



DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM HIDRO-GEOMORFOLÓGICA NO BAIXO MONDEGO NO PERÍODO 1961-2010*

Alexandre O. Tavares

Faculdade de Ciências e Tecnologia e Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra
atavares@ci.uc.pt

Leandro Barros

Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra
joseleandrobarros@gmail.com

Pedro P. Santos

Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra
pedrosantos@ces.uc.pt

José L. Zêzere

Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa
zezere@campus.ul.pt

RESUMO

Apresenta-se uma base de dados de desastres naturais de origem hidro-geomorfológica reportados na imprensa escrita local, para a região do Baixo Mondego, no período 1961-2010. Os resultados salientam especialmente a relevância das inundações em espaço urbano e das cheias progressivas em espaços de interface urbano/rural, assim como os movimentos de massa associados a infraestruturas viárias. A distribuição temporal das ocorrências mostra a diminuição dos impactos por cheias progressivas, com incremento dos relacionados com cheias rápidas.

Palavras-chave: Cheias, inundações, movimentos de massa, ocorrências, impactos.

RESUMEN

Desastres naturales de origen hidro-geomorfológico en el Baixo Mondego en el periodo 1961-2010 - Se presenta una base de datos de desastres naturales de origen hidro-geomorfológico en el Baixo Mondego obtenidos en la prensa local, en el periodo 1961-2010. Los resultados destacan los impactos de las inundaciones urbanas y de las crecidas en áreas de interfase urbano/rural, así como los movimientos de laderas sobre la infraestructura viaria. Temporalmente, se muestra la disminución de los impactos de las crecidas y el aumento de los relacionados con las avenidas.

Palabras clave: Crecidas, inundaciones, movimientos de ladera, ocurrencias, impactos.

RÉSUMÉ

Catastrophes naturelles d'origine hydro-géomorphologique au Baixo Mondego dans la période 1961-2010 - On présente une base de données de catastrophes naturelles d'hydro-géomorphologique origine publiés dans la presse locale, au Baixo Mondego, dans la période 1961-2010. Les résultats montrent les impacts des inondations urbaines et des crues dans la interface urbaine/rural, et des mouvements de masse sur l'infrastructure viarie. Temporellement, on se montre l'atténuation des impacts des inondations lentes et avec l'augmentation liée à des crues soudaines.

Mots-clé: Crues, inondations, mouvements de masse, occurrences, impacts.

ABSTRACT

Hydro-geomorphologic disasters in the Baixo Mondego region in the period 1961-2010 - A database of natural disasters with hydro-geomorphologic origin is presented, reported in the local press for the Baixo Mondego region, in the period 1961-2010. The results highlight the impacts of urban floods and progressive flooding in the urban/rural interface, as well as slope mass movements associated with road infrastructures. Temporally, a decrease of impacts caused by progressive flooding and an increase of those related to flash floods is highlighted.

Keywords: Floods, inundations, slope mass movements, occurrences, impacts.

* O texto deste artigo corresponde à comunicação apresentada ao VII Encontro Nacional de Riscos e I Forum ISCIA, tendo sido submetido para revisão em 27-11-2012, e aceite para publicação em 05-02-2013.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 20, 2013, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

Introdução

Os eventos de origem hidro-geomorfológica são uma das maiores preocupações em diferentes regiões do mundo, nomeadamente associados a perdas humanas, danos sociais e económicos (UNISDR, 2009), e têm vindo a ser apresentados como um dos focos das políticas públicas de gestão do risco (USGS, 2007; IFRCRCS, 2009; P. C. JOSHI *et al.*, 2010). 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, de adaptação às alterações climáticas, assim como nos sistemas de aviso e alerta e da emergência (EU/ESPON, 2006; ECDGE, 2008; EEA, 2010).

Diferentes autores têm apresentado contribuições e metodologias relevantes para a caracterização do risco em diferentes espaços, estabelecendo objetivos para a prevenção, redução e mitigação do risco. (e.g. I. ALCÁNTARA-AYALA, 2002; F. GUZZETTI *et al.*, 2005; J. LASTRA *et al.*, 2008; G. BENITO e P. F. HUDSON, 2010; B. MERZ *et al.*, 2010). Ao nível das políticas de gestão do risco pode salientar-se, como complemento ao Projeto NEDIES (G. COLOMBO *et al.*, 2002) e às propostas do EXCIMAP (2007), a publicação da Diretiva dedicada à análise e gestão das inundações. Esta diretiva, com transposição para Portugal pelo Decreto-Lei nº 115/2010, constitui um instrumento fundamental, a par do Regime da Reserva Ecológica Nacional (Decreto-Lei nº 166/2008), para a gestão de espaços com suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes e de cheias e inundações.

Diferentes estudos salientam a importância da realização de inventários alargados de ocorrências para salientar a expressão dos processos naturais assim como dos impactos associados (e.g. D. TROPEANO e L. TURCONI, 2002, F. GUZZETTI e G. TONELLI, 2004; F. FORTE *et al.*, 2005; M. BARNOLAS e M. C. LLASAT, 2007; D. COEUR e M. LANG, 2008; J. LASTRA *et al.*, 2008; I. QUARESMA e J. L. ZÉZERE, 2009; P. ADHIKARI *et al.*, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Mondego tem um registo histórico de desastres associados a processos de cheias rápidas e progressivas, assim como de movimentos de massa em vertentes com diferentes tipologias ou associações destas, os quais têm apresentado severidades diferenciadas. Autores como A. F. MARTINS (1940), F. REBELO (1990; 2003), R. SANCHES (1996), L. LOURENÇO (1998), A. TAVARES (2010) ou J. ALARCÃO (2012) entre outros, demonstram a importância dos fatores que contribuem para a ocorrência de desastres naturais de origem hidro-geomorfológica na bacia do rio Mondego, a par dos referenciais que constituem o Projeto de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego (MOP, 1966), dos Planos de Bacia Hidrográfica (INAG, 2002; ARH-Centro, 2012) e do Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro (CCDR-CENTRO, 2011).

Conforme refere F. REBELO (2010), o Baixo Mondego constitui um espaço em que “*ao longo dos tempos históricos foram muitas as crises a gerir nos campos do Mondego*” e, utilizando a aceção territorial de A. C. ALMEIDA *et al.* (1990), há que salientar os múltiplos trabalhos académicos que têm descrito e caracterizado movimentos de massa em vertentes ou processos de cheias e inundações com consequências sociais relevantes, podendo-se citar entre outros F. REBELO (1980, 1997); F. REBELO *et al.* (1986), J. G. SANTOS (1996), L. LOURENÇO e L. LEMOS (2001); L. CUNHA e L. DIMUCCIO (2002); P. CUNHA (2002); A. TAVARES (2004); L. LEMOS e M. FERREIRA (2004); P. PALRILHA (2004), S. LOURO (2005), A. TAVARES e L. CUNHA (2006), I. PAIVA (2006), P. P. SANTOS (2009) e P. P. SANTOS *et al.* (2011).

Com este trabalho pretende-se sistematizar a incidência histórica de eventos hidro-geomorfológicos, nomeadamente de cheias, inundações e movimentos de massa em vertentes no Baixo Mondego. Com a construção de uma base de dados, a partir de registos hemerográficos, sobre as ocorrências de cheias, inundações e movimentos de massa em vertentes na região do Baixo Mondego, no período 1961-2010, procura-se atingir os seguintes objetivos:

- 1 - Avaliar a distribuição espacial das ocorrências;
- 2 - Avaliar a distribuição temporal das ocorrências;
- 3 - Avaliar a tipologia dos impactos.

A série de dados com 50 anos permite assim, a construção de modelos capazes de mostrar a incidência espacial e temporal, e fundamentar a adoção de medidas de prevenção, redução e mitigação do risco associado a estes processos.

Metodologia

O estudo dos desastres naturais de origem hidro-geomorfológica no Baixo Mondego no período 1961-2010 está suportado por uma base de dados de registos de imprensa escrita, a partir das notícias documentadas no jornal Diário de Coimbra, publicado em Coimbra, e com abrangência regional. Trata-se do jornal diário com maior tiragem no Baixo Mondego, tendo sido selecionado aquele intervalo temporal por conter as fases anterior e ulterior às importantes transformações do escoamento fluvial do rio Mondego, após as obras de regularização de canais e laminação de caudais (L. LOURENÇO, 1986) e por corresponder ao período com maior taxa de alteração do coberto vegetal - por exemplo, por abandono da atividade agrícola - a par do incremento da urbanização e infraestruturação (A. TAVARES, 2010).

A área de estudo corresponde ao Baixo Mondego, para o qual se adotou uma delimitação realizada a partir da proposta de A. C. ALMEIDA *et al.* (1991) (fig. 1), recorrendo

aos limites da bacia hidrográfica do rio Mondego para estabelecer os limites a Norte, Sul e Oeste, e aos limites dos concelhos de Coimbra e Miranda do Corvo para estabelecer os limites a montante, a Este.

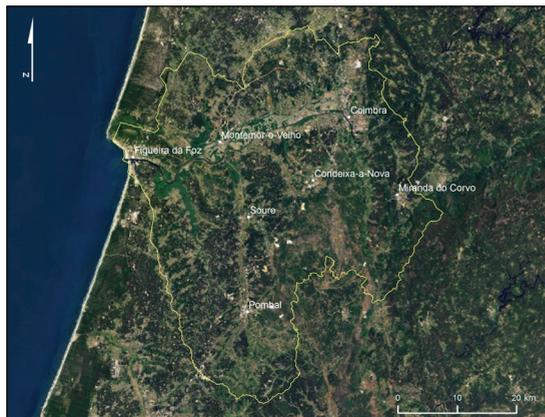


Fig. 1 - Delimitação e enquadramento geográfico da região do Baixo Mondego considerada.

Fonte: IGP; Elaboração própria a partir do Atlas da Água.

Foram deste modo consideradas, para além do troço do rio Mondego a jusante do concelho de Penacova, as seguintes sub-bacias hidrográficas: rio Foja, ribeira de Ançã, rio dos Fornos, ribeira das Eiras, ribeira de Coselhas, rio Ceira a jusante de Foz de Arouce, rio Corvo, rio Ega, rio Arunca e rio Pranto.

A partir do acervo consultado foi possível reunir um conjunto de elementos descritivos para esta área de estudo, quer dos processos físicos de cheia e inundação e de movimentos de massa em vertentes, quer das perdas e danos associados. Como tipologia dos processos consideraram-se as cheias e inundações como os processos hidrológicos extremos com origem natural ou induzida pela ação humana, que resultam na submersão de terrenos usualmente emersos, incluindo as cheias rápidas e progressivas e as inundações urbanas (R. P. JULIÃO *et al.*, 2009), assim como os processos materializados em vertentes, correspondentes a movimentos de descida de uma massa de rocha ou solo tais como desabamentos, tombamentos, deslizamentos, expansões laterais e escoadas (op. cit).

A recolha utilizou as fontes hemerográficas publicadas com carácter diário, entre 1 de outubro de 1960 e 30 de setembro de 2010, englobando uma série temporal de 50 anos hidrológicos. Foram exceção a este levantamento os domingos entre julho de 1974 e setembro de 1993, por não publicação do Diário de Coimbra, a que se associaram os registos encontrados na publicação semanal “O Domingo” em complemento do anterior. O total de documentos analisados foi de aproximadamente 18250 jornais e decorreu entre setembro de 2010 e março de 2012.

Para o levantamento sistemático foi elaborada uma base de dados, ulteriormente exportada para ficheiro Excel (Microsoft Office), que continha campos de análise

relativamente a:

- Data e local da ocorrência e do evento;
- Fonte de informação e características da notícia;
- Perdas e danos associados, diretos e indiretos.

Foram conceitos fundamentais na estruturação da base de dados, a definição dos termos ocorrência e evento. O conceito de ocorrência foi entendido como o local geograficamente identificável afetado por acontecimento de origem hidro-geomorfológica para o qual estão reportadas perdas e danos resultantes dos processos de cheia, inundação e/ou movimentos de massa em vertentes. Como evento foi entendido a data ou período de tempo continuado em que se verificou um acontecimento ou uma sucessão de acontecimentos representando condições hidro-geomorfológicas características, e para as quais estão noticiadas ocorrências singulares ou continuadas, resultantes de cheias e inundações e/ou movimentos de massa.

Num segundo momento de análise foram definidos dois níveis de ocorrências diferenciados pela gravidade das perdas e danos e que correspondem a:

- Nível 1 (N1) - ocorrências principais, aquelas que cumprem pelo menos um dos seguintes critérios: existência reportada de vítimas mortais, feridos, evacuados, desaparecidos ou desalojados;
- Nível 2 (N2) - todas as outras ocorrências em que se registaram perdas ou danos materiais, pessoais ou funcionais sem que se cumpra qualquer dos critérios anteriores.

Os dados extraídos das notícias foram posteriormente tratados estatisticamente e completados, quando necessário, através de outras fontes de informação. Por exemplo, a notícia podia não ser suficientemente clara quanto ao início do evento, à localização da ocorrência, etc., sendo necessário proceder a pesquisa de fontes de informação complementares (e.g. dados meteorológicos, hidrométricos, cartográficos, documentais).

Finalmente, procedeu-se à georreferenciação das ocorrências recorrendo a Sistemas de Informação Geográfica (ArcGIS 9.3©), cuja aplicação é relevante igualmente para análise e visualização de resultados.

Resultados

Os resultados obtidos após o tratamento estatístico e espaço-temporal das ocorrências registadas foram analisados segundo a perspetiva da tipologia de ocorrência - perdas e danos de nível 1 (N1) e nível 2 (N2) - e segundo a perspetiva da tipologia do processo perigoso - movimento de massa em vertente e cheia e/ou inundação. O QUADRO I resume os totais obtidos do número de ocorrências por tipologia de processo de

origem e por nível de gravidade, podendo constatar-se um predomínio de ocorrências de nível 2 (as menos graves em termos de danos pessoais) com 93% do total de ocorrências. Ao nível dos processos causadores das perdas e danos, a maior parte (86%) associam-se a cheias e inundações.

QUADRO I - Número de ocorrências por processo perigoso e por nível de gravidade.

	Nível 1 + Nível 2	Nível 1	Nível 2
Cheias e inundações	1259	76	1183
Movimentos de massa em vertente	202	11	191
Totais	1461	87	1374

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

Para a maioria das ocorrências, a descrição presente na notícia permitiu a distinção do tipo de cheia ocorrida (fig. 2). O tipo dominante é a cheia rápida, frequentemente com contornos de inundações urbanas, resultado de episódios de precipitação intensa e de curta duração, com 834 ocorrências atribuídas a este processo hidrológico. Em segundo lugar surgem as situações de perdas e danos devidas a cheias progressivas. Finalmente, a fig. 2 ilustra que do total de ocorrências verificadas neste período de 50 anos, para o Baixo Mondego, apenas 13,8% se deveram a movimentos de massa em vertentes.

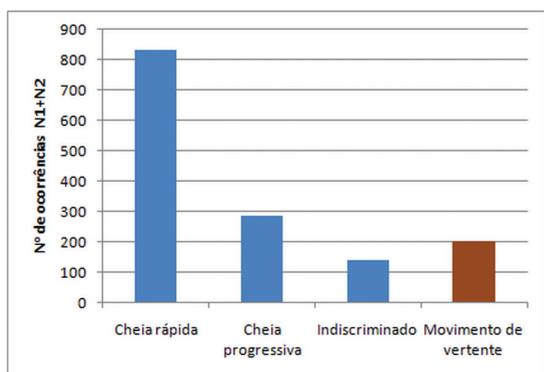


Fig. 2 - Número de ocorrências de nível 1 e 2 e respetivo processo hidro-geomorfológico associado.

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

Incidência espacial

Aparece representada na fig. 3 a expressão espacial das ocorrências de nível 1 e nível 2, na qual se confirma a concentração de ocorrências, quer associadas a cheias e inundações, quer associadas a movimentos de massa em vertentes, na área da cidade de Coimbra e sua envolvente. As ocorrências N1, associadas a movimentos de massa em vertentes, totalizam apenas 11 de um total de 87 e concentram-se principalmente na cidade de Coimbra. Por sua vez a representação do número total de ocorrências por freguesia identifica como áreas mais

afetadas por estes processos, as áreas urbanas proximais do rio Mondego, como sejam Coimbra, Montemor-o-Velho e Figueira da Foz. Contudo, mesmo nestas áreas, podem-se diferenciar processos associados sobretudo a cheias rápidas e inundações urbanas de que são expressão o elevado número total de ocorrências - soma de N1 e N2 - nas freguesias de Buarcos e Santo António dos Olivais. Outros cursos de água de menor hierarquia se destacam igualmente, tal como o rio Arunca e os pequenos cursos de água seus afluentes que drenam da serra de Sicó para a freguesia de Pombal. Neste aspeto, é de referir igualmente o número elevado de ocorrências em freguesias como Eiras, Trouxemil, Souselas, e Ceira, em contexto periurbano.

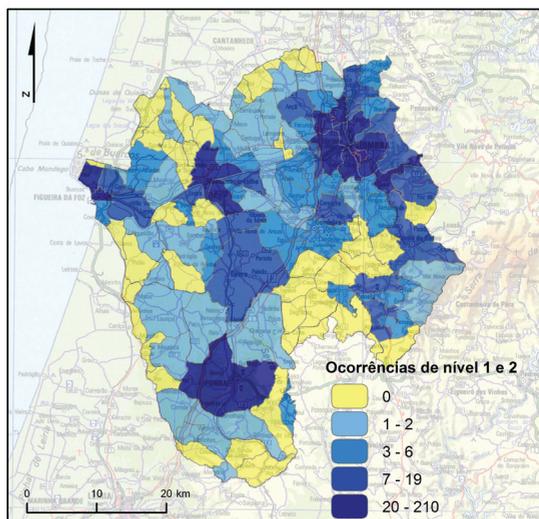
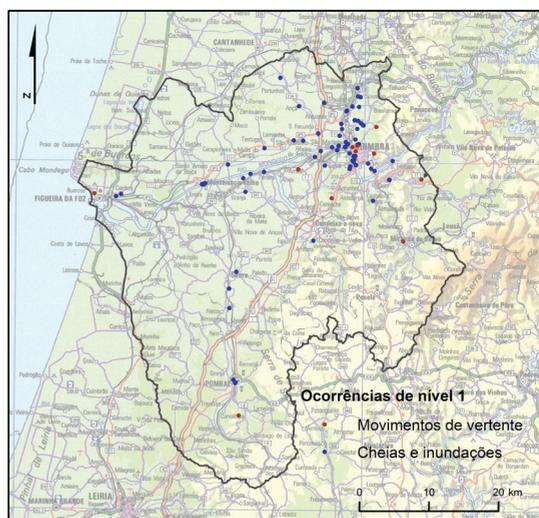


Fig. 3 - Localização das ocorrências N1 (em cima); Classes de ocorrências N1+N2 por freguesia (em baixo).

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

Uma leitura do QUADRO II relativamente às ocorrências N1 - as mais graves - evidencia a relevância de outras freguesias, nomeadamente aquelas afetadas pelas cheias progressivas do rio Mondego, como sejam São Martinho do Bispo e Montemor-o-Velho que não surgem entre as freguesias com maior número de ocorrências

N1+N2. É ainda de salientar a existência de outras freguesias atravessadas pelos rios Arunca (Pombal e Soure) e Ceira - cujo número de ocorrências e grau de perdas e danos é relevante (cf. fig. 4). Este fato salienta para estas freguesias o número limitado de ocorrências N1+N2 quando comparado com o número significativo de ocorrências N1.

QUADRO II - As 10 freguesias com maior número de ocorrências N1 e N1+N2.

Freguesia	N1	Freguesia	N1+N2
Santa Cruz (Coimbra)	13	Santa Cruz (Coimbra)	208
Santa Clara (Coimbra)	8	Santo António dos Olivais (Coimbra)	180
São Martinho do Bispo (Coimbra)	7	Santa Clara (Coimbra)	74
Eiras (Coimbra)	6	Eiras (Coimbra)	72
Pombal (Pombal)	4	São Julião (Figueira da Foz)	71
Santo António dos Olivais (Coimbra)	4	São Bartolomeu (Coimbra)	64
Soure (Soure)	3	Sé Nova (Coimbra)	62
Ceira (Coimbra)	3	Ceira (Coimbra)	43
São Paulo de Frades (Coimbra)	3	Almedina (Coimbra)	34
Souselas (Coimbra)	3	Buarcos (Figueira da Foz)	32
Montemor-o-Velho (Montemor-o-Velho)	3		
Trouxemil (Coimbra)	3		

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

No sentido inverso, a consideração das ocorrências menos graves em termos pessoais (N2), realça que as freguesias de Santo António dos Olivais e São Bartolomeu, bem como em algumas freguesias do concelho da Figueira da Foz - São Julião e Buarcos - totalizam um número elevado de ocorrências, sem que se verifique um número elevado de ocorrências graves N1 (QUADRO II).

Aprofundando o nível de análise das ocorrências N1, para considerar o número de evacuados e desalojados (fig. 4), ou seja, a magnitude da perda ou dano, verifica-se que as 3 freguesias com maior número de afetados se situam no concelho de Montemor-o-Velho. A conjugação dos dados destes dois elementos (QUADRO II e fig. 4) faz salientar que as freguesias que compõem os campos do Mondego registam um total de ocorrências (N1+N2) inferior ao verificado nas freguesias mais urbanas. Contudo há que salientar que a este número limitado de ocorrências verificado nas freguesias de Montemor-o-Velho, na planície aluvial, corresponde um elevado grau de perdas e danos, em termos de número de evacuados e desalojados.

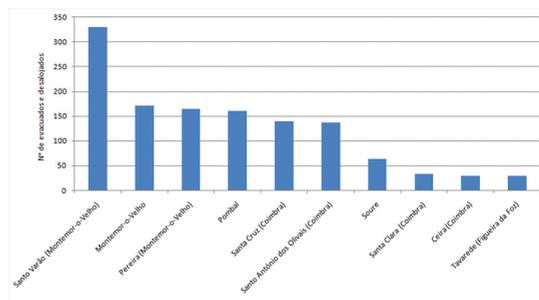


Fig. 4 - Freguesias com maior número de desalojados e evacuados.

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

A base de dados permite ainda afirmar que um número limitado de eventos explica a maioria de evacuados e desalojados, de que são exemplo (a) as cheias de janeiro de 2001 relativamente às freguesias de Santo Varão, Montemor-o-Velho e Pereira, (b) as cheias de outubro de 2006 na freguesia de Pombal, responsáveis por 120 dos 161 desalojados e evacuados (c) e o deslizamento da Avenida Elísio de Moura, responsável por 129 dos 137 evacuados e desalojados verificados na freguesia de Santo António dos Olivais no período de 1961-2010.

Procedendo à associação das ocorrências de nível 1 devidas a cheias e inundações com as respetivas bacias hidrográficas e cursos de água (fig. 5), verifica-se que para o total de 76 ocorrências N1, 35 estão associadas à dinâmica fluvial intrínseca do rio Mondego. Os rios Arunca, Eiras e Fornos são os afluentes deste rio que mais perdas e danos do tipo N1 causam, ou seja, em que se verificaram vítimas mortais, feridos, desaparecidos, desalojados ou evacuados. Como não aplicável ("N/A") consideraram-se 7 ocorrências localizadas em áreas às quais não se associa um curso de água, mas antes um escoamento difuso ou associado a linhas de água elementares, geralmente em contexto urbano.

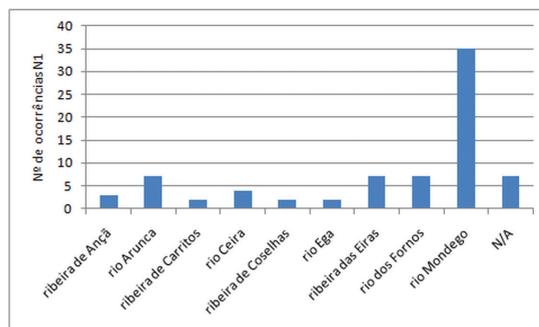


Fig. 5 - Número de ocorrências de nível 1 associadas a cheias e inundações, por curso de água associado.

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

Utilizando agora a expressão administrativa, analisa-se nas fig. 6-A e 6-B a representação do número de ocorrências N1+N2 e N1 por concelho. Considerando as ocorrências N1+N2 (fig. 6-A) observa-se que o concelho de Coimbra concentra 71% do total, mantendo sensivelmente esta proporção (69%) quando se contabilizam apenas as ocorrências N1, ou seja, as que apresentam um nível de

perdas pessoais mais grave (fig. 6-B). Nesta figura realça-se a posição relativa dos concelhos de Montemor-o-Velho e Figueira da Foz: o primeiro tem uma representação superior nas ocorrências N1, sendo contudo o total de ocorrências N1+N2 superior no concelho de Figueira da Foz.

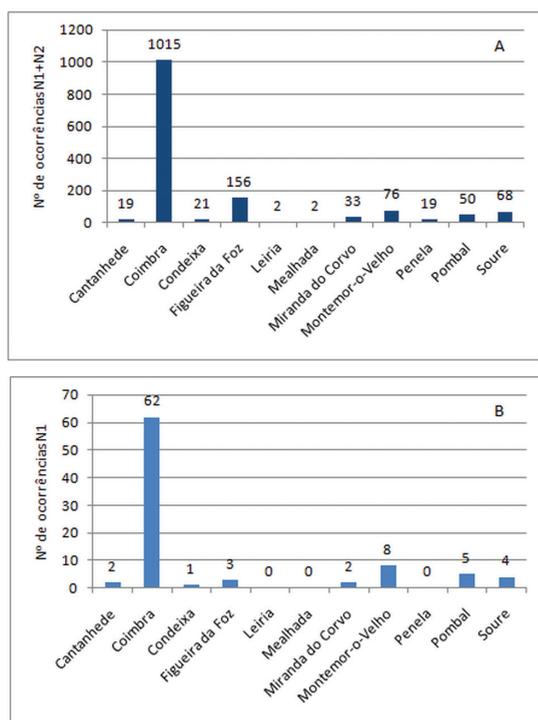


Fig. 6 - Número de ocorrências de nível 1 e 2 por concelho. Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

O QUADRO III resume a relação entre os dois níveis de gravidade definidos, contrapondo o número de ocorrências N1 com o número de ocorrências total (N1+N2), discriminando ainda as perdas e danos que justificaram a classificação no nível 1. O número total de vítimas mortais é, no período em análise, de apenas 3, o que poderá ser considerado um valor reduzido

tendo em conta o total de 1461 ocorrências. As duas vítimas registadas no concelho de Soure devem-se a uma ocorrência de cheia progressiva do rio Mondego em novembro de 1963, próximo de Granja do Ulmeiro, enquanto a vítima mortal em Pombal se deve à cheia rápida ocorrida em outubro de 2006. O quadro permite salientar que, em algumas áreas do Baixo Mondego, um número reduzido de ocorrências é responsável por um grau elevado de perdas e danos, traduzido em evacuações e desalojamentos, de que são exemplo os concelhos de Montemor-o-Velho e Pombal.

Incidência temporal

A distribuição das ocorrências N1 ao longo do período temporal considerado, segundo a tipologia do processo de perigo (QUADRO IV) caracteriza-se, em ambos os processos, por uma redução do número de ocorrências na década de 1981-1990, mais acentuada quanto às cheias e inundações que registam inclusivamente uma ausência de ocorrências N1 nesta década.

Na fig. 7 procura-se relacionar a variabilidade interanual do número de ocorrências total com o número de eventos que estão na sua origem. Na maioria das situações de ocorrências associadas a cheias e inundações, um único evento pode originar dezenas de ocorrências. Em relação aos movimentos de massa em vertentes, na quase totalidade das situações, a cada evento corresponde uma ocorrência. Quanto ao número de ocorrências N1+N2 regista-se uma elevada variabilidade interanual, identificando-se as décadas de 1961-70 e o período posterior a 1995/96 como os que concentram o maior número de ocorrências. Nas restantes décadas, realçam-se os anos hidrológicos de 1976/77 e 1989/90 como anos com elevado número de ocorrências. Como se anotou anteriormente, o número de ocorrências N1 é de um modo geral muito inferior ao número de ocorrências

QUADRO III - Número de ocorrências de nível 1 e 2 por concelho e respetivas perdas e danos pessoais.

	N1+N2	N1	Mortos	Feridos	Desaparecidos	Desalojados	Evacuados
Cantanhede	19	2	0	0	0	3	23
Coimbra	1015	62	0	3	1	93	356
Condeixa-a-Nova	21	1	0	0	0	0	7
Figueira da Foz	156	3	0	0	0	32	2
Leiria	2	0	0	0	0	0	0
Mealhada	2	0	0	0	0	0	0
Miranda do Corvo	33	2	0	5	0	0	0
Montemor-o-Velho	76	8	0	0	1	510	168
Penela	19	0	0	0	0	0	0
Pombal	50	5	1	0	0	41	121
Soure	68	4	2	1	0	0	63
TOTAL	1461	87	3	9	2	679	740

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

QUADRO IV - - Evolução do número de ocorrências N1 por década e por tipologia de processo.

	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10
Cheias e inundações	19	18	0	5	25
Movimentos de massa em vertente	4	1	1	2	4

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

N1+N2. Os anos hidrológicos em que as ocorrências N1 ganham maior expressão situam-se no período entre 1960/61 e 1966/67 (com exceção de 1964/65 que não regista ocorrências N1), no período entre 1976/77 e 1978/79 e isoladamente em 2000/01, 2002/03 e 2006/07. Quanto ao número de eventos, não obstante a elevada variabilidade interanual, parece evidente uma maior frequência de anos hidrológicos com elevado número de eventos, sobretudo a partir do início da década de 1990.

Numa leitura cruzada dos três níveis de informação representados na fig. 7, observa-se que a década de 1961-1970 surge como um período temporal em que um número relativamente reduzido de eventos foi responsável por um número proporcionalmente mais elevado de ocorrências, quer totais (N1+N2) quer do tipo N1. O aumento, quer de ocorrências quer de eventos, nas duas últimas décadas do período analisado (1991-2000 e 2001-2010) pode encontrar justificação no aumento da área urbanizada no Baixo Mondego. Atente-se a este respeito, que a fig. 8 revela uma redução do número de ocorrências associadas a cheias progressivas, o que significa que terão sido as cheias rápidas (a maioria em contexto urbano), a par dos pequenos movimentos de massa em vertentes (associados frequentemente a danos em infraestruturas viárias), as responsáveis pelo aumento de ocorrências nestas duas últimas décadas.

A fig. 8 permite igualmente uma leitura específica relativamente ao papel das intervenções hidráulicas realizadas na década de 1970 na bacia hidrográfica do rio Mondego. De entre estas ações, poder-se-á destacar a construção da barragem da Agueira, com início de funcionamento no ano de 1981, e o respetivo papel de laminação de caudais de ponta de cheia, que estará na base da explicação para a redução de ocorrências associadas a cheias progressivas, tal como ilustra a fig. 8. Tal redução poderá contudo ser também devida a dois outros fatores: i) o resultado de um menor grau de presença regular ou de ocupação humana permanente na planície aluvial - atente-se que muitas ocorrências verificadas na década de 1960 se referem a salvamentos e evacuações de pessoas e famílias que ou residiam ou estavam de passagem pelos campos do Mondego, bem como a perdas agrícolas e de animais; ii) menor quantidade de eventos pluviométricos significativos. Trata-se, para todos os efeitos, de ocorrências que tenderam a reduzir-se nas décadas seguintes, com exceção dos episódios de cheia de dezembro de 2000 e, sobretudo, de janeiro de 2001.

Analisando a variabilidade sazonal das ocorrências registadas na base de dados (fig. 9), verifica-se que a frequência mensal de ocorrências é sensível ao ritmo das estações do ano. Porém, a amplitude da variabilidade

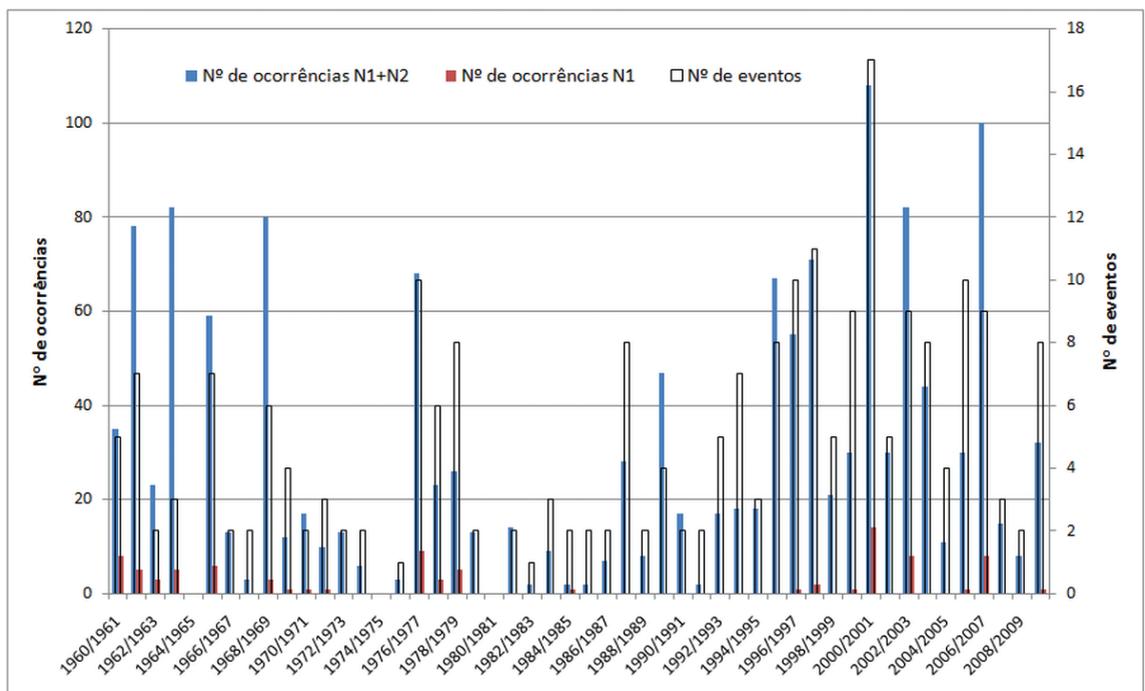


Fig. 7 - Evolução temporal do número de ocorrências e de eventos por ano hidrológico.

Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.



Fig. 8 - Evolução do número total de ocorrências (nível 1 e 2) associadas a processos de cheia progressiva. Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

sazonal é maior nas ocorrências danosas associadas a cheias e inundações. Relativamente a este processo, realça-se a existência de dois picos de ocorrências (outubro e janeiro) e de duas classes de valores distintas: a primeira entre outubro e fevereiro e a segunda entre março e setembro. Quanto aos movimentos de massa em vertentes, os valores máximos de ocorrências danosas situam-se nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Parece assim, existir um retardamento face ao início das precipitações outonais e na dependência de episódios prolongados de precipitação.

No que respeita aos danos materiais verificados nas ocorrências N1+N2, observa-se que a maioria dos danos se refere a infraestruturas viárias (fig. 10). A segunda classe de danos materiais mais representada corresponde aos danos em edifícios habitacionais. Contudo, há que salientar que as notícias da imprensa escrita são por vezes vagas, não permitindo com clareza a identificação dos danos verificados - situações assinaladas na fig. 10 com a classe “não especificado” - o que se verifica em cerca de 20% das ocorrências.

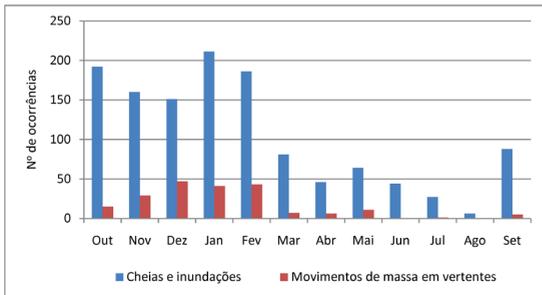


Fig. 9 - Distribuição sazonal do número de ocorrências N1+N2 por tipologia de processo. Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

Ao longo das cinco décadas analisadas observa-se a redução de perdas materiais associadas à atividade agrícola, o acréscimo constante de perdas em edifícios comerciais e o ligeiro decréscimo, na última década, em edifícios habitacionais. Transversalmente à tipologia de danos, as décadas de 1971-1980 e 1981-1990 ressaltam como as décadas com menor número de ocorrências com danos materiais.

Considerações finais

O conjunto dos dados salienta que em termos dos processos danosos no Baixo Mondego se destacam as cheias e

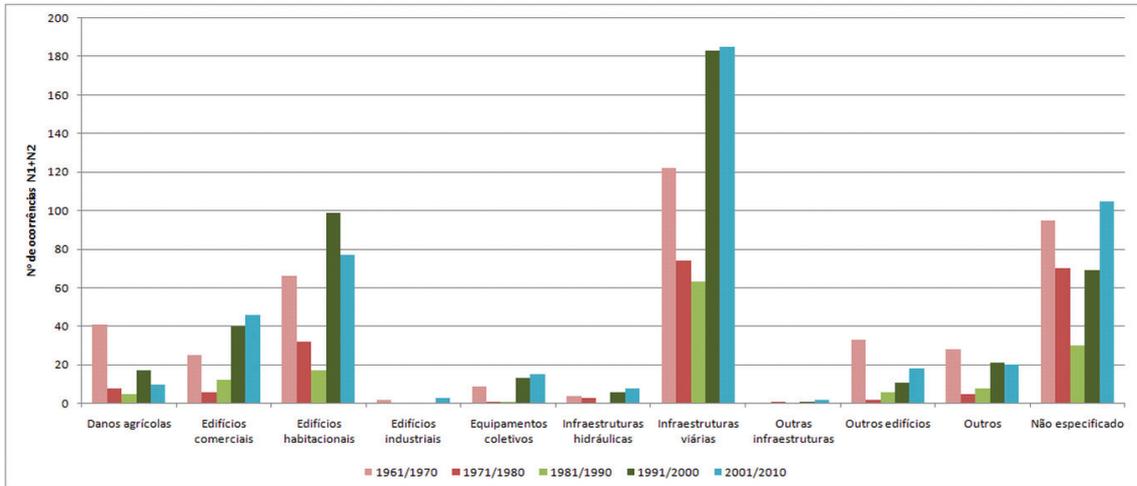


Fig. 10 - Distribuição decenal das ocorrências de nível 1 e 2 por tipologia de danos materiais reportados. Fonte: Elaboração própria a partir da Base de Dados DISASTER.

inundações por originarem o maior número de ocorrências de nível 1 e 2 (86%), destacando-se as cheias rápidas urbanas como a subtipologia mais frequente, incidindo sobretudo nas áreas urbanas consolidadas. Os resultados mostram ainda que as ocorrências mais gravosas de nível 1 estão essencialmente associadas a cheias progressivas, causando perdas e danos sobretudo ao longo da planície aluvial do rio Mondego, e provocando um elevado número de evacuados e desalojados, apesar da diminuição do número de ocorrências relacionadas com cheias progressivas verificado a partir da década de 1981-1990.

O resultado da espacialização das ocorrências, assim como a distribuição das perdas e danos associados, destaca três ambientes de impacto dos processos hidro-geomorfológicos: as áreas urbanas consolidadas, nomeadamente em Coimbra, Figueira da Foz, Pombal e Soure; os espaços na interface rural-urbano exemplificados pelos concelhos de Montemor-o-Velho, Cantanhede-Ançã, Coimbra-Ceira, Miranda do Corvo e Soure; as áreas com infraestruturas dispersas. O concelho de Coimbra destaca-se por incluir 71% das ocorrências totais (N1 e N2) e 69% das ocorrências gravosas N1.

A exploração temporal dos dados permite concluir pela existência de uma acentuada variabilidade interanual do número de ocorrências e dos eventos, denotando-se uma tendência para um aumento de ocorrências relacionadas com cheias rápidas nas duas últimas décadas (1991-2000 e 2001-2010), justificado pela expansão dos espaços urbanizados com aumento da superfície impermeabilizada e com linhas de escoamento antropizadas, na dependência de eventos pluviométricos curtos e de elevada intensidade. Temporalmente, evidencia-se ainda a redução de ocorrências relacionadas com cheias progressivas, em resultado da laminação de caudais por parte das barragens da Aguieira e de Fronhas.

As ocorrências com registo de danos materiais com impacto na atividade agrícola têm vindo a registar uma diminuição, ao contrário dos impactos em edifícios comerciais e em infraestruturas viárias, quer por inundações quer por movimentos de massa, registando-se um aumento significativo a partir da década de 1991-2000.

Os resultados agora apresentados permitem a construção de modelos de incidência temporal e espacial dos processos e dos seus impactos, bem como fundamentam a adoção de medidas de prevenção, redução e mitigação do risco. Há assim o sublinhar da importância de incorporação nos planos municipais de ordenamento do território, e em outros instrumentos de gestão territorial, de elementos cartográficos com a susceptibilidade aos processos, assim como a incidência dos impactos associados, com tradução no modelo de ocupação e transformação do território e nas orientações de planeamento.

A análise espacial e temporal das ocorrências de origem hidro-geomorfológicas no Baixo Mondego salientam igualmente a importância de um sistema de aviso e alerta, a par de uma comunicação eficiente à população para responder ao crescente número de ocorrências em contexto urbano, de interface, ou afetando infraestruturas com impactos directos e repentinos na comunidade e nas funções afetadas.

Ao nível da governação do risco, e em concreto da gestão do risco, do planeamento de emergência e das operações da Proteção Civil, os resultados permitem ainda estabelecer para o Baixo Mondego os valores de referência das curvas equipotenciais do risco, determinando nas matrizes de avaliação a frequência de ocorrência e a gravidade histórica dos desastres de origem hidro-geomorfológica.

Em síntese, pode-se afirmar que a exploração de uma base de dados no período 1961-2010, a partir de fontes hemerográficas, com registos de ocorrências de desastres de origem hidro-geomorfológica no Baixo Mondego, permite a construção de novos modelos de incidência temporal e espacial dos processos e dos seus impactos, fundamentando as ações de mitigação e gestão do risco e contribuindo para a construção de comunidades mais resilientes.

Agradecimentos

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do 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, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PTDC/CS-GEO/103231/2008).

Referências bibliográficas

- ADHIKARI, Pradeep, HONG, Yang, DOUGLAS, Kimberly R., KIRSCHBAUM, Dalia Bach, GOURLEY, Jonathan, ADLER, Robert e BRAKENRIDGE, G. Robert (2010) - "A digitized global flood inventory (1998-2008): compilation and preliminary results", *Natural Hazards*, vol. 55, p. 405-422.
- ALARCÃO, Jorge (2012) - *As pontes de Coimbra que se afogaram no rio*. Coimbra, Ed. Ordem dos Engenheiros Região Centro. Coimbra, 111 p.
- ALCÁNTARA-AYALA, Irasema (2002) - "Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries", *Geomorphology*, nº 47, p. 107-124.
- ALMEIDA, António Campar de; SOARES, António Ferreira; CUNHA, Lúcio; MARQUES, Júlio Fonseca (1990) - "Proémio ao estudo do Baixo Mondego", *Biblos*, Coimbra, vol. LXVI, p. 17-47.

- ARH-Centro (2012) - *Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4*. Administração da Região Hidrográfica do Centro I.P.
- BARNOLAS, Mercè e LLASAT, Maria Carmen (2007) - "A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, p. 271-281.
- BENITO, Gerardo e HUDSON, Paul F. (2010) - "Flood hazards: the context of fluvial geomorphology". *Geomorphological hazards and disaster prevention*, I. Alcántara-Ayala e A. Goudie (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, p. 111-128.
- CCDR-CENTRO (2011) - *Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro*. Coimbra, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro.
- COEUR, Denis e LANG, Michel (2008) - "Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning", *Comptes Rendus Geoscience*, vol. 340, p. 644-650.
- COLOMBO, Alessandro, HERVÁS, Javier e VETERE, Ana (2002) - *Guidelines on Flash Flood Prevention and Mitigation*. Institute for the Protection and the Security of the Citizen, 78 p.
- CUNHA, Pedro Proença (2002) - "Vulnerabilidade e risco resultante da ocupação de uma planície aluvial - o exemplo das cheias do rio Mondego (Portugal Central), no Inverno de 2000/2001", *Territorium*, Coimbra, 9, Edições Minerva, p. 13-35.
- CUNHA, Lúcio e DIMUCCIO, Luca (2002) - "Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra". *Territorium*, Coimbra, 9, Edições Minerva, p. 37-51.
- ECDGE (2008) - *Assessing the potential for a comprehensive community strategy for prevention of natural and manmade disasters. Final Report*. European Commission DG Environment, COWI, Kongens Lyngby, 110 p.
- EEA (2010) - *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe An overview of the last decade. EEA Technical Report No 13/2010*. European Environment Agency, 146 p.
- EXCIMAP (2007) - *Handbook on good practices for flood mapping in Europe. European Exchange circle on flood mapping*. European Commission, 60 p.
- EU/ESPO (2006) - *The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe*. European Commission/ESPO program. Ed. Philipp Schmidt-Thomé, Geological Survey of Finland (GTK), 87 p.
- FORTE, Francesco; PENNETTA, Luigi e STROBL, Robert (2005) - "Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy)", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, p. 833- 844.
- GUZZETTI, Fausto; STARK, P. Colin e SALVATI, Paola (2005) - "Evaluation of Flood and Landslide Risk to the Population of Italy", *Environmental Management*, 36, nº 1, p. 15-36.
- GUZZETTI, Fausto e TONELLI, Gabriele (2004) - "Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy (SICI): a tool for managing landslide and flood hazards", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, p. 213-232.
- IFRCRCS (2009) - *World Disaster Report 2009. Focus on early warning, early evacuation*. Genebra, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 204 p.
- INAG (2002) - *Plano da Bacia Hidrográfica do Mondego*. Lisboa, Instituto Nacional da Água.
- LASTRA, Javier; FERNÁNDEZ, Elena; HERRERO, Andrés Díez e MARQUÍNEZ, Jorge (2008) - "Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula", *Natural Hazards*, 45, p. 277-293.
- JOSHI, P. C.; GUHA-SAPIR, Debarati e SRIVASTAVA, Vinay Kumar (2010) - "A Qualitative Account of the Impact of Disaster: The Case of Flooding in Bairaich, Uttar Pradesh". *Eastern Anthropologist*, Vol. 63 (3-4), July-Dec, p. 479-492.
- JULIÃO, Rui Pedro; NERY, Fernanda; RIBEIRO, José Luís; BRANCO, Margarida Castelo e ZÊZERE, José Luís (2009) - *Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Lisboa, Autoridade Nacional de Proteção Civil/Direção-Geral do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Urbano/ Instituto Geográfico Português, 92 p.
- LEMONS, Luís e FERREIRA, Mário Quinta (2004) - "Elísio de Moura landslide". *Landslides: evaluation and stabilization (Proceedings of the IXth International Symposium on Landslides)*, Balkema Publ., Rio de Janeiro, Vol. 2, p. 1013-1017.

- LOURENÇO, Luciano (1998) - "O Homem, causa próxima e principal receptor das trágicas consequências do deslizamento da Lousã", *Caderno de Geografia*, nº 17, Coimbra, p. 81-88.
- LOURENÇO, Luciano (1986) - "Aproveitamento hidráulico do Vale do Mondego. Problemas do vale do Mondego". IV Colóquio Ibérico de Geografia, Coimbra, p. 45-59.
- LOURENÇO, Luciano e LEMOS, Luís (2001) - "Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da Av^a. Elísio de Moura, em Coimbra", *Territorium*, Coimbra, 8, p. 93-108.
- LOURO, Sílvia (2004) - *Condições meteorológicas com efeitos de inundação. O exemplo da Bacia do Mondego*. Coimbra, Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 150 p.
- MARTINS, Alfredo Fernandes (1940) - *O esforço do homem na bacia do Mondego. Ensaio Geográfico*. Coimbra, dissertação de tese de licenciatura em Ciências Geográficas apresentada à Universidade de Coimbra, 299 p.
- MERZ, Bruno, HALL, James, DISSE, Markus e SCHUMANN, Andreas (2010) - "Fluvial flood risk management in a changing world", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, p. 509-527.
- MOP (1966) - *Aproveitamento hidráulico da bacia do Mondego*. Lisboa, Ministério Das Obras Públicas (Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos/ Direcção dos Serviços de Aproveitamentos Hidráulicos), 144 p.
- PAIVA, Isabel (2006) - *Risco de inundação em Coimbra: factores físicos e acção antrópica. As inundações urbanas e as cheias do Mondego (1950/51 - 2003/2004)*. Coimbra, dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 193 p.
- PALRILHA, Paulo (2004) - *As cheias no Baixo Mondego no ano hidrológico 2000/2001. Avaliação e percepção ao risco de inundação*. Aveiro, dissertação de Mestrado (não publicada) apresentada à Universidade de Aveiro, 145 p.
- QUARESMA, Ivânia e ZÉZERE, José Luís (2009) - "Eventos hidro-geomorfológicos com carácter danoso em Portugal continental: análise preliminar ao período 1970-2006". *Actas do VI Congresso da Geografia Portuguesa*, Universidade Nova de Lisboa, p. 107.
- REBELO, Fernando (2010) - *Geografia física e riscos naturais*. Coimbra, Imprensa da Universidade, 98 p.
- REBELO, Fernando (2003) - *Riscos naturais e acção Antrópica. Estudos e reflexões*. Coimbra, Imprensa da Universidade, 286 p. (2^a edição, revista e aumentada).
- REBELO, Fernando (1997) - "Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferente escalas", *Territorium*, Coimbra, 4, p. 29-47.
- REBELO, Fernando (1990) - "Geografia física e ambiente. Temas e problemas. Alguns casos concretos escolhidos em Portugal", *Cadernos de Geografia*, Coimbra, p. 85-95.
- REBELO, Fernando (1980) - "Condições de tempo favoráveis à ocorrência de incêndios florestais. Análise de dados referentes a Julho e Agosto de 1975 na área de Coimbra", *Biblos*, Coimbra, 56, p. 653-673.
- REBELO, Fernando; CUNHA, Lúcio e CORDEIRO, António Rochette (1986) - "Sobre a origem e evolução actual dos ravinamentos em calcários margosos na área de Condeixa". *Actas do IV Colóquio Ibérico de Geografia*, Coimbra, p. 875-882.
- SANCHES, Rui (1996) - *O problema secular do Mondego e a sua resolução*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 208 p.
- SANTOS, José Gomes (1996) - *A depressão marginal. Elementos para a caracterização geomorfológica do sector Coimbra-Penela, e análise de riscos de movimentos de terreno*. Coimbra, dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Coimbra, 214 p.
- SANTOS, Pedro P. (2009) - *Cartografia de áreas inundáveis a partir do método de reconstituição hidrogeomorfológica e do método hidrológico-hidráulico. Estudo comparativo na bacia hidrográfica do rio Arunca*. Coimbra, dissertação de mestrado em Geociências apresentada à Universidade de Coimbra (não publicada), Coimbra, 145 p.
- SANTOS, Pedro P.; TAVARES, Alexandre e ANDRADE, Ana Isabel (2011) - "Comparing historical-hydrogeomorphological reconstitution and hydrological-hydraulic modelling in the definition of flood-prone areas - a case study in Central Portugal", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 11, nº 6, p. 1669-1681.
- TAVARES, Alexandre Oliveira (2004) - "Landslides and gully erosion in jurassic marl-limestone areas (Central Portugal)". *Landslides: evaluation and stabilization (Proceedings of the IXth International Symposium on landslides)*, Balkema Publ., Riode Janeiro, Vol. 2, pp. 405-409.

- TAVARES, Alexandre e CUNHA, Lúcio (2006) - *Perigosidade associada a movimentos de massa em vertentes*. Departamento de Ciências da Terra (FCTUC) e Câmara Municipal de Coimbra, 4 p. + 1 mapa (relatório não publicado).
- TAVARES, Alexandre (2010) - “Riscos Naturais e Ordenamento do Território - Modelos, Práticas e Políticas Públicas a partir de uma Reflexão para a Região Centro de Portugal”. *Prospectiva e Planeamento*, Vol. 17, p. 33-55.
- TROPEANO, Domenico e TURCONI, Laura (2004) - “Using historical documents for landslide, debris flow and stream flood prevention. Applications in Northern Italy”, *Natural Hazards*, vol. 31, p. 663-679.
- UNISDR (2009) - *Global assessment report on disaster risk reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat, 207 p.
- USGS (2007) - *Facing Tomorrow's Challenges*. U.S. Geological Survey Sciences in the Decade 2007-2017, Circular 1309, Reston, Virginia, US Department of the Interior and US Geological Survey.