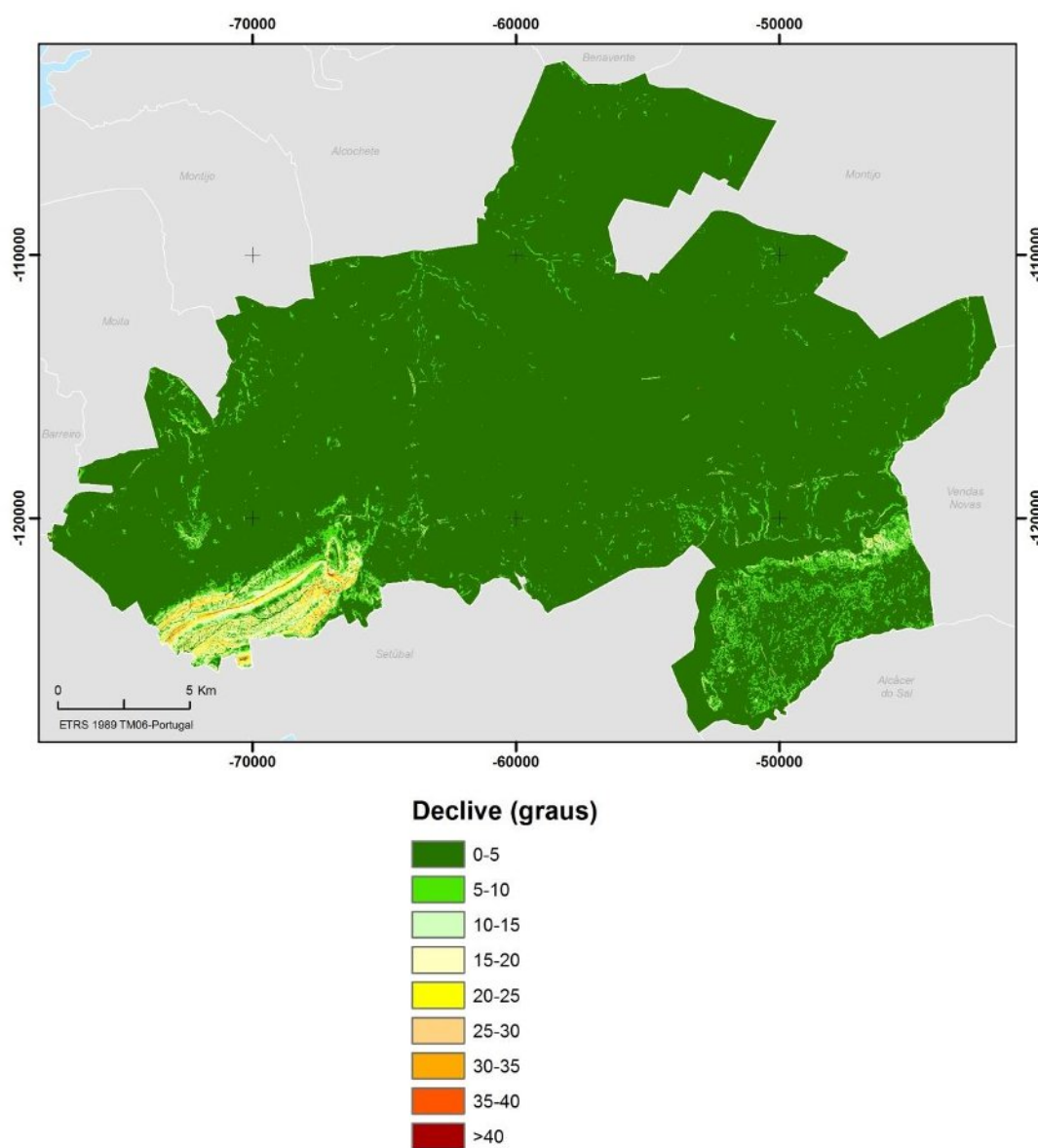


Figura 14 - Declive no concelho de Palmela

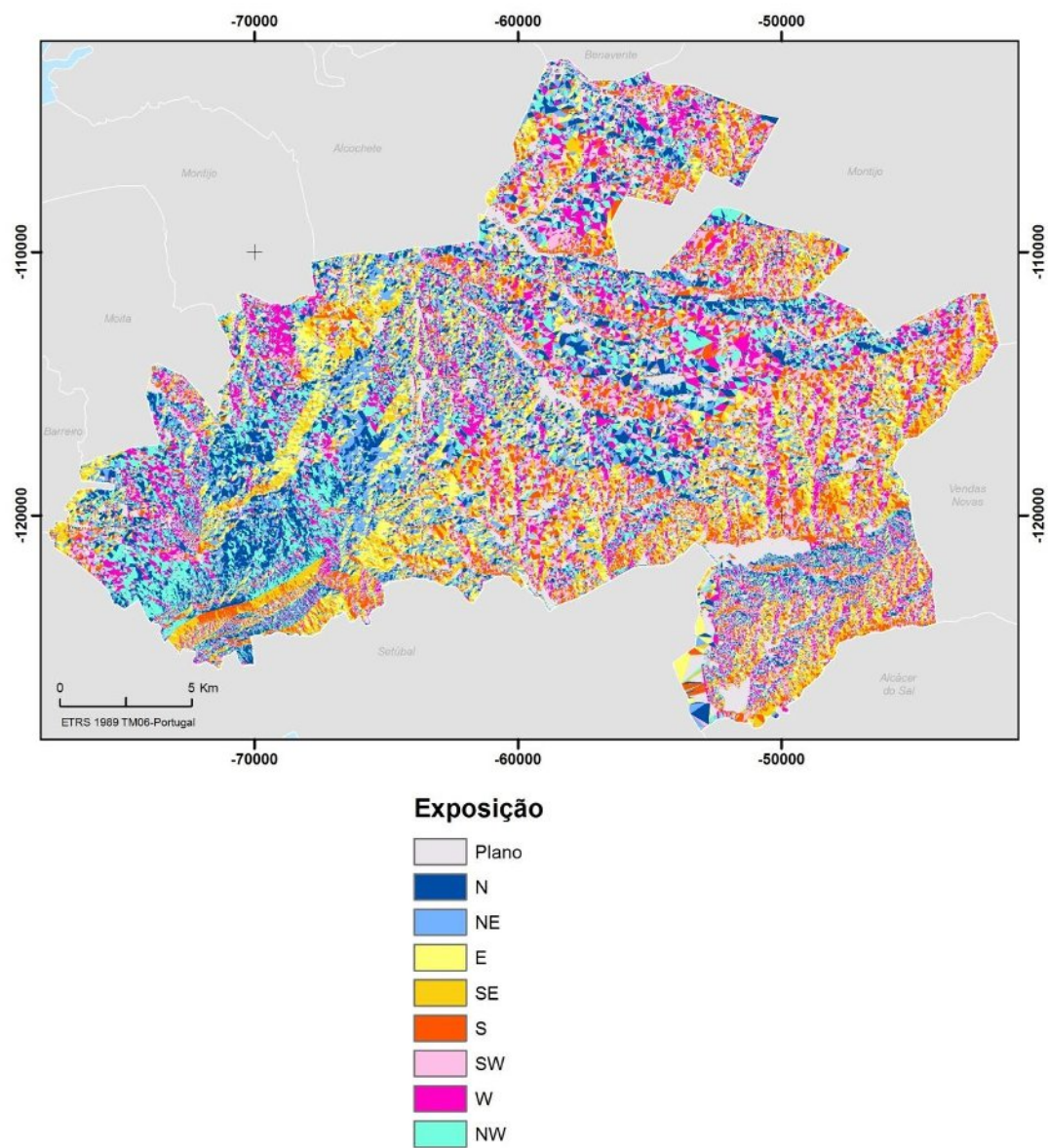


Figura 15 – Exposição no concelho de Palmela

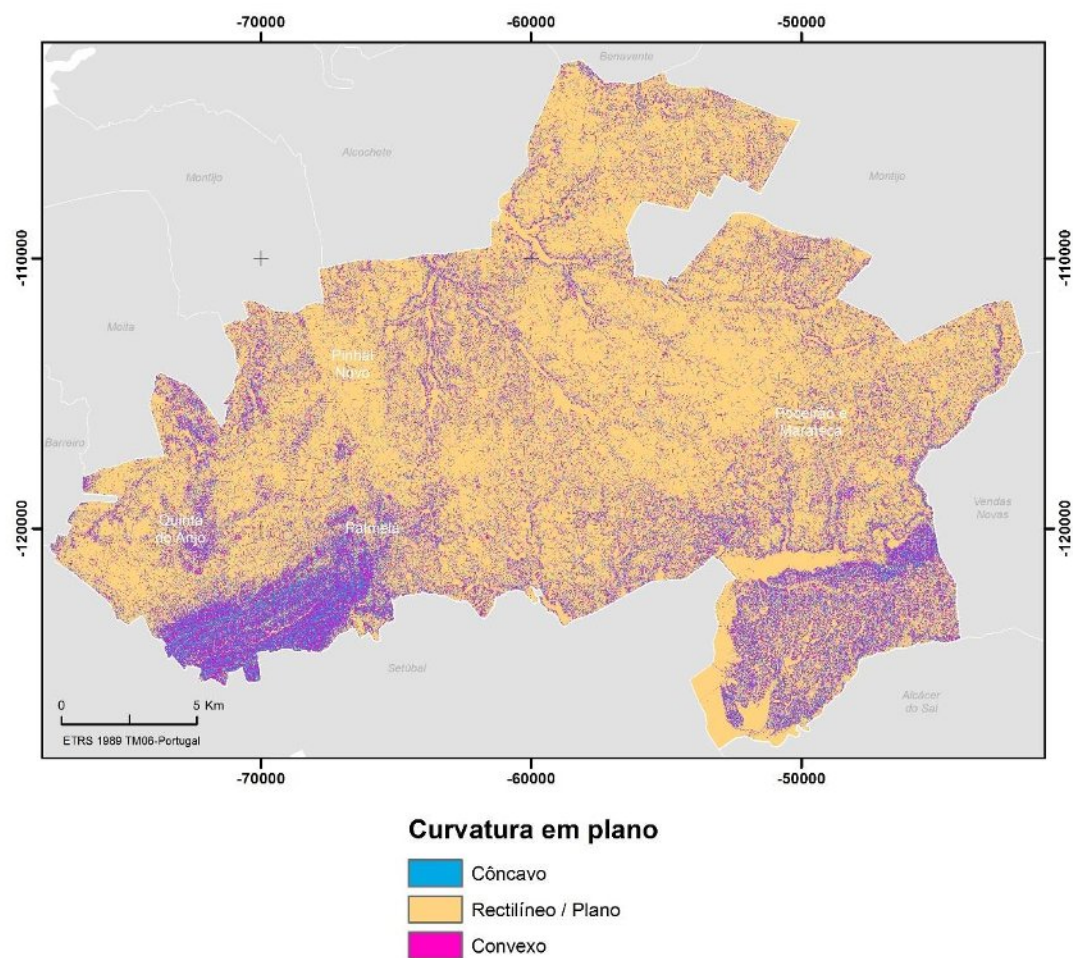


Figura 16 – Curvatura em Plano no concelho de Palmela

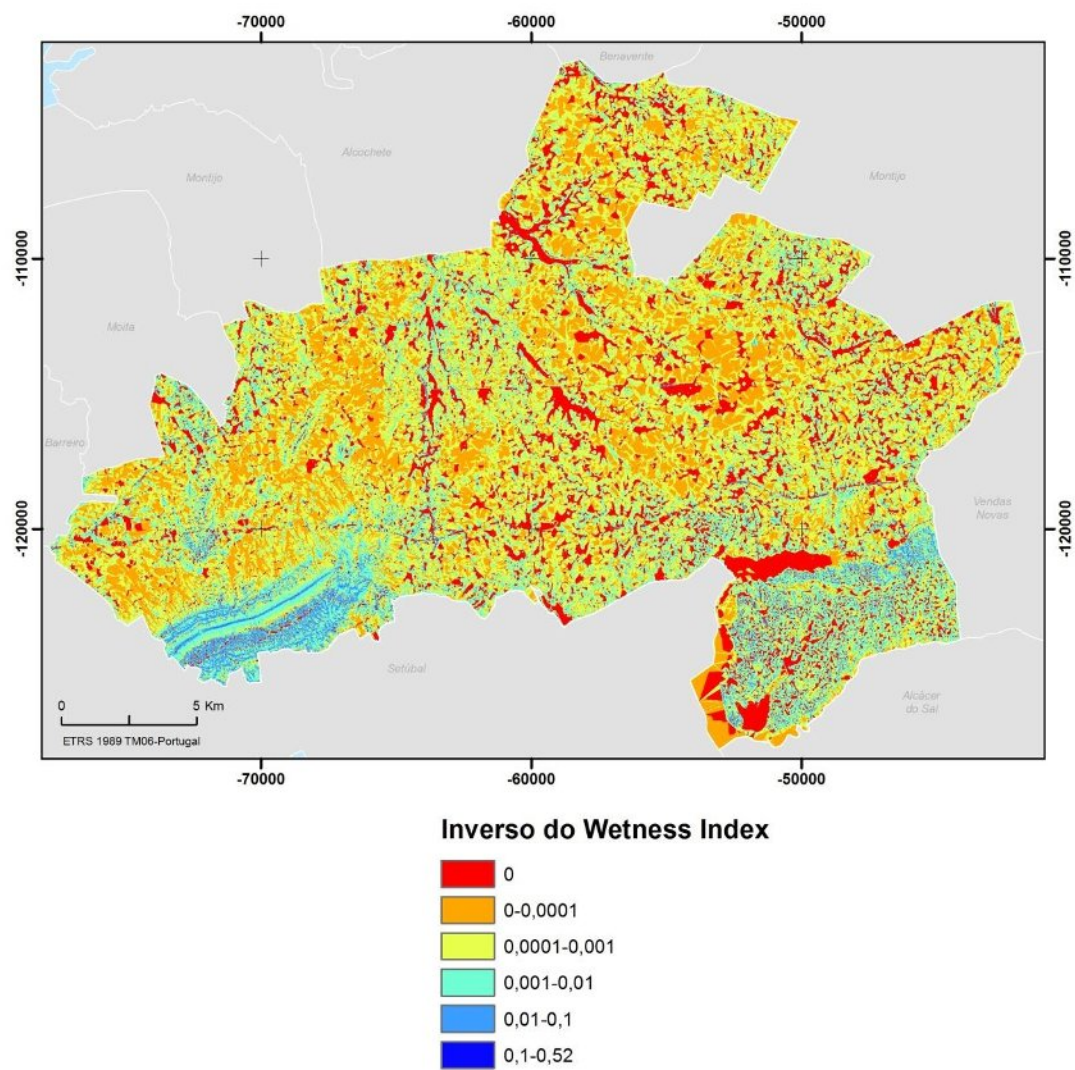


Figura 17 - *Wetness Index* (inverso) no concelho de Palmela

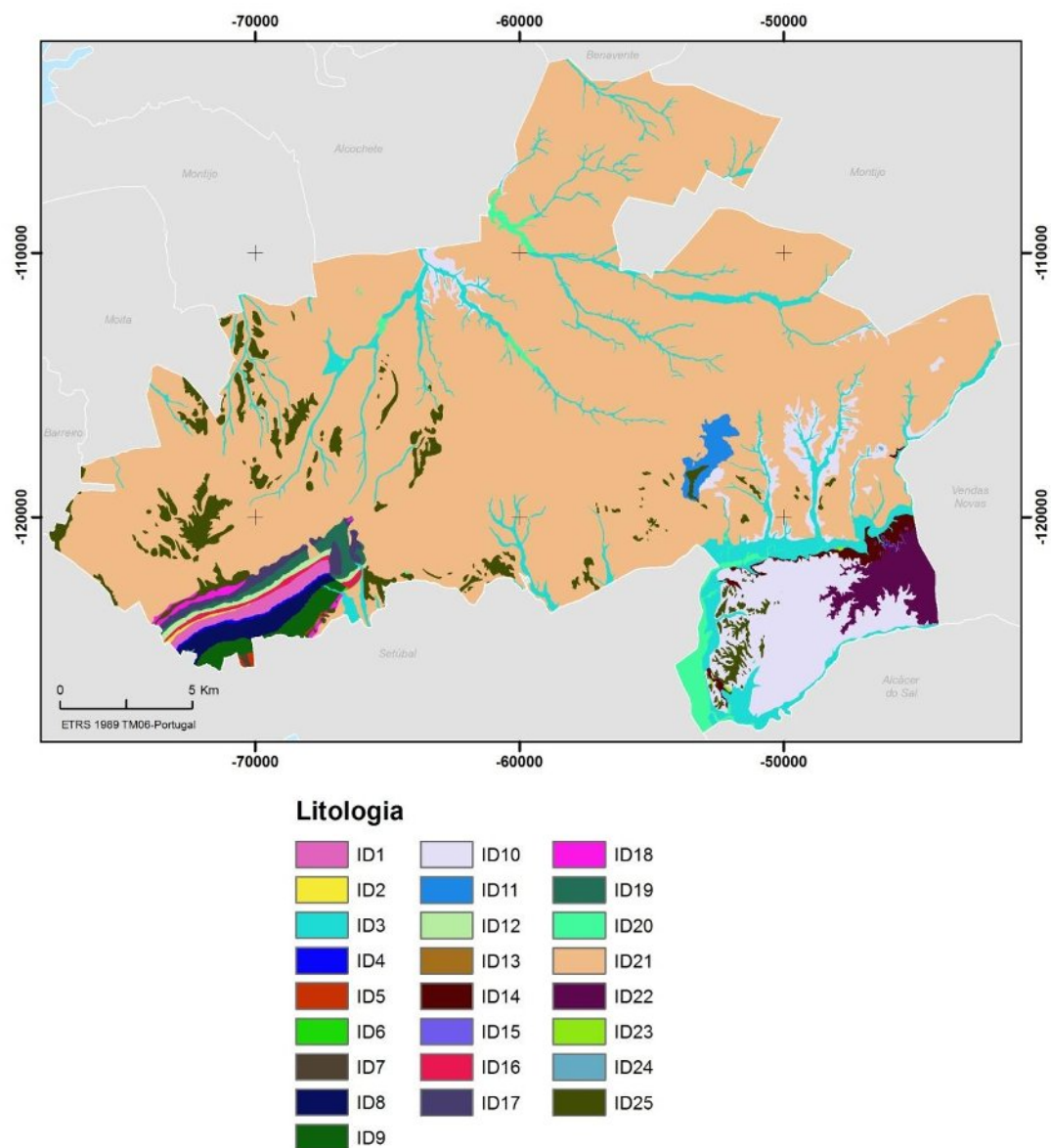


Figura 18 - Unidades litológicas no concelho de Palmela (Legenda: ver Tabela 16)

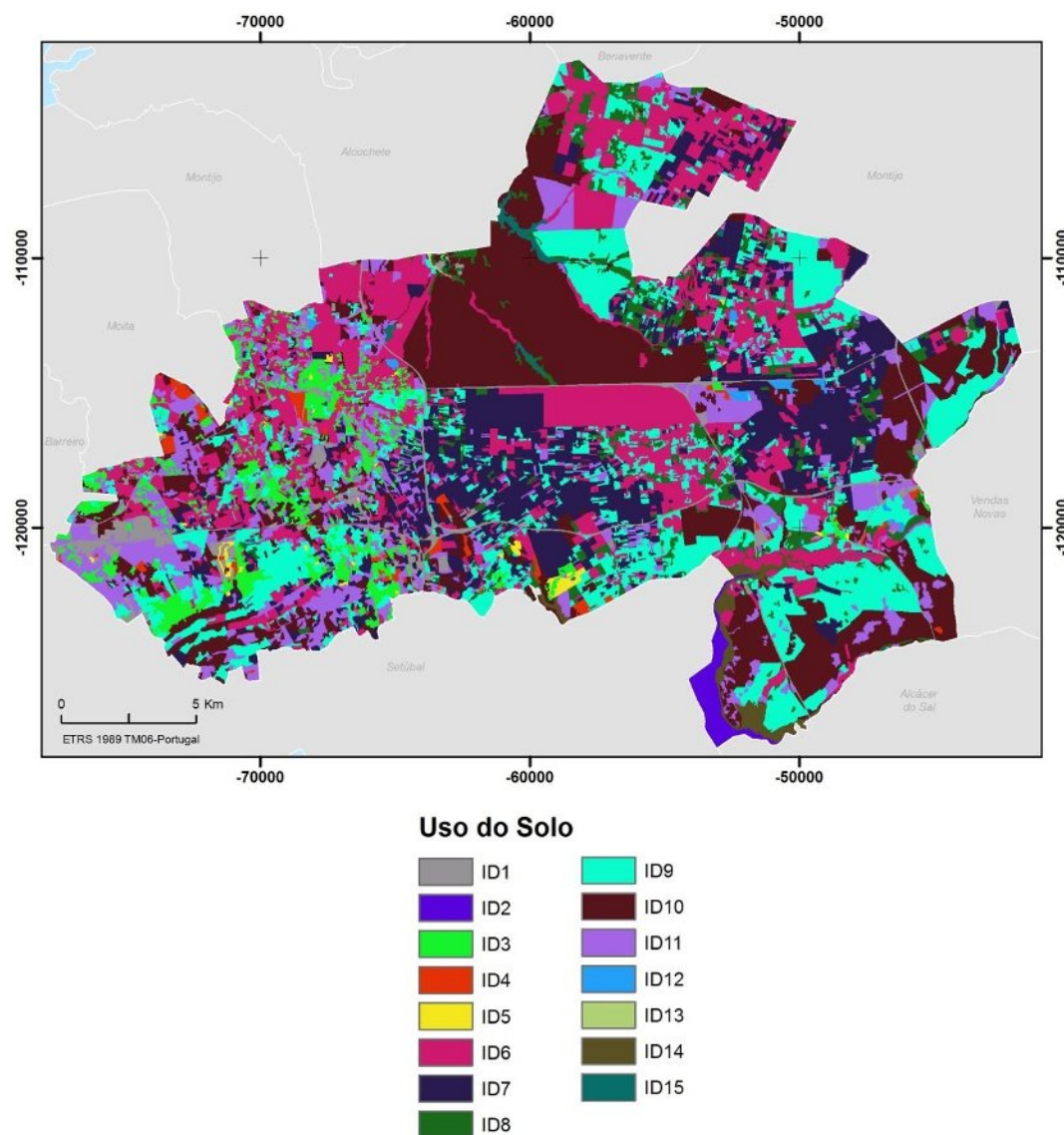


Figura 19 - Uso do solo no concelho de Palmela (Legenda: ver Tabela 16)

5.1.3. Avaliação, Zonamento e Validação das áreas sujeitas ao perigo de instabilidade de vertentes com base na aplicação do método do Valor Informativo

O modelo de avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa utilizado consistiu no Valor Informativo (Yin e Yan, 1988; Zêzere, 2002), aplicado numa base digital matricial com células de 5 metros. O Valor Informativo é um método

estatístico bivariado particularmente apto para estudar relações entre variáveis independentes (fatores condicionantes) e uma variável dependente dicotómica (movimentos de massa em vertentes).

O método do Valor Informativo tem uma base Bayesiana, sustentando-se na transformação logarítmica (log natural) da razão entre probabilidade condicionada e probabilidade *à priori*. Com este método é possível ponderar cada classe de cada fator de predisposição da instabilidade de vertentes de forma objetiva e quantificada.

O Valor Informativo (I_i) para qualquer classe X_i de uma variável independente (X) foi determinado pela seguinte equação:

$$I_i = \ln \frac{S_i}{N_i} / \frac{S}{N} \quad (2)$$

Onde:

S_i = nº de células com movimentos de massa em vertentes na variável X_i , no concelho de Palmela;

N_i = nº de células com a variável X_i no concelho de Palmela;

S = nº total de células com movimentos de massa em vertentes no concelho de Palmela;

N = nº total de células no concelho de Palmela.

Devido à normalização logarítmica, I_i não é determinável quando $S_i = 0$. Nestes casos, o valor de I_i foi assumido como o decimal inferior ao I_i mais baixo determinado para as diferentes classes da variável considerada.

O valor de suscetibilidade aos movimentos de massa em vertentes para cada célula j corresponde ao Valor Informativo total, dado pela seguinte equação:

$$I_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i \quad (3)$$

Onde:

$m = n^{\circ}$ de variáveis;

X_{ij} é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente na célula j , respetivamente.

O Método do Valor Informativo foi aplicado à totalidade dos movimentos de massa em vertentes do concelho de Palmela e os resultados obtidos estão sistematizados na **Tabela 16**. As classes com maior influência na distribuição espacial dos movimentos estão assinaladas a negrito.

O declive das vertentes é uma variável absolutamente determinante na instabilidade das vertentes. No caso do concelho de Palmela, as vertentes com declive acima dos 10° são suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa. No que respeita à exposição das vertentes, verifica-se que os movimentos de massa estão essencialmente associados às vertentes expostas a SE e S. As vertentes côncavas e convexas têm uma propensão para a instabilidade quase equivalente, enquanto que a existência de IWI superior a 0,001 favorece a ocorrência de movimentos.

As Formações litológicas mais favoráveis à ocorrência de movimentos de massa no concelho de Palmela são os seguintes: Formação de Dagorda: pelitos, calcários dolomíticos e evaporitos; Conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros; Calcários margosos de Palhavã; Areias e margas de Quinta do Anjo; Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada); Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca; e Conglomerados de Comenda.

No que respeita aos tipos de uso e ocupação do solo, os movimentos de massa em vertentes ocorrem associados principalmente à classe de Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea.

A suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes foi efetuada integrando os Valores Informativos da **Tabela 16** na equação (3).

Tabela 16 - Valores Informativos das classes das 6 variáveis consideradas para avaliar a suscetibilidade aos movimentos de massa em vertentes

ID	Classes	Valor Informativo
Tema: Declive (graus)		
1	0-5	-4.893
2	5-10	-1.508
3	10-15	2.272
4	15-20	3.480
5	20-25	3.516
6	25-30	3.753
7	30-35	4.311
8	35-40	4.990
9	>40	6.178
Tema: Exposição		
1	Plano	-3.951
2	N	-4.000
3	NE	-4.000
4	E	-2.008
5	SE	1.816
6	S	0.981
7	SW	-0.074
8	W	-2.026
9	NW	-3.656
Tema: Curvatura plana		
1	Côncavo	1.267
2	Retilíneo/Plano	-2.166
3	Convexo	1.277
Tema: Inverso do Wetness Index		
1	0	-2.851
2	0-0.0001	-5.978
3	0.0001-0.001	-2.652
4	0.001-0.01	1.065
5	0.01-0.1	2.513
6	0.1-0.52	4.177
Tema: Geologia		
1	Conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros	4.587
2	Calcários de Senhora das Necessidades	-1.600
3	Aluviões	-1.600
4	Formação de Rodizio: pelitos, arenitos e conglomerados	-1.600
5	Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada)	2.259
6	Formação de Dagorda: pelitos, calcários dolomíticos e evaporitos	5.126
7	Formação de Pedreiras: calcários	-1.600
8	Conglomerados de Comenda	1.901
9	Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca	2.495
10	Formações de Alcoentre e de Tomar indiferenciadas: areias, arenitos e argilitos	-1.600
11	Formações de Alcoentre e de Tomar indiferenciadas: intercalações calcárias	-1.600
12	Argilitos e margas de Azeitão	-1.600
13	Conglomerados de Guarda-Mor	-1.600
14	Arenitos de Marateca	-1.600
15	Arenitos de Marateca com intercalações calcárias	-1.600
16	Calcários margosos de Palhavã	4.166
17	Arenitos e calcoarenitos de Pinhal e Castelo de Palmela	0.980
18	Areias e margas de Quinta do Anjo	3.385
19	Areias da Quinta da Torre	-1.600
20	Plano de água	-1.600
21	Formação de Santa Marta: areias	-1.600
22	Formação de Ulme: areias e arenitos	-1.600
23	Depósitos de terraços fluviais	-1.600
24	Cascalheiras de génese indiferenciada	-1.600
25	Formação de Marco Furado: argilitos e conglomerados	-1.551
Tema: Uso do Solo		
1	Indústria, comércio e transportes	-4.900
2	Águas marinhas e costeiras	-4.900
3	Tecido urbano	0.291
4	Áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	-4.900
5	Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	-4.900
6	Culturas temporárias	-1.180
7	Culturas permanentes	-2.319
8	Pastagens permanentes	-4.900
9	Áreas agrícolas heterogêneas	-0.968
10	Florestas	-4.804
11	Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea	2.020
12	Zonas descobertas e com pouca vegetação	-4.900
13	Zonas húmidas interiores	-4.900
14	Zonas húmidas litorais	-4.900
15	Águas interiores	-4.900

A validação dos resultados foi efetuada através da determinação da taxa de sucesso do modelo, obtida a partir do cruzamento dos resultados da avaliação da suscetibilidade com os movimentos de massa em vertentes inventariados. Tecnicamente, a taxa de sucesso permite a determinação do ajuste do modelo preditivo da suscetibilidade aos dados que lhe deram origem. A expressão gráfica da Taxa de Sucesso obtém-se através da representação da percentagem da área de estudo, hierarquizada por ordem decrescente de instabilidade (em abcissas) e a correspondente distribuição acumulada da área instabilizada corretamente classificada (em ordenadas).

A **figura 20** representa a curva de sucesso do modelo de suscetibilidade a movimentos de massa no concelho de Palmela. As classes de suscetibilidade foram definidas a partir do traçado da curva de sucesso e da área validada correspondente. Assim, os limites das classes de suscetibilidade Muito elevada (I), Elevada (II), Moderada (III), Reduzida (IV) e Muito reduzida (V) foram definidos, respetivamente, pelos seguintes valores de área deslizada acumulada: 50%; 70%; 90%; 95%; e 100%. A **figura 21** representa o mapa de suscetibilidade e a **Tabela 17** sistematiza os resultados da distribuição espacial das classes de suscetibilidade nas freguesias do concelho de Palmela.

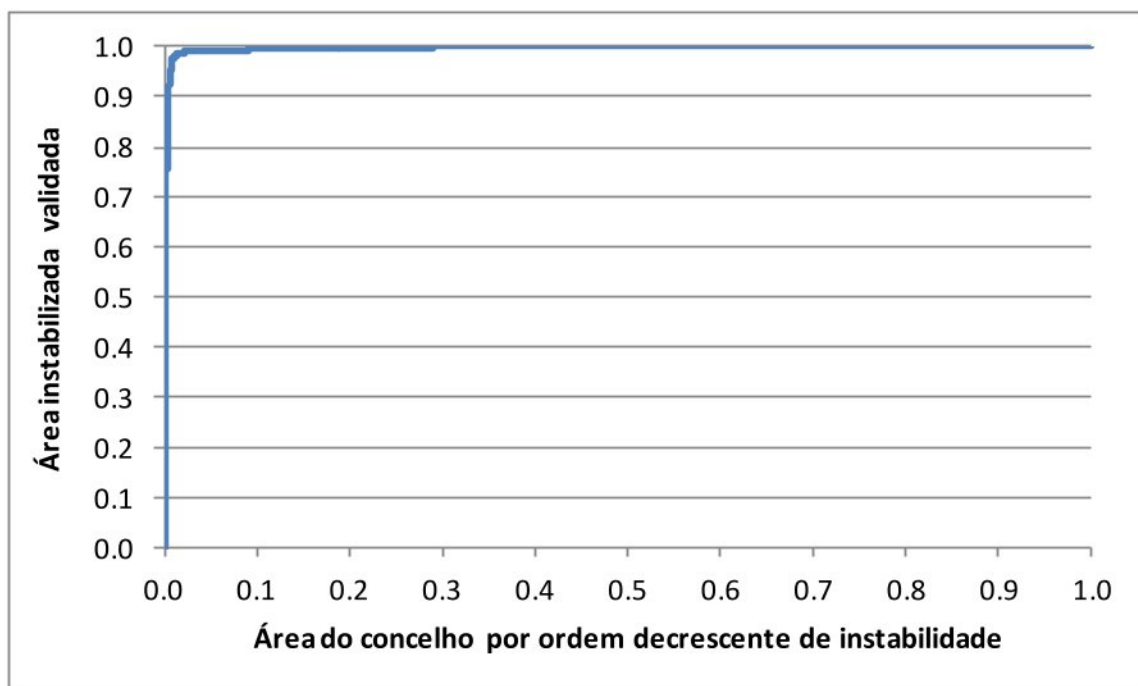


Figura 20 - Curva de Sucesso do modelo de suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes

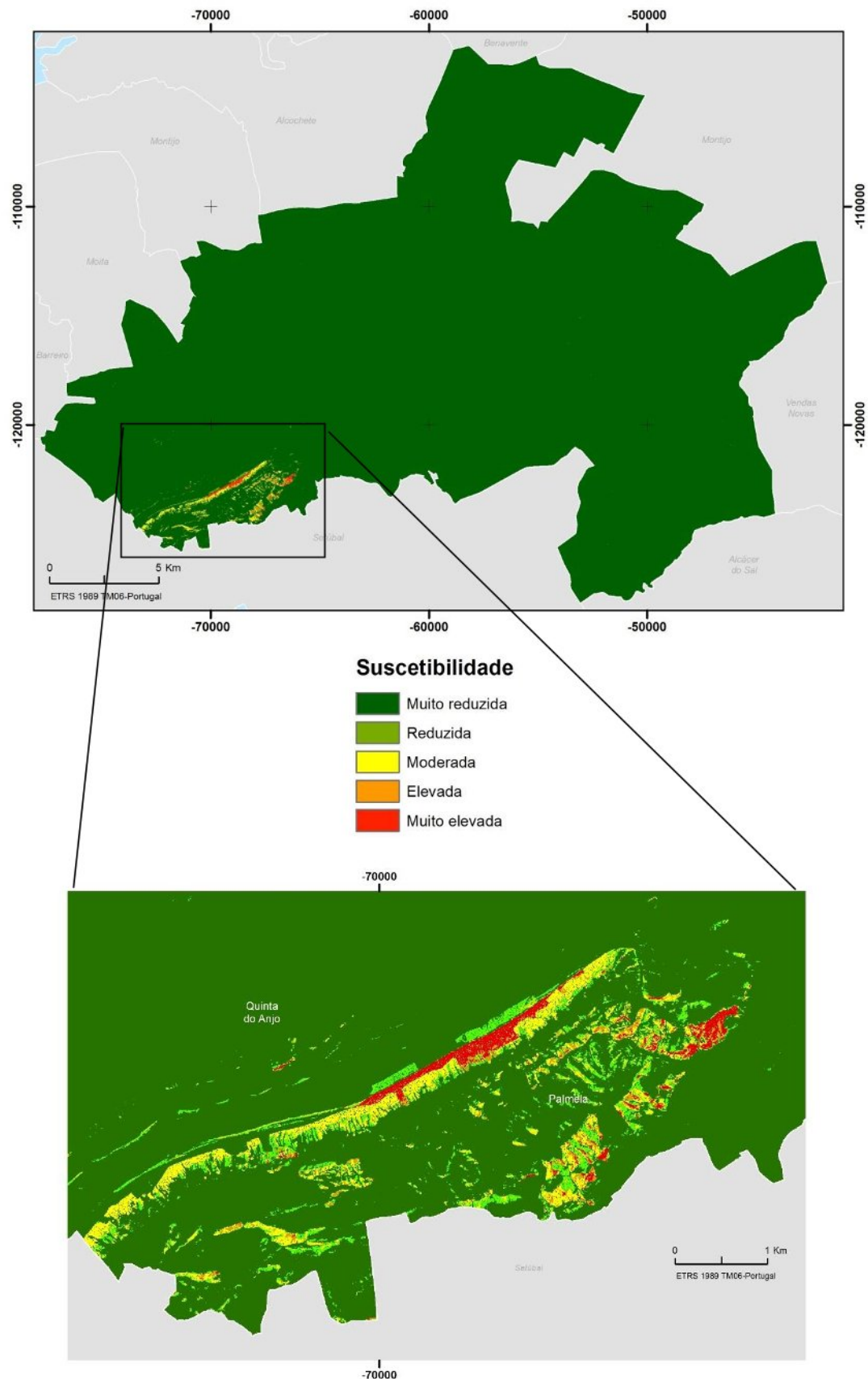


Figura 21 - Suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes

Tabela 17 - Área abrangida (%) pelas classes de suscetibilidade nas freguesias do concelho de Palmela

Freguesias	Classes de suscetibilidade				
	Muito reduzida	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito elevada
Palmela	96,2	1,3	1,6	0,3	0,6
Quinta do Anjo	99,7	0,3	0,0	0,0	0,0
Pinhal Novo	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poceirão e Marateca	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Concelho	99,3	0,3	0,3	0,1	0,1

A classe de suscetibilidade muito elevada é largamente predominante, ocupando 99,3% do território concelhio. Nas freguesias de Pinhal Novo e Poceirão e Marateca esta classe é praticamente exclusiva. Em oposição, as classes de suscetibilidade elevada e muito elevada apenas têm expressão na freguesia de Palmela, onde representam, em conjunto, 0,9% da área total.

5.1.4. Exposição ao perigo de instabilidade de vertentes

A avaliação dos elementos expostos ao perigo de instabilidade de vertentes foi feita a partir da contabilização dos edifícios e das vias implantados nas zonas de suscetibilidade elevada e muito elevada a movimentos de massa em vertentes. Na **Tabela 18** está inscrito o n.º de edifícios (ou conjuntos de edifícios) afetados por freguesia, e na **Tabelas 19** estão contabilizadas as vias.

Tabela 18 – Edifícios implantados em zonas de suscetibilidade elevada ou muito elevada a movimentos de massa em vertentes por freguesia do concelho de Palmela

Freguesias	Nº edifícios
Palmela	21
Quinta do Anjo	0
Pinhal Novo	0
Poceirão e Marateca	0
Concelho	21

Tabela 19 – Vias localizadas em zonas de suscetibilidade elevada ou muito elevada a movimentos de massa em vertentes por freguesia do concelho de Palmela

		Comprimento da via afetada (metros)
Palmela		4.243
	Rede Municipal	4.243
Quinta do Anjo		88
	Rede Municipal	88
Pinhal Novo		-
Poceirão e Marateca		-

No total do concelho, foram identificados 21 edifícios, ou conjuntos de edifícios, implantados em vertentes consideradas perigosas. Todos os casos ocorrem na freguesia de Palmela, essencialmente ao longo do vale da Barris, onde a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente é mais elevada. É também na freguesia de Palmela que se localizam os principais troços da rede viária municipal (4.243 metros) que poderão ser diretamente afetados por movimentos de massa em vertentes. Na Quinta do Anjo foi identificado apenas um pequeno troço de estrada da rede municipal em risco, numa extensão de 88 metros.

Tendo em consideração o número médio de residentes por edifício em Palmela (2,9), estima-se que a população em risco em zonas de instabilidade de vertente em Palmela pode ascender a 61 pessoas.

Não foram identificados quaisquer equipamentos de Administração, Educação, Saúde, Proteção Civil e Serviço Social nas zonas suscetíveis a instabilidade de vertentes no concelho de Palmela.

6. BIBLIOGRAFIA

Alcoforado MJ, Andrade E, Neves M, Vieira G (1993). Climas locais da Arrábida no Inverno. *Finisterra*, XXVIII (55-56): 215-228.

Alcoforado MJ, Andrade H (2006). Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. *Theoretical and Applied Climatology*, 84: 151-159.

ANPC (2009). *Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil*, Cadernos Técnicos PROCIV, nº 9, Lisboa.

Armas I (2006). Earthquake risk perception in Bucharest, Romania. *Risk Analysis*, 5 (26): 1223-1234.

Australian/New Zealand Standard (2004). *Risk Management*. AS/NZS 4360:200.

Carvalho L, Matias M, Leitão N (2010). Do risco à catástrofe, um desafio para a protecção civil o risco sísmico no município da Amadora. In *Actas do II Congresso Internacional de Riscos*, Coimbra.

Cruden DM, Varnes DJ (1996). Landslide Types and Processes. In Turner, A. K., Shuster, R. L. (eds.). *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C.

DGS (2010). *Plano de contingência para as ondas de calor, 2010*. Lisboa, Direcção Geral de Saúde.

Daveau S. et al. (1985). *Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos*. Lisboa, Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 7.

Goodchild MF, Lam N (1980). Areal interpolation: A variant of the traditional spatial problem. *Geoprocessing*, 1: 297-312.

Gruntal G (ed.) (1998). *European Macroseismic Scale 1998*. Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg.

Highland LM, Bobrowsky P (2008). *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey Circular 1325 Reston, Virginia.

International Organization for Standardization (2008). *Risk management — Principles and guidelines on implementation*. Draft International Standard ISO/DIS 31000.

International Organization for Standardization (2009). *ISO Guide 73 - Risk management — Vocabulary*.

ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2003). *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. United Nations, Geneva.

Julião RP, Nery F, Ribeiro JL, Castelo Branco M, Zêzere JL (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português.

Moniz C (2010). *Contributo para o conhecimento da falha de Pinhal Novo – Alcochete, no âmbito da neotectónica do vale inferior do Tejo*. Tese de Mestrado em Geologia – Especialização em Geologia Estrutural, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Mora C (1998). *Aspectos do clima local da Arrábida*. Lisboa, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

Peláez JA, López Casado CL (2002). Seismic Hazard Estimate at the Iberian Peninsula, *Pure and Applied Geophysics*, 159: 2699–2713.

UNDRO (1979). *Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group Meeting 9-12 July 1979*, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

Varnes DJ (1978). Slope Movement Types and Processes. In Schuster, R.L.; Krizek, R.J. (Eds.), *Landslides, Analysis and Control*, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C., p.11-33.

Varnes DJ and the International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.

Working Party on World Landslide Inventory, Unesco (1993) - *Multilingual landslide glossary*. International Geotechnical Societies, Canadian Geotechnical Society, Richmond.

WP/WLI (1993). A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47, Paris, p.53-57.

Yin KL, Yan TZ (1988). Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. In Bonnard, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 2, Balkema, Rotterdam, p. 1269–1272.

Zêzere JL (2002). Landslide susceptibility assessment considering landslide typology. A case study in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2, 1/2: 73-82.

Zêzere JL (2007). Riscos e Ordenamento do Território. *Inforgeo*, 20/21: 59-63.

Zêzere JL, Garcia RAC, Oliveira SC, Reis E (2008). Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal). *Geomorphology*, 94, 3-4: 467-495.

Zêzere JL, Reis E, Garcia R, Oliveira S, Rodrigues ML, Vieira G, Ferreira AB (2004) - Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4: 133-146.