

## **Cartografia de 150 anos de ocorrências hidrogeomorfológicas catastróficas; Portugal continental um território de inquietação**

## **Cartografía de 150 años de ocurrencias hidrogeomorfológicas catastróficas; Portugal continental un territorio de inquietación**

## **Cartography of 150 years of hydrogeomorphological catastrophic occurrences; Portugal mainland a territory of concern**

**Alexandre Oliveira Tavares<sup>1</sup>, José Leandro Barros<sup>2</sup>,  
Pedro Pinto Santos<sup>2</sup> & Susana Pereira<sup>3</sup>**

*1. Centro de Estudos Sociais e Departamento de Ciências da Terra,  
Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal  
atavares@ci.uc.pt*

*2. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra,  
Coimbra, Portugal  
joseleandrobarros@gmail.com, pedrosantos@ces.uc.pt*

*3. Centro de Estudos Geográficos e Instituto de Geografia e Ordenamento do Território,  
Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal  
susana-pereira@campus.ul.pt*

**PALAVRAS CHAVE: Movimentos de Massa em vertentes, Cheias e inundações, Base de dados DISASTER, Ocorrências, Perdas humanas, Portugal Continental**

**PALABRAS CLAVE: Movimientos de Masa en vertientes, inundaciones, Base de datos DISASTER, Ocurrencias, Pérdidas humanas, Portugal Continental**

**KEY WORDS: Landslides, Floods, DISASTER database, Occurrences, Human losses, Portugal Mainland**

### RESUMO

A partir da recolha hemerográfica, em jornais de circulação nacional e regional, no período entre 1865 e 2015 em Portugal continental, foi construída uma base de dados - DISASTER - com os locais geograficamente identificáveis, afetados por cheias, inundações ou por movimentos de massa em vertentes, aos quais se associam perdas humanas (mortos, feridos, desaparecidos ou desalojados), independentemente do seu número. Os resultados mostram a evolução decenal das ocorrências, a distribuição por bacia hidrográfica e por unidades morfo-estruturais. Transparece uma distribuição global de ocorrências por todo o território continental português, com concentração de ocorrências e de impactos humanos em margens dos rios Douro e seus afluentes, no Médio e Baixo Tejo, no Baixo Mondego e Águeda, os quais são marcados predominantemente por processos de cheias progressivas ou rápidas. Verifica-se igualmente a concentração de pontos em espaços com uso e ocupação urbana intensa, como são Lisboa e o Porto e os seus municípios adjacentes, assim como a região de Coimbra ou o Algarve, em que as cheias e os processos de instabilidade de vertentes originam impactos humanos. Os episódios hidro-geomorfológicos constituem,

assim, processos naturais a que se associam perdas humanas com mortos e feridos, ou um elevado número de evacuados e desalojados, traduzindo um território de inquietação para a população e para os gestores do risco.

#### RESUMEN

A partir de la recopilación hemerográfica, en periódicos de circulación nacional y regional, en el período comprendido entre 1865 y 2015 en Portugal continental, se construyó una base de datos - DISASTER - con los lugares geográficamente identificables afectados por riadas, inundaciones o movimientos en masa de laderas, a los que se asocian pérdidas humanas (muertos, heridos, desaparecidos o desalojados), independientemente de su número. Los resultados muestran la evolución por décadas de las catástrofes, la distribución por cuenca hidrográfica y por unidades morfo-estructurales. Revelan una distribución global de eventos por todo el territorio continental portugués, con concentración de acontecimientos con pérdidas humanas en las márgenes de los ríos Duero y sus afluentes, en el Medio y Bajo Tajo, el Bajo Mondego y el Águeda, los cuales son afectados principalmente por procesos de riadas progresivas o rápidas. Se verifica igualmente la concentración de puntos en espacios con uso y ocupación urbana intensa, como son Lisboa y Oporto y sus municipios adyacentes, así como la región de Coímbra o el Algarve, en los que las riadas y los procesos de inestabilidad de laderas provocan daños humanos. Los episodios hidro-geomorfológicos constituyen, así, procesos naturales a los que se asocian pérdidas humanas con muertos, heridos, o un elevado número de evacuados y desalojados, revelando un territorio de inquietud para la población y para los gestores de riesgos.

#### ABSTRACT

From hemerographic collection in national and regional newspapers, in the period between 1865 and 2015 in mainland Portugal, a database was built - DISASTER - with geographically identifiable sites, affected by floods or landslides, which are associated with human losses (casualties, injuries, missing, evacuated or homeless people), regardless of their number. The results show the decennial evolution of the occurrences, the distribution by hydrographic basin and by morpho-structural units. There is a global distribution of occurrences across the Portuguese mainland, with concentrations of occurrences and human impacts on the banks of the Douro river and its tributaries, in the middle and lower Tagus, in the lower Mondego and Águeda, which are dominantly marked by progressive or flash flooding processes. It is also verified the concentration of occurrences in spaces with intense use and urban occupation, such Lisbon and Porto and its adjacent municipalities, as well as the region of Coimbra or the Algarve, where flooding and the slope instability cause human impacts. The hydrogeomorphological episodes are thus natural processes associated with human losses with the casualties and injuries, or a high number of evacuated and homeless people, translating a territory of concern for the population and risk managers.

## 1. INTRODUÇÃO

Os eventos de origem hidrogeomorfológica são uma das maiores preocupações em diferentes regiões do mundo, nomeadamente associados às perdas humanas, danos sociais e económicos (UNISDR, 2015a) e têm vindo a ser apresentados como um dos vetores das políticas públicas de gestão do risco (USGS, 2007; JOSHI *et al.*, 2010). Os processos hidrogeomorfológicos constituem, assim, processos naturais de natureza hidrológica ou geomorfológica que podem gerar consequências adversas como perda de vida ou lesões, danos à propriedade, interrupção económica ou degradação das condições ambientais (ZÉZERE *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2015).

De acordo com JULIÃO *et al.* (2009) as inundações são um processo hidrológico extremo, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que consiste na submersão de terrenos usualmente emersos. As inundações englobam as cheias que correspondem ao transbordo de um curso de água relativamente ao seu leito ordinário, em que as condições de escoamento das bacias condicionam o tempo

de resposta, podendo gerar cheias rápidas ou progressivas. As cheias e inundações podem derivar de precipitações abundantes ao longo de vários dias ou semanas e que traduzem situações sinóticas descritivas de superfícies frontais ligadas a depressões subpolares e a precipitações intensas, de tipo convectivo, durante horas ou minutos (RAMOS & REIS, 2001), com sobrecarga dos sistemas de drenagem naturais e artificiais (BELMONTE, 2002).

Por sua vez, os movimentos de massa podem ser descritos como movimentos de descida, numa vertente ou talude, de uma massa de rocha ou solo, em que o centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior (JULIÃO *et al.*, 2009). A morfologia, atividade e tipo de movimento podem ser muito distintos, sendo a severidade do processo e respetivos impactos determinados, sobretudo, pela velocidade do movimento e pelo volume de material deslocado (FELL *et al.*, 2008).

Na Europa, as cheias, inundações e movimentos de massa em vertentes são uma preocupação crescente nas políticas de ordenamento do território, de prevenção e redução do risco, nos sistemas de aviso e alerta e da emergência, bem como nas medidas de adaptação às alterações climáticas (ECDGE, 2008; EEA, 2010). Em Portugal, a gestão do risco de cheia e inundação, para além dos pressupostos presentes nos Planos de Bacia Hidrográfica, expressos no Decreto-Lei n.º 130/2012 sobre a gestão dos recursos hídricos, é actualmente centrada na transposição da diretiva comunitária 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, através do Decreto-Lei n.º 115/2010 que aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as suas consequências prejudiciais. No âmbito do regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), definido no Decreto-Lei n.º 166/2008 (alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 239/2012), consagram-se as áreas de prevenção de riscos naturais, nomeadamente definindo as condicionantes que envolvem as zonas ameaçadas pelas cheias, quando não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos e as áreas de instabilidade de vertentes.

Atualmente procura-se conhecer a probabilidade de ocorrência de processos com consequências danosas e definir o nível de perda potencial aceitável (UNISDR, 2015a; SWISS RE, 2016), assistindo-se a uma perspetiva de resposta aos perigos em que se sublinham as formas de lidar com as consequências e as incertezas do risco (AVEN, 2012). De acordo com as prioridades do Quadro de Referência de Sendai (UNISDR, 2015b) pretende-se compreender os processos de risco de desastres, associando o fortalecimento das formas de gestão e de redução dos impactos humanos e materiais.

Os objetivos principais deste trabalho são os seguintes:

- 1 - Cartografar, em Portugal Continental, as ocorrências hidrogeomorfológicas, no período entre 1865 e 2015 com impactos sociais, em termos humanos.
- 2 - Analisar a distribuição temporal e espacial das ocorrências de cheias e inundações e de movimentos de massa em vertentes por décadas;
- 3 - Avaliar as principais perdas humanas e a distribuição territorial das mesmas;
- 4 - Identificar os principais eventos DISASTER com consequências humanas.

## 2. METODOLOGIA

O estudo dos desastres naturais de origem hidrogeomorfológica em Portugal continental no período 1865-2015 foi baseado na base de dados DISASTER. Esta base de dados foi produzida no Projeto Disaster - Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência (PTDC/CS-GEO/103231/2008), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) para o período de

1865-2010, a qual foi posteriormente atualizada até ao ano de 2015, com base na mesma metodologia, no âmbito do projeto FORLAND - Riscos hidro-geomorfológicos em Portugal: forçadores e aplicações ao ordenamento do território, igualmente financiado pela FCT (PTDC/ATP-GEO/1660/2014). A base de dados DISASTER baseou-se na consulta de registos da imprensa escrita suportados por 17 jornais, de circulação nacional ou regional caracterizados previamente por ZÊZERE *et al.*, 2014. A partir dos registos materiais consultados foi reunido um conjunto de elementos descritivos dos processos físicos de cheia e inundação e de movimentos de massa em vertentes, a que se adicionou uma valorização das perdas e danos associados. Considerou-se como tipologia dos processos de origem hidrogeomorfológica de cheias e de inundações ou de processos hidrológicos extremos, os processos de origem natural ou induzida pela ação humana, que causaram a submersão de terrenos usualmente emersos. Foram igualmente incluídas as descrições de cheias rápidas e progressivas e as inundações urbanas. Para os processos de instabilidade em vertentes e taludes foram considerados diferentes tipologias de movimentos, como os desabamentos, tombamentos, deslizamentos, expansões laterais e fluxos.

A recolha recorreu a fontes hemerográficas publicadas com carácter diário, semanal ou mensal, entre 1865 e 2015. Para a sistematização foi elaborada uma base de dados, ulteriormente exportada para ficheiro Excel (Microsoft Office), que continha campos de análise relativamente a: (1) data e local da ocorrência e do evento; (2) fonte de informação e características da notícia; (3) perdas e danos associados, diretos e indiretos. Na estruturação da base de dados, de acordo com a metodologia descrita por ZÊZERE *et al.* (2014), considerou-se como ocorrência o local geograficamente identificável afetado por acontecimento de origem hidrogeomorfológica para o qual estão reportadas perdas e danos resultantes dos processos de cheia, inundação e/ou movimentos de massa em vertentes. Um evento é definido como um conjunto de ocorrências que partilham o mesmo fator desencadeante, podendo ter uma extensão espacial generalizada com uma certa magnitude.

Os dados extraídos das notícias foram tratados estatisticamente e completados, sempre que possível ou existiam materiais de informação complementares. A georreferenciação das ocorrências foi realizada em Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS 10.3©), cujo tratamento e análise de resultados permitiram a visualização dos mesmos e a criação de outputs cartográficos. A localização de cada uma das ocorrências é metodologicamente influenciada pela qualidade de descrição da notícia à qual diz respeito. A georreferenciação de cada ocorrência foi realizada, de acordo com ZÊZERE *et al.*, 2014, seguindo procedimentos seguintes como: a) localização com coordenadas exatas (escala de 1:1.000); b) localização baseada na toponímia (escala de 1:10.000); c) localização baseada na geomorfologia local (escala de 1:25.000); d) localização no centróide da freguesia; e) localização no centróide do concelho.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Distribuição temporal das ocorrências

A base de dados DISASTER inclui 1969 ocorrências hidrogeomorfológicas registadas entre 1865 e 2015. Este valor total de ocorrências inclui 85% de ocorrências associadas a cheias e inundações (1677) e o restante a movimentos de massa em vertentes (292). Na Figura 1 aparecem páginas de três notícias que serviram à construção da base de dados. A notícia a) faz parte da edição do *Diário de Coimbra* de 03/02/2001 ilustrando os processos de inundação e de colapso hidráulico no Baixo Mondego ocorridos no inverno 2000/2001; em b) o jornal a *Região de Leiria* de 27/10/2006 noticia o impacto das cheias rápidas em Pombal; em c) o relato do *Diário*



Figura 1. Notícias em três jornais (dois de cobertura regional e um nacional) sobre ocorrências de cheias, inundações e movimentos de massa, com impactos em Portugal Continental.

superiores a duas centenas anuais. As cheias e inundações têm uma importância decisiva e regista-se o aumento sucessivo das ocorrências de movimentos de massa que provocaram impactos. Os valores apresentados para a década de 1961-1970, traduzem igualmente o episódio extremo de cheias rápidas ocorridas na região de Lisboa, a 25 de novembro de 1967, que provocaram 522 mortos e um número de desalojados e evacuados de 1189. De acordo com ZÊZERE *et al.* (2014) corresponde a um evento extremo com um índice de mortalidade elevado, acima da média nacional, que determina um índice de mortalidade, onde, segundo TRIGO *et al.* (2016), a maioria das pessoas que morreram ou que foram severamente afetadas pela inundação viviam em contexto socioeconómico degradado de génese urbana ilegal. A evolução do número de ocorrências neste período reflete, quer a evolução da ocupação do território, com a progressiva litoralização e urbanização, mas igualmente uma maior cobertura jornalística das ocorrências e valorização dos impactos associados.

O período seguinte 1971-2015 mostra alguma estabilização no número de ocorrências, com uma quebra muito acentuada dos registos associados a cheias e inundações relativamente ao período precedente. Esta evolução reflete a importância da infraestruturização em obras hidráulicas, como barragens, canais de escoamento regularizados e outras obras de contenção, que passaram a permitir a laminação de caudais e o escoamento de forma controlada, reduzindo os impactos. Reflete igualmente o aparecimento preventivo de instrumentos de ordenamento do território, sob a forma de Planos Diretores e de Planos de Bacia Hidrográfica, ou de regimes es-

*de Notícias* de 29/12/2000 refere e o movimento de massa ocorrido na cidade de Coimbra e os impactos resultantes.

A Figura 2 representa a distribuição das ocorrências de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes por década.

Pela análise desta figura podem ser identificados 3 períodos. O primeiro período inicia-se no ano de 1865 e vai até 1930 e caracteriza-se por um reduzido número de ocorrências (18.8% do total de ocorrências). Neste período sobressai a década 1901-1910 que é marcada pelo evento ocorrido entre os dias 20 e 28 de dezembro de 1909 que representam 63% do total de ocorrências na década 1901-1910.

Ao período entre 1931 e 1970 corresponde um crescimento do número de ocorrências relativamente ao período anterior, sendo





Figura 2. Evolução decenal do número de ocorrências associadas a cheias e inundações e a movimentos de massa em Portugal Continental.

pecíficos de salvaguarda como o Domínio Público Hídrico e a Reserva Ecológica Nacional.

Os resultados obtidos para os movimentos de massa refletem dois períodos de infraestruturização do território e de crescimento urbano, com grandes alterações de uso e ocupação do solo e de desenvolvimento viário: 1950-1975 e 1990-2010.

### 3.2. Distribuição espacial das ocorrências

Na Figura 3 aparecem representadas a ocorrência de cheias e inundações para o período em análise, em que se observa uma distribuição generalizada ao contexto de Portugal Continental. Uma análise de detalhe salienta a concentração de ocorrências nas margens do Médio e do Baixo Tejo, ao longo do vale do rio Douro, a jusante do Peso da Régua, no Baixo Mondego e nas suas digitações, assim como no vale do rio Zêzere. Tratam-se de ocorrências associadas genericamente a cheias progressivas. A observação faz ainda salientar pela concentração de pontos determinados contextos urbanos, como as cidades de Lisboa e Porto, e os respetivos municípios circundantes, as cidades de Coimbra e de Águeda, a cidade de Braga, bem como diferentes aglomerados urbanos no Algarve. Há nestes contextos a influência de precipitações associadas a superfícies frontais, com a subida rápida de caudais, ou de superfícies convectivas com precipitações concentradas que originam cheias rápidas.

Salienta-se a expressão das ocorrências no interior do país (Beiras, Alentejo e Trás os Montes) no período 1931-1960, assim como a concentração de episódios nas décadas de 1961-1980 na região de Lisboa e nos vales dos rios Ave e Águeda. A região de Coimbra e o Porto e concelhos limítrofes apresentam uma elevada concentração de ocorrências na década 2001-2010.

A distribuição faz ainda realçar o conjunto de ocorrências no Algarve, associadas maioritariamente a precipitações de origem convectiva, determinando cheias rápidas em troços fluviais encaixados a montante e a contexto urbano (RAMOS & REIS,

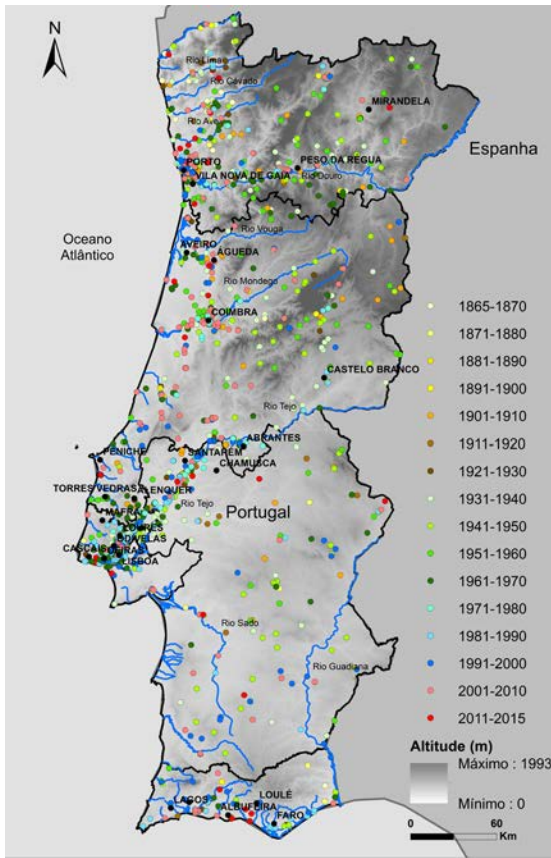


Figura 3. Ocorrências de cheias e inundações DISASTER para o período 1865-2015.

2010.

Na Figura 5 está representada a distribuição de ocorrências hidrogeomorfológicas pelas grandes unidades morfo-estruturais de Portugal continental: Maciço Antigo, Orla Ocidental, Orla Meridional e Bacia do Tejo-Sado.

A análise dos resultados faz salientar a importância das cheias e inundações na Orla Ocidental e na Bacia Terciária do Tejo e do Sado, que equivalem a cerca de 50% do total de ocorrências. O Maciço Antigo, a norte do rio Tejo, e a Orla Meridional são caracterizados por apresentarem uma distribuição espacial mais dispersa espacialmente das ocorrências de cheias e inundações e de movimentos de instabilidade em vertentes.

A Figura 6 mostra a distribuição de ocorrências hidrogeomorfológicas por bacias hidrográficas, onde se salienta o elevado número de ocorrências nas bacias dos rios Tejo e Douro, que concentram muitos registos, quer de cheias e inundações, quer de movimentos de massa, quer nas margens dos vales principais quer nas áreas metropolitanas com elevada urbanização. A bacia do rio Mondego expressa quer a importância das cheias e inundações a jusante, como dos movimentos de massa a montante e no sector intermédio. As bacias dos rios Lima, Cávado e Ave apresentam cheias e inundações em todos os sectores, bem como movimentos de massa nos relevos de montante com elevados valores médios de precipitação anual.

2002; FRAGOSO, 2003), sendo exemplos as ocorrências recentes de 1989, 1995, 1997, 2004, 2006, 2012 e 2016.

Na Figura 4 representa a distribuição dos movimentos de massa para o período de 1865-2015. As ocorrências registam uma concentração no vale do rio Douro e nas suas sub-bacias dos rios Tua, Tâmega e Paiva, bem como na cidade do Porto. Na região de Lisboa, os movimentos de instabilidades estão presentes nomeadamente a norte da cidade. Na transição do Maciço Marginal de Coimbra para os terrenos da Bacia Lusitânica, nos relevos de montante nas bacias dos rios Lima, Cávado e Ave e na Serra da Estrela estão igualmente reconhecidos grupos de ocorrências. Observa-se ainda uma representação de ocorrência nas arribas da orla costeira, em especial no Algarve, em Peniche e em Mafra.

A distribuição espacial faz ressaltar a concentração dos movimentos de instabilidade na região de Lisboa, no período entre 1951 e 1980. O vale do rio Douro evidencia uma concentração de ocorrências na década 2001-

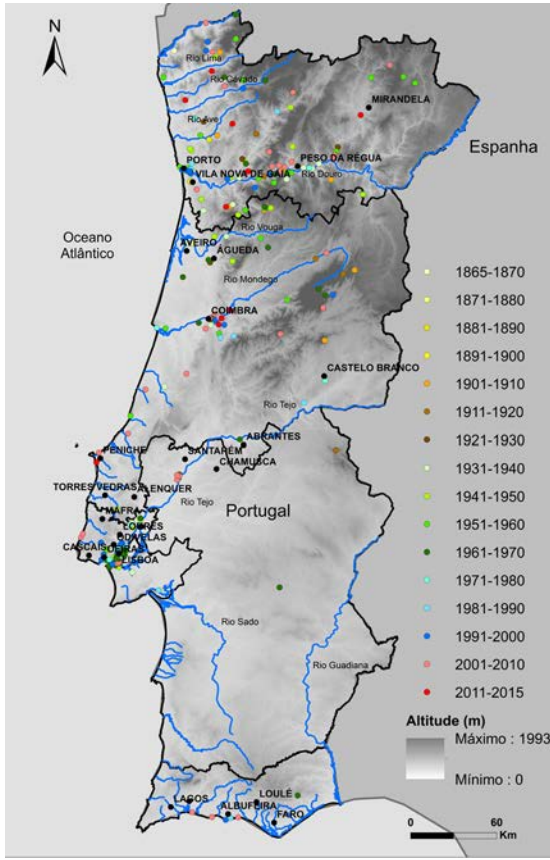


Figura 4. Ocorrências de movimentos de massa em vertentes DISASTER para o período 1865-2015.

Estes resultados mostram uma relação entre a distribuição das ocorrências com fatores morfo-estruturais, climáticos e hidrográficos, assim como com as condições e dinâmica de ocupação do território, na relação com a ocupação das margens dos principais rios, com a urbanização e antropização dos canais de escoamento, com a escavação, redefinição morfológica e alteração do coberto vegetal das vertentes. Estas mesmas relações de fatores determinantes para a existência de ocorrências com danos e perdas tem sido evidenciada em trabalhos como SANTOS *et al.* (2014) e ZÉZERE *et al.* (2014).

### 3.3. Avaliação dos impactos

Passaremos seguidamente a avaliar os impactos associados às ocorrências hidrogeomorfológicas. São exemplos destes impactos as notícias relatando quer perdas humanas quer danos materiais, seguintes:

“Em poucas horas, centenas de lares foram desfeitos, alguns centos de vidas se perderam, aldeias e lugares desapareceram do mapa, foram danificadas casas e propriedades, arrastados por cor-

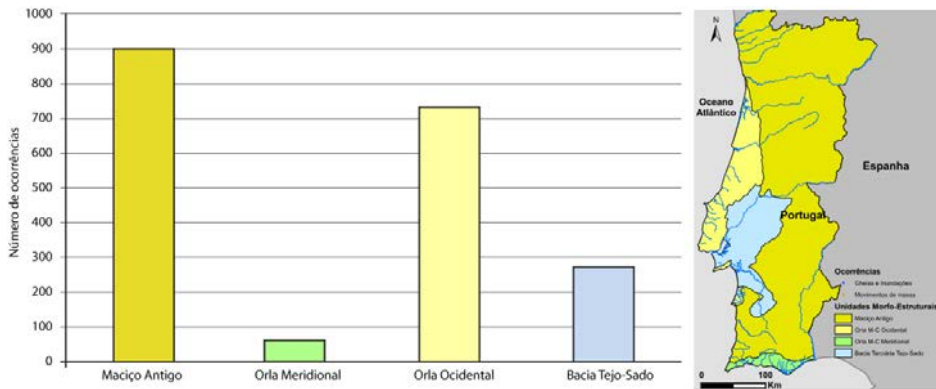


Figura 5. Número de ocorrências hidrogeomorfológicas por unidades morfo-estruturais.



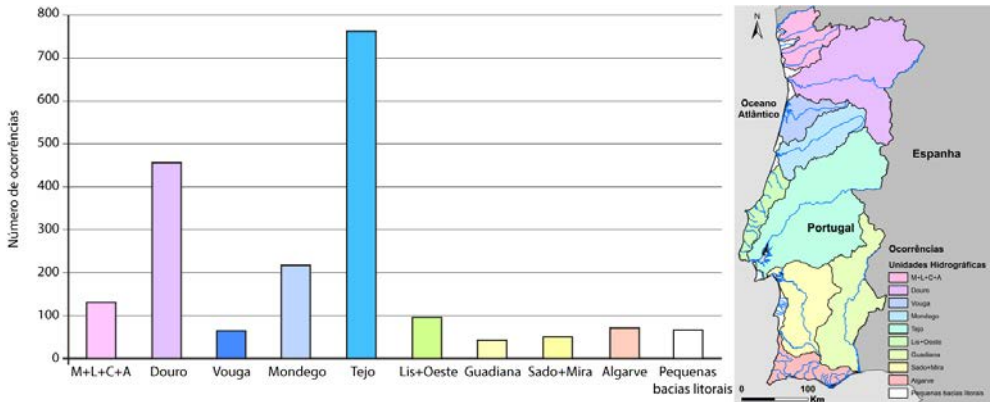


Figura 6. Número de ocorrências hidrogeomorfológicas por bacia hidrográfica.

rentes impiedosas ou danificados pela lama, valores, alguns insubstituíveis nas vidas modestas dos que os perderam, numa torrente de desgraça que é dolorosa de recordar” in *Diário de Coimbra* de dia 27/11/1967, na capa.

“Vidas humanas perdidas, casas destruídas, automóveis enterrados em lodaçais ou boiando à deriva no interior de garagens ou em enormes charcos, contentores de lixo vagabundeando por ruas e caminhos, telhas e outros destroços à tona...” in *Jornal de Notícias* de dia 20/11/1983, página 3.

“O excesso de águas é apontado como tendo estado na origem da avalanche de terras que atingiu o prédio da avenida Elísio de Moura, em Coimbra. Entretanto as 40 famílias que ali habitavam deixaram o edifício”... “A colina por detrás daquele lote habitacional, situado numa das zonas nobres da cidade, deslizou cerca de 30 metros, pouco depois das nove da noite, colocando também em risco mais quatro habitações na contígua Rua António Jardim” in *Diário de Notícias* de 29/1/2000, página 3.

As três descrições, meramente exemplificativas, realçam as perdas humanas ou a alteração das condições de vida. Existe igualmente um enfoque nas perdas materiais, nomeadamente quando não existem perdas humanas, sendo relativamente exíguas as descrições de perdas intangíveis, de que a primeira notícia dá nota. Os elementos caracterizadores da severidade dos processos são frequentemente substituídos por descrições do ambiente de destruição ocorrido ou pelas atividades que os agentes do socorro desempenham.

A Tabela I sintetiza os principais danos humanos por tipo de ocorrência. O número de mortos ultrapassa um milhar e o somatório dos evacuados e desalojados ultrapassa 57000 pessoas, com uma média de cerca de 28 afetados por ocorrência.

Por sua vez, a Tabela II reflete a percentagem das pessoas afetadas por região hidrográfica, diferenciando as cheias e inundações dos processos de instabilidade associadas a movimentos de massa em vertentes. Os resultados refletem a importância na bacia do rio Tejo no número de mortos, evacuados e desalojados associados a processos de cheia e inundações. A região hidrográfica do rio Douro e seus afluentes apresenta um número elevado de desalojados, muito associado aos impactos das cheias progressivas nas zonas ribeirinhas de Pesa da Régua, Porto e Vila Nova de Gaia. Na região hidrográfica dos rios Mondego, Vouga e Lis sobressai a percentagem de desaparecidos, nomeadamente nos troços a montante, associados a cheias rápidas.

Relativamente aos movimentos de massa salienta-se que as ocorrências na região hidrográfica do rio Douro e afluentes concentram um número elevado de mortos e feridos, à semelhança do verificado para as bacias dos rios Mondego, Vouga e Lis.

Tabela I. Número de danos humanos associados a cheias/ inundações e movimentos de massa DISASTER para o período 1865-2015.

	Nº de ocorrências	Nº de mortos	Nº de feridos	Nº de evacuados	Nº de desalojados	Nº de desaparecidos
Cheias e inundações	1677	1018	479	14088	40687	130
Movimentos de massa	292	237	434	823	1620	5
Total	1969	1255	913	14911	42307	135

Tabela II. Danos humanos em percentagem associados a cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes por região hidrográfica.

	Região Hidrográfica	% ocorrências	% mortos	% feridos	% evacuados	% desalojados	% desaparecidos
Cheias e Inundações	RH1- Minho e Lima	2.4	1.8	0.3	1.0	0.0	3.7
	RH2- Cavado, Ave e Leça	5.5	2.3	1.8	3.7	0.7	8.9
	RH3- Douro	18.8	7.5	4.5	10.0	34.5	14.1
	RH4- Vouga, Mondego, Lis e Rib. do Oeste	16.0	6.6	1.9	13.1	2.7	42.2
	RH5- Tejo	34.0	55.2	39.6	56.9	56.2	25.9
	RH6- Sado e Mira	2.7	2.4	2.7	1.7	0.6	0.0
	RH7- Guadiana	2.2	3.1	0.7	1.4	0.4	0.7
	RH8- Ribeiras do Algarve	3.4	1.6	1.0	6.6	1.1	0.7
Cheias e Inundações Total		85.0	81.1	52.5	94.5	96.2	96.3
Movimentos de massa	RH1- Minho e Lima	0.6	0.7	1.1	0.1	0.1	0.0
	RH2- Cavado, Ave e Leça	0.8	0.6	2.8	0.2	0.1	0.7
	RH3- Douro	4.8	9.4	17.2	0.7	1.2	2.2
	RH4- Vouga, Mondego, Lis e Rib. do Oeste	2.3	2.9	8.7	1.0	0.1	0.0
	RH5- Tejo	6.0	4.9	16.9	3.4	2.2	0.7
	RH6- Sado e Mira	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	RH7- Guadiana	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	RH8- Ribeiras do Algarve	0.3	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0
Movimentos de massa Total		15.0	18.9	47.5	5.5	3.8	3.7

A região hidrográfica do rio Tejo apresenta uma relação elevada entre o número de feridos e de ocorrências, a larga maioria registados nos concelhos a norte e limítrofes de Lisboa.

Em termos genéricos salienta-se que as cheias e inundações são responsáveis pela larga maioria dos evacuados, desalojados e desaparecidos, em oposição à representação dos feridos associados aos impactos decorrentes dos movimentos de massa em vertentes.

Na Figura 7 é possível observar a relação espacial de classes de número de ocorrências, por município, com classes referentes ao número de mortos e feridos. Foram desde logo considerados os municípios que não apresentam qualquer ocorrência (N=45), a que se seguiu uma classificação baseada em agrupamentos naturais, que permitiu definir uma classe de municípios com um número de mortos reduzido (0 a 2), independentemente do número de ocorrências (N=180) e classes de municípios com progressivamente maior número de mortos, independentemente do número de ocorrências, respetivamente

com as frequências N=63, N=15, N=15 e N=5.

Da análise da Figura 7 verifica-se que a larga maioria dos municípios apresenta um número de ocorrências de cheias, inundações e movimentos de massa inferior a 20. Verifica-se igualmente que não existe uma relação direta entre o número de ocorrências e os danos (ex: os municípios de Mirandela, Abrantes, Castelo Branco, Torres Vedras, Cascais, ou Silves tem um elevado número de ocorrências com limitadas perdas humanas). Em sentido contrário aparecem municípios com elevado número de mortos e feridos, relativamente ao número de ocorrências reportadas (ex: Barcelos, Cabeceiras de Basto, Guarda, Arruda dos Vinhos, Ourique ou Castro Marim).

Destacam-se contudo, pela relação direta entre o número de ocorrências e o número elevado de mortos e feridos os municípios do Porto, Vila Nova de Gaia, Coimbra, Vila Franca de Xira, Lisboa, Oeiras, Odivelas e Loures. No contexto nacional, todos estes municípios apresentam uma elevada taxa de urbanização, o que parece associar o número de perdas humanas a determinados contextos de uso e ocupação do solo.

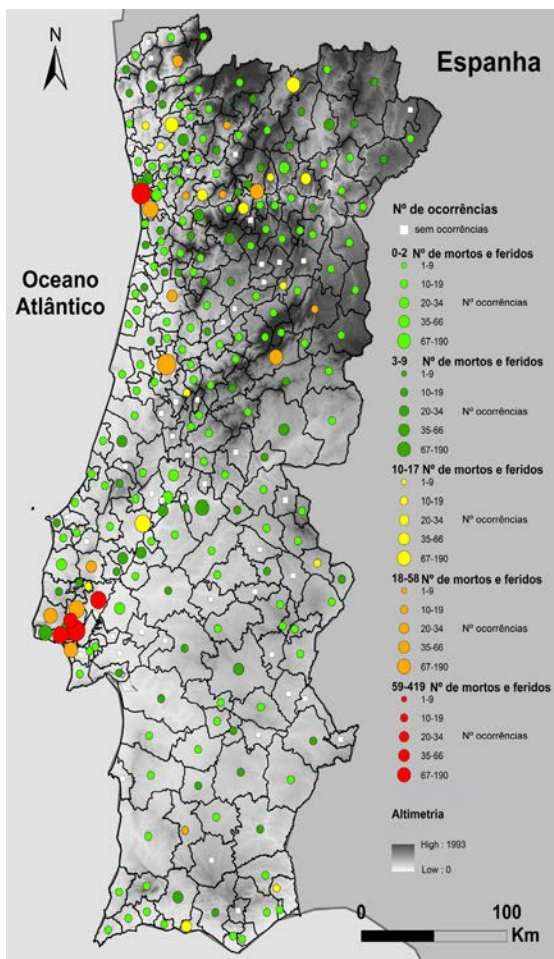


Figura 7. Relação entre classes de número de ocorrências de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes DISASTER por classes de número de mortos e feridos.

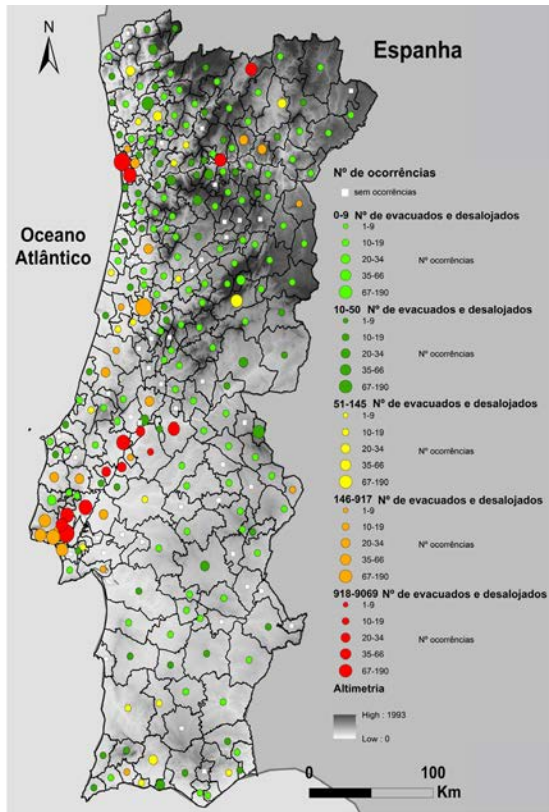


Figura 8. Relação entre classes de número de ocorrências de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes DISASTER com classes de número de evacuados e desalojados.

pidas, que apresentam um reduzido número de ocorrências a que correspondem um moderado a elevado número de evacuados e desalojados, como no Baixo Alentejo, Algarve e nas regiões de Coimbra e Oeste. Na Tabela III transparecem os municípios que apresentam maior número de ocorrências, de mortos e desaparecidos, de feridos e de evacuados/desalojados. Enquanto que o número de ocorrências realça os municípios com elevado uso e ocupação urbana do solo, o número de mortos e desaparecidos faz salientar o episódio de cheias rápidas no ano de 1967 na região de Lisboa. As cidades do Porto, Coimbra e Águeda refletem igualmente impactos humanos importantes, nomeadamente associadas a cheias e inundações.

Na Tabela IV sistematizam-se os principais eventos com ocorrências hidrogeomorfológicas, assinalando-se o número de dias em que se registaram ocorrências, o número de municípios afetados e o total de pessoas mortas, feridas, desaparecidas, evacuadas ou desalojadas. O top 10 dos eventos DISASTER que causaram o maior número de afetados, foram registados nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Destacam-se duas tipologias de eventos, das quais uma até dois dias de duração (eventos de 1983, 1967, 1961 e 1955) e os eventos com mais de uma semana de duração. Os primeiros representam genericamente eventos associados a cheias rápidas, nomeadamente na região de Lisboa (e.g., evento de 25 de novembro

Procura-se agora estabelecer a relação espacial entre o número de ocorrências por município e as classes relativas ao número de evacuados e desalojados. Na Figura 8 é possível esta relação onde transparecem os municípios que não apresentam qualquer ocorrência ( $N=45$ ), assim como as classes de municípios com progressivamente maior número de evacuados e desalojados, independentemente do número de ocorrências, respetivamente com as frequências  $N=158$ ,  $N=63$ ,  $N=19$ ,  $N=24$  e  $N=14$ .

Verifica-se que existe uma relação positiva entre o número de ocorrências e número de evacuados e desalojados, nomeadamente observável nos municípios de Médio e Baixo Tejo, no Baixo Mondego, Águeda e vale do rio Douro e afluente, relacionados maioritariamente com ocorrências de cheias e inundações progressivas. Os municípios de Lisboa e do Porto, e municípios limítrofes, apresentam igualmente esta relação, mas conjugando os processos de inundações como movimentos de massa em vertentes. Observa-se, contudo, um conjunto de municípios, marcados por episódios de cheias rá-



Tabela III. Síntese das perdas humanas geradas por ocorrências hidrogeomorfológicas por ranking de município para o período de 1865-2015.

Ranking	Município	Nº de ocorrências	Município	Nº de mortos e desaparecidos	Município	Nº de feridos	Município	Nº de evacuados e desalojados
1º	Lisboa	190	Vila Franca de Xira	315	Odivelas	323	Abrantes	9069
2º	Coimbra	134	Odivelas	96	Lisboa	64	Peso da Régua	7341
3º	Porto	117	Alenquer	60	Porto	60	Santarém	3886
4º	Vila Nova de Gaia	66	Oeiras	60	Oeiras	54	Chamusca	3609
5º	Vila Franca de Xira	61	Loures	43	Águeda	31	Vila Nova de Gaia	3103

Tabela IV. Top de 9 eventos Disaster que registaram um maior número de população afetada (1865-2015).

Ano	Mês	Dia de início	Dia de fim	Nº ocorrências	Nº de dias	Total afectados	Nº municípios afectados
1979	2	5	16	67	12	18578	22
1978	2	28	4	35	7	4996	17
1983	11	18	19	37	2	3512	11
1961	1	31	1	34	2	3348	4
1989	12	15	26	36	12	2331	18
1966	2	18	24	41	7	2087	24
1967	11	25	25	67	1	2042	14
1955	12	14	19	13	6	2039	8
1909	12	20	28	83	9	1216	48

de 1967), e os segundos referem-se a cheias progressivas nomeadamente no vale do Tejo, como no ano de 1979, a que correspondeu o maior número de afetados de toda a base de dados. A tipologia das condições meteorológicas associadas a diferentes tipos de eventos, frentes frias vs células convectivas, marca o número de municípios afetados, tendo os primeiros impacto territorial mais extensivo, relativamente aos segundos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados e a cartografia apresentados mostram a relevância das ocorrências hidrogeomorfológicas em Portugal continental, com uma distribuição global a que se associam clusters em contextos atmosféricos e hidrográficos precisos, como salientam QUARESMA & ZÊZERE (2011) e ZÊZERE *et al.* (2014). As cheias e inundações refletem assim, condições de aumento de escoamento e inundações progressivas ou

episódios de precipitação concentrada originando chais rápidas. As ocorrências de instabilidade associadas a movimentos de massa refletem, na generalidade condições morfo-estruturais e climáticas características, como observado por PEREIRA *et al.* (2014) e OLIVEIRA *et al.* (2016). A evolução histórica das ocorrências catastróficas com impactos humanos salienta quanto os processos de uso e ocupação do solo, com a litoralização e a urbanização, são determinantes na espacialização destas e no entendimento dos impactos, nomeadamente com perdas humanas ou um elevado número de evacuados e desalojados, como objeto de discussão em autores como SANTOS *et al.* (2014) e PEREIRA *et al.* (2015).

Portugal Continental pode ser considerado um território de inquietação relativamente ocorrências e eventos de origem hidrogeomorfológicas, em que a larga maioria dos municípios foi afetado historicamente por ocorrências ou por eventos com várias ocorrências com perdas humanas ou com pessoas desalojadas ou evacuadas. Como referem ZÊZERE *et al.* (2014) os critérios para o risco societal associado às inundações e aos movimentos de massa em Portugal consideram-no inaceitável. Os vales do rio Douro, a jusante do Peso da Régua e nos tributários Tua, Tâmega e Paiva, do rio Tejo, nas margens do Médio e Baixo Tejo, em Coimbra e nos vales do Baixo Mondego e do rio Arunca, assim como os vales dos rios Águeda, Lima, Cávado e Ave são espaços com suscetibilidade à ocorrência de cheias, inundações e movimentos de massa. As áreas urbanas de municípios como o Porto, Vila Nova de Gaia, Águeda, Coimbra, Vila Franca de Xira, Loures, Odivelas, Lisboa, Oeiras, Silves e Portimão traduzem igualmente espaços em que a exposição e a convivência com os processos hidrogeomorfológicos tem traduzido perdas e consequências humanas, bem como danos materiais catastróficos.

Os resultados apresentados salientam a necessidade da população adotar práticas preventivas e responder de forma ajustada aos avisos e alerta relacionados com os processos hidrogeomorfológicos, assim como os gestores do risco adotarem medidas estruturais e não estruturais para a resposta de emergência e a mitigação do risco, nomeadamente no quadro de alterações climáticas.

#### BIBLIOGRAFIA

- AVEN, T. 2012. The Risk Concept - historical and recent development trends. *Reability Engineering and System Safety*, **99**: 33-44.
- BELMONTE, A. 2002. Crecidas e Inundaciones. In: AYALA CARCEDO, F.J. & OLCINA CANTOS, J. Coord. *Riesgos Naturales*. Ariel Ciencia, pp. 858-877.
- EEA 2010. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade. *EEA Technical report*.
- ECDGE 2008. Assessing the potential for a comprehensive community strategy for the prevention of natural and manmade disasters. Final Report. *European Commission DG Environment*, COWI Kongens Lyngby, Denmark, 110 p.
- FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. & SAVAGE, W.Z. 2008. On behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes 2008 Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, **102**(3-4): 85-98.
- FRAGOSO, M. & TILDES GOMES, P. 2008. Classification of daily abundant rainfall patterns and associated large-scale atmospheric circulation types in southern Portugal. *International journal of climatology*, **28**(4): 537-544.
- JULIÃO, R.P., NERY, F., RIBEIRO, J.L., BRANCO, M.C. & ZÊZERE, J.L. 2009. *Guia metodológica para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. ANPC, co-ed. DGOTDU e IGP, 86.
- OLIVEIRA, S.C., ZÊZERE, J.L., GARCIA, R.A.C. & PEREIRA, S. 2016. *Padrão de deformação de movimentos de vertente em áreas periurbanas associados a eventos de instabilidade*. International Conference on Urban Risks, Lisbon, 363-370.

- PEREIRA, S., ZÊZERE, J.L., QUARESMA, I.D. & BATEIRA, C. 2014. Landslide incidence in the North of Portugal: Analysis of a historical landslide database based on press releases and technical reports. *Geomorphology*, **214**: 514-525.
- PEREIRA, S., ZÊZERE, J.L., QUARESMA, I., SANTOS, P.P. & SANTOS, M. 2015. Mortality Patterns of Hydro-Geomorphologic Disasters. *Risk Analysis* **36**: 1188-1210.
- RAMOS, C. & REIS, E. 2001. As cheias no Sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas, *Finisterra*, **36**(71): 61-82.
- QUARESMA, I. & ZÊZERE, J.L. 2011. Cheias e movimentos de massa com carácter danoso em Portugal Continental. In: SANTOS, N. & CUNHA, L. Coord. *Trunfos de uma Geografia Activa, Desenvolvimento Regional, Ordenamento e Tecnologia*: 799-807. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- SANTOS, P., TAVARES, A.O. & ZÊZERE, J.L. 2014. Risk analysis from hydro-geomorphologic disaster databases for local management, *Environmental Science and Policy*, **40**: 85-100.
- SWISS, R.E. 2016. Risk modelling and risk measures - Swiss Re Annual Report 2016. <<http://reports.swissre.com/2016/financial-report/risk-management/risk>> [Consulta: 15-junio-2017].
- TRIGO, R.M., RAMOS, C., PEREIRA, S.S., RAMOS, A.M., ZÊZERE, J.L. & LIBERATO, M.L. 2016. The deadliest storm of the 20th century striking Portugal: Flood impacts and atmospheric circulation. *Journal of Hydrology*, **541**: 597-610.
- UNISDR. 2015a *Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva.
- 2015b. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030, *Third World Conference on Disaster Risk Reduction*, Sendai, Japan, 14-18 March 2015. 25 p.
- USGS 2007. Facing Tomorrow's Challenges. U.S. Geological Survey Science in the Decade 2007-2017. *U.S. Geological Survey, Circular 1309*, Reston, Virginia, 70 p.
- ZÊZERE, J.L., PEREIRA, S., TAVARES, A.O., BATEIRA, C., TRIGO, R.M., QUARESMA, I., ... & VERDE, J. 2014. DISASTER: A GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Natural hazards*, **72**(2): 503-532.

