

Perigosidade natural na gestão territorial. O caso do Município de Coimbra ^(*)

Alexandre Oliveira Tavares¹ & Lúcio Cunha²

¹ DCT, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Centro de Estudos Sociais, Universidade de Coimbra;
E-mail: atavares@dct.uc.pt

² IEG, Faculdade de Letras, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Coimbra.

Palavras chave: Perigosidade; susceptibilidade; risco; gestão municipal; ordenamento.

Resumo: O espaço do município de Coimbra apresenta contrastes físicos que são determinantes nas manifestações da perigosidade natural e na materialização dos riscos associados. Apresenta-se a cartografia da susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes, a identificação das áreas ameaçadas por cheias e inundações, bem como os pontos críticos de escoamento superficial, sugerindo-se formas de prevenção e mitigação dos riscos associados. Com a inclusão da susceptibilidade a incêndios florestais estabelece-se a diferenciação da incidência dos vários perigos nos espaços municipais de planeamento, contribuído para uma melhor gestão territorial.

Title: *Natural hazards and land use management. The case study of Coimbra municipality.*

Key words: *Hazard; susceptibility; risk; municipal management; land use planning.*

Abstract: *The area of the Coimbra municipality presents physical contrasts that are crucial and conditional in the natural hazard and in the risks involved. This study presents the mapping of susceptibility to mass movements in parts, as well as the identification of flood prone areas and the critical points of runoff. This analysis suggests different ways to prevent or mitigate the risks. With the inclusion of susceptibility to forest fires the evaluation shows a different incidence of the natural hazards in the planning areas, which supports a better territorial management.*

(*) COM ESTE TRABALHO PRESTA-SE TRIBUTO E HOMENAGEM AO PROFESSOR ANTÓNIO FERREIRA SOARES, INSIGNE MESTRE, MANANCIAL DE ENSINAMENTOS DE VÁRIAS GERAÇÕES E DETENTOR DE UMA VISÃO PLURIDISCIPLINAR DE CIÊNCIA. A ÁREA EM ESTUDO CONSTITUI UM DOS INTERESSES MAIORES DO HOMENAGEADO, SENDO O RESPONSÁVEL PRINCIPAL PELA SISTEMÁTICA DOS VOLUMES E DOS PROCESSOS GEOLÓGICOS.

1. Introdução

Os riscos naturais, onde se incluem os de natureza geológica, constituem um dos domínios científicos mais relevantes das últimas décadas, tanto do ponto de vista da investigação e do desenvolvimento científico, como das preocupações técnicas e da relevância social e cultural.

De acordo com a Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres Naturais das

Nações Unidas (UN-ISDR, 2004) e com a Agência Europeia do Ambiente (ECDGE, 2008), os riscos naturais representam o grau de perda estimado pela manifestação dos perigos naturais, caracterizados pela severidade e tempo de actuação, sendo ainda função da vulnerabilidade das pessoas e das comunidades expostas ao impacto. Tomando como referência F. Ayala-Carcedo (2002), o risco pode expressar-se em termos quantitativos, em valores de perda total ou

anual, ou em valores qualitativos (baixo, aceitável, não aceitável), podendo ser expresso pelas seguintes componentes da análise:

$$R = \Sigma P_i \times (E \times V_i)$$

P_i – Perigosidade – representa a probabilidade de um território ser afectado por um evento ou processo natural ou tecnológico, e função nomeadamente de parâmetros como a magnitude e severidade;

V_i – Vulnerabilidade é o grau de perda de um determinado elemento de risco (humanos, económicos, estruturais ou ambientais) quando exposto a um processo natural, ambiental ou tecnológico (entre 0 e 1).

E – Exposição ou elementos em risco (conjunto de bens a preservar e que podem sofrer danos).

Nas chamadas sociedades do risco, com o aumento da consciência individual e colectiva quanto aos potenciais perigos, podendo estes assumir contornos difusos e terem efeitos prolongados no tempo, os vários actores do conhecimento e da gestão territorial projectam nos instrumentos e critérios de ordenamento e planeamento, a capacidade de resposta efectiva. A gestão territorial, nomeadamente à escala municipal como salientado em A. Tavares (2003a), permite definir, no espaço e no tempo, a tipologia, a probabilidade de ocorrência, dinâmica e severidade do perigo, bem como a adopção de medidas estruturais e não estruturais visando reduzir as consequências, aumentar a resistência e a resiliência das pessoas e comunidades, ou implementar acções para limitar e inverter os danos e perdas, assim como planear acções de alerta e emergência (Mendes & Tavares, 2008).

2. Enquadramento territorial

O município de Coimbra apresenta contrastes físicos bem marcados, assistindo-se ao confronto entre as unidades metassedimentares do Maciço Hespérico, constituídas por terrenos precâmbrios e paleozóicos anteriores aos 280±10 Ma, e as unidades sedimentares da Orla-Meso-

Cenozóica Ocidental, representados por cerca de 5000 m de sedimentos materializando 225±5Ma (A. Soares & Gomes, 1997).

O confronto litostratigráfico, evidenciado pelo acidente estrutural meridiano que se integra na zona de fractura NNW-SSE da zona de cisalhamento Porto-Tomar (L. Cunha *et al.*, 1999), activa desde fases precoces da orogenia Varisca (R. Dias & Ribeiro, 1993), fazem ressaltar na Carta Geológica de Portugal, Folha 19-D Coimbra-Lousã, esc. 1/50000 (INETI, 2005; Not. Explicativa, 2007), os ambientes paleogeográficos que justificam o aparecimento no espaço municipal de várias unidades morfoestruturais, como o Maciço Hespérico, as Colinas gresosas, as Serras e planaltos calcários, a Superfície Pliocalabriana, e a Planície aluvial, de acordo com A. Almeida *et al.* (1990).

Inúmeros Autores têm realçado, para o espaço de Coimbra, os factores físicos que permitem o entendimento dos processos de perigosidade, e dos factores condicionantes associados, dentre os quais destacamos A. F. Martins (1940); O. Ribeiro (1968); F. Rebelo (1985); F. Soares, Rocha & Marques (1985); A. C. Almeida *et al.* (1990); F. Rebelo, Cunha & Almeida (1990); A. F. Soares (1990); L. Cunha *et al.* (1999); A. Tavares (1999, 2003b, 2004a), L. Duarte & Soares (2002), A. Tavares & Cunha (2002/2004), A. Tavares *et al.* (2006).

O espaço de Coimbra é, historicamente, um espaço de susceptibilidade geomorfológica e geoclimática, onde se destacam os movimentos de instabilidade em vertentes e taludes, os processos de erosão hídrica, alguns movimentos de subsidência e colapso de fundamentação cársica, mas essencialmente os episódios de cheias e inundações, na dependência do rio Mondego e seus afluentes, ou por dificuldades de escoamento superficial em espaço antropizado.

Também, em episódios cíclicos de perigosidade, se manifestam os incêndios florestais, os quais têm fundamentado, desde a Idade Média, o incremento da actividade ou os volumes, sólidos e líquidos, dos processos relacionados com cheias e inundações anteriormente referidos.

As preocupações de prevenção e redução das perdas e danos associados aos perigos naturais estão presentes em documentos

régios e em planos que visaram ao longo dos séculos restringir o arroteamento progressivo, à custa das florestas e das terras pantanosas, regulamentar as intervenções hidro-agrícolas que dificultavam os fluxos nomeadamente em tempo de cheia, mas também nas zonas baixas da cidade, em ambas as margens, e que culminaram com o Plano de Regularização do Baixo Mondego, em 1962.

Mas para além destas acções, a preocupação na prevenção e redução dos perigos, tem estado presente sob outras formas, assumidas ou induzidas, como o desincentivo à ocupação de determinados corpos líticos, dada a menor aptidão geotécnica, a estruturação de espaços verdes intra-urbana, possibilitando a drenagem e infiltração natural, a limitação da ocupação de vertentes com declives >16% ou de terrenos com formas cársicas profundas, a salvaguarda de corredores que por motivação estrutural exibiam instabilidade ou de antigas explorações de inertes.

Nos diferentes planos de ordenamento municipal, desde o plano de 1940 (De Groër, 1948) até ao Plano Director Municipal de 1994 (CMC, 1993), assiste-se a uma evolução continuada da necessidade de incorporação e gestão dos espaços com condicionantes físicas específicas, expressando factores e eventos locais ou regimes de salvaguarda de âmbito nacional.

Contudo, em função da intensa ocupação antrópica registada nas últimas três décadas no município, com profundas alterações no uso e ocupação do solo, nomeadamente com a progressiva urbanização, a densificação das infra-estruturas viárias, a construção de novos equipamentos, a modificação das actividades industriais e comerciais ou a alteração das práticas agro-florestais, assistiu-se a uma duplicação do espaço ocupado com áreas antropizadas. Esta evolução traduziu-se em alterações de uso e ocupação do solo, a que se associa a edificação em espaços com menor aptidão geotécnica, caracterizados por maior instabilidade relacionada com os movimentos de massa, por um aumento nos volumes escavados e na construção subterrânea, com implicações directas ou indirectas na alteração hídrica com a impermeabilização do solo, corte de linhas de escoamento

natural, artificialização de inúmeros canais e ocupação de leitos de inundação com construções ou materiais de aterro.

Esta evolução antrópica determinou um estado de distúrbio activo, na acepção de T. Toy & Hadley (1987), que tem vindo a ser descrito e apresentado por Autores como F. Rebelo (1980, 1997); F. Rebelo, L. Cunha & A. R. Cordeiro (1986), A. Soares (1990); N. Ganho, L. Lourenço & F. Rebelo (1992); L. Lourenço, A. Nunes & F. Rebelo (1994); L. Cunha & R. Rocha (1997); L. Lourenço (1999); P. P. Cunha (2002); A. Tavares & A. F. Soares (2002); P. Palrilha (2004) e A. Tavares (2004a, 2004b), com incremento da perigosidade e da vulnerabilidade humana aos processos naturais.

A preocupação recente de incorporar nos instrumentos de ordenamento a cartografia de perigosidade e de a fazer reflectir nos critérios e regulamentos de planeamento criou condições para a cartografia de susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes e de susceptibilidade a cheias e inundações (com inventariação dos pontos críticos de escoamento superficial) que se apresenta. Estes exercícios cartográficos foram, também naturalmente impulsionadas por eventos específicos de instabilidade em vertentes e de cheias/inundações, nomeadamente os ocorridos no Inverno de 2000/2001.

3 Perigosidade natural

3.1 Os movimentos de massa

As vertentes naturais e modeladas antropicamente, bem como os taludes artificiais, apresentam no município de Coimbra, um largo historial de instabilidade, determinando frequentemente perdas e danos em infra-estruturas e equipamentos, em edifícios e logradouros, em linhas de água e canais hidráulicos, em espaços agro-florestais e naturais, nomeadamente os referidos, entre outros, por A. Tavares (1999); L. Lourenço & L. Lemos (2001); L. Cunha & L. Dimuccio (2002); A. Tavares & Soares (2002); M. Ferreira & Ferreira (2002/2004); A. Tavares (2003b); L. Lemos & Ferreira (2004); A. Tavares (2004b); A. Tavares & Cunha (2006).

Para avaliação e representação cartográfica da susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes no município de Coimbra, utilizou-se o método determinístico suportado pelo reconhecimento dos factores conducentes à instabilidade (Guzzeti et. al., 1999; Ayala-Carcedo, 2002; Crozier & Glade, 2004). A selecção dos factores pré-condicionantes e preparatórios determinantes na tipologia, morfometria e velocidade dos movimentos baseou-se em trabalhos prévios, entre outros, por J. Zêzere (2001), L. Cunha & Dimuccio, (2002), A. Tavares (2004a), L. Lemos & Ferreira (2004), o que após classificação e ponderação permitiu estabelecer as diferentes classes de zonamento.

Os factores considerados foram as características geológicas/geotécnicas das unidades líticas, o declive, a densidade de fracturação, a partir da interpretação tectono-estrutural, e a ocupação do solo. Os primeiros factores podem ser considerados como pré-condicionantes e o uso do solo, ou a alteração deste, como preparatório.

As análises iterativas levaram a uma classificação prévia dos factores em seis

classes e a uma ponderação da importância relativa de cada factor, tendo-se considerado o declive como de importância superior, de acordo com os registos históricos patentes na classificação super-visada. A utilização do uso do solo como factor preparatório da instabilidade foi analisada e abandonada por constituir uma característica dinâmica com alterações temporais significativas no município, por sobrevalorizar a instabilidade pré-existente decorrentes das alterações antrópicas, por subavaliar a áreas com coberto vegetal actual, não prevendo a alteração de uso, por pulverizar a representação cartográfica em áreas diminutas e, finalmente, por restringir o critério da continuidade espacial de classes, determinante para o ordenamento.

Os resultados obtidos pelo cruzamento de factores foram agrupados em quatro classes, tendo-se procedido a uma análise de vizinhança utilizando uma célula com 50m de lado, incrementando, assim, a continuidade de representação cartográfica. No quadro seguinte aparece a expressão dimensional de cada uma das classes (Quadro I):

Quadro I - Classes e sua expressão dimensional.

| Classe | Nº de polígonos | Área (km²) |
|------------------------|------------------------|------------------------------|
| Estável | 425 | 197,7 |
| Instabilidade Baixa | 1150 | 71,4 |
| Instabilidade Moderada | 729 | 41,0 |
| Instabilidade Elevada | 284 | 17,8 |

A análise compósita permitiu individualizar o zonamento relativo à susceptibilidade a movimentos de massa em vertente, comportando quatro graus de instabilidade, os quais aparecem representados na fig. 1.

Assim, para o município de Coimbra, foi possível identificar:

Zonas estáveis, correspondendo à maior representação no município com especial incidência a Oeste, nos Campos do Mondego e, enquadrando as margens esquerda e direita, bem como um corredor meridiano, a Norte e Sul da cidade de Coimbra. Estas zonas traduzem uma

probabilidade de ocorrência dos movimentos de massa em vertentes e taludes muito baixa ou envolvendo volumetrias reduzidas. Nestes espaços, e dada a escala de representação, subsistem áreas em que os factores pré-condicionantes e preparatórios podem determinar localmente maior susceptibilidade à instabilidade. Salvaguarda-se ainda para estas zonas que as transformações antrópicas, com alteração de uso do solo e, nomeadamente, do coberto vegetal e da geometria das vertentes, podem originar instabilidade, com aumento do grau de susceptibilidade.

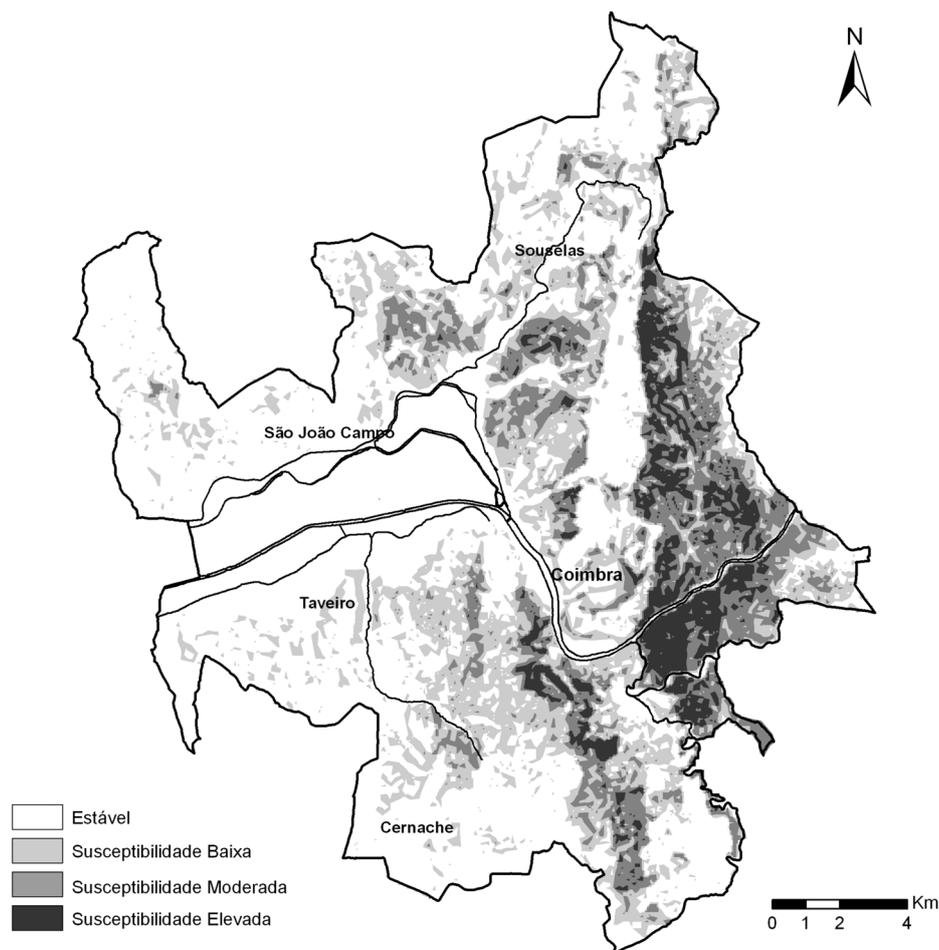


Figura 1 – Carta de susceptibilidade a movimentos de massa no município de Coimbra, a partir de A. Tavares & Cunha (2006).

Zonas de instabilidade baixa, correspondem a áreas com especial incidência a Norte e a Sudoeste da cidade de Coimbra, tendo especial representação nas áreas urbanas, contínuas e descontínuas, de Coimbra, mas constituem igualmente um atributo de inúmeras áreas, não contínuas, em todo o município. Correspondem a áreas sensíveis com probabilidade de ocorrência de movimentos, nomeadamente associados a períodos com elevada precipitação acumulada, mas evidenciado limitada volumetria. A transformação antrópica nestas áreas, nomeadamente com a alteração da geometria e da cobertura vegetal, faz incrementar o grau de instabilidade, e aumentar a representação e extensão cartográfica.

Zonas de susceptibilidade moderada, correspondem a áreas especialmente localizadas a Este da cidade de Coimbra, a Norte englobando as áreas urbanas descontínuas na Pedrulha e Logo de Deus, em Antuzede –

Póvoa do Pinheiro, ao longo de um alinhamento entre Sta. Clara - Pereiros – Almalaguês – Rio de Galinhas e entre S. Martinho do Bispo e Antanol. Constituem, frequentemente, áreas de pressão antrópica recente e intensa, e materializam locais em que os factores extrínsecos podem determinar magnitude e incidência crescente de instabilidade.

Zonas de susceptibilidade elevada, correspondem a áreas com características locais particulares, nomeadamente a Este, Norte e Sul da cidade de Coimbra e, com especial concentração e relevância na zona de Ceira-Sobral e Carvalhosas, no vale da Copeira, sul de Almalaguês, Pedrulha e Logo de Deus, dada a ocupação antrópica. Traduzem áreas com instabilidade sob a forma activa ou latente, em que qualquer alteração física produz um incremento no grau de severidade e velocidade do movimento.

3.2. Cheias, inundações e pontos críticos de escoamento superficial

O traçado, evolução e dinâmica do rio Mondego ressaltam na hidrografia do município, e têm materialização nas formas das vertentes, no volume e composição dos materiais depositados, bem como no volume do caudal líquido e sólido transportados. Inúmeros Autores têm produzido trabalhos de caracterização e avaliação do enquadramento e regime do rio Mondego e afluentes, entre os quais se podem citar F. Martins (1940), F. Soares (1966), F. Rebelo (1985), L. Lourenço (1986), A. C. Almeida *et al.* (1990), R. Sanches (1986), L. Cunha *et al.* (1999), A. Tavares (1999), P. Cunha (2002), P. Palrilha (2002) e I. Paiva (2005).

A concretização da 1ª fase do Projecto de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego com obras hidráulicas, agrícolas, regularização de canais e drenagem urbana possibilitou, a partir da década de 1980, uma continuada laminação de caudais provenientes da barragem da Aguieira, com clara limitação dos caudais de cheia e expressão inundável em Coimbra, em ambas as margens, e nos campos a jusante, apesar de se continuarem a registar cheias nos rios Ceira e Fornos e nas ribeiras de Ançã e Eiras, com inundações de espaços agrícolas e urbanos. Paralelamente, assiste-se à consolidação urbana, à construção de novas vias com a redefinição geométrica do escoamento e criação de passagens hidráulicas, e, complementarmente, à criação de novas morfologias fluviais, pela regularização de leitos e estabilização de margens, no rio dos Fornos, ribeira do Botão, rio Resmungão, ribeira de Eiras, ribeira da Arregaça, ribeira de Coselhas e ribeira de Reveles.

Visando a elaboração da cartografia de susceptibilidade espacial à ocorrência de cheias e inundações, definiu-se uma metodologia de análise que comportou: (1) a análise de fotografia aérea, na escala 1/15000, identificando as formas e os depósitos associados à evolução e dinâmica do rio Mondego e afluentes, o que permitiu a reconstituição paleogeográfica de processos de erosão e sedimentação; (2) a reconstituição histórica, com acompanhamento de campo, de episódios que se

traduziram em situações de inundações ou de drenagem deficiente (1989/1990 e 2000/2001); (3) a inventariação de registos epigráficos e de informações orais de níveis e caudais de cheia; (4) a recolha bibliográfica de dados e cartografia de situações de cheias e inundações (Projecto do Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego (MOP, 1966), os Estudos de Protecção Marginal a montante do Açude-Ponte de Coimbra (*op. cit.*), a cartografia produzida relativa às inundações de 2000/2001 por P. Palrilha (2002), e ainda as referências F. Folque & Silva (1858), LNEC (1990), S. Santos *et al.* (2001), e P. Cunha (2002); (5) a informação sobre ocorrências de cheias e inundações registadas pela Companhia de Bombeiros Sapadores de Coimbra; (6) o levantamento das secções de escoamento no Rio dos Fornos, Ribeira de Eiras, Ribeira do Vilarinho e Ribeira de Coselhas; (7) a análise das condições de escoamento, com identificação de novas edificações, de correcções topográficas por escavação ou deposição de resíduos e aterros, que influenciam o escoamento superficial e sub-superficial.

Como objectos de representação cartográfica seleccionaram-se três elementos, válidos e aferidos para o espaço de Coimbra, susceptíveis de delimitação ao nível dos instrumentos de ordenamento e planeamento municipal e que reflectem condicionamentos, restrições de utilização e uso do solo, alterações de topografia, rebaixamento de níveis, e impõem a adopção de medidas de minimização. Foram, assim, definidas:

Áreas inundáveis, que correspondem às contíguas na margem das linha de água e que tenham sido atingidas por cheias num período centenário. Materializam o extravasar do leito, por crescimento contínuo de vazão, para além do canal natural ou artificial de confinamento, quer em área urbana, quer em área rural. Correspondem aos solos urbanos, naturais ou agrícolas, habitualmente enxutos, afectados por caudais de escoamento de cheia que excedem o regime normal de escoamento.

Dada a diversidade de enquadramento físico das linhas de água sujeitas a extravasamento, assim como da altura da água atingida, do tempo de permanência em regime submerso, da velocidade de

escoamento verificada, da periodicidade de manifestação, do limite máximo delimitador e dos danos produzidos, considerou-se, que correspondem ainda à área inundável os locais com permanência de uma coluna de água, com pelo menos 15cm de altura acima da superfície do terreno, por mais de 6 horas.

Áreas alagáveis, representam os terrenos onde estão registadas ou documentadas evidências de extravasamento rápido dos cursos de água, com tempo de permanência curtos (inferior a 6 horas) ou em que não é ultrapassada uma altura de 15cm de espessura da coluna de água acima da cota de superfície do terreno. Englobam-se ainda neste elemento as áreas urbanas e rurais que por dificuldade de escoamento, superficial ou sub-superficial, dos sistemas de drenagem natural ou artificial em situações de precipitação muito intensa e localizada, assim como os terrenos que, pela pouca profundidade do substrato impermeável ou pela pouca permeabilidade vertical, impo-nham a permanência continuada de níveis freáticos elevados ou próximo da superfície.

Pontos críticos de escoamento superficial, identificam locais com: (1) edifícios ou conjunto de edifícios em áreas inundáveis ou alagáveis a que se associam danos materiais; (2) edifícios com desenvolvimento subterrâneo em que devido ao escoamento superficial ou variações do nível freático tenham necessitado de acções de bombagem adicionais; (3) locais naturais ou artificiais de estrangulamento do escoamento superficial ou sub-superficial com refluxo para montante; (4) locais em que a inundação ou alagamento provoca interrupção de vias de comunicação; (5) locais em que o caudal escoado ou a velocidade de escoamento desencadeiam processos de instabilidade (ex. erosão, movimentos de massa, impulsos em muros e edifícios).

Na figura 2 aparece representada a carta de susceptibilidade a cheias/inundações do município de Coimbra e assinalam-se os pontos críticos de escoamento superficial.

A análise cartográfica faz ressaltar as áreas entre a Ponte da Portela e o Açude-ponte de Coimbra, as áreas que pela morfologia do terreno e materiais presentes parecem associadas às inundações históricas

no Baixo Mondego, nomeadamente as localizadas junto à Vala do Norte. Salienta-se ainda a representação no vale da ribeira da Arregaça e no vale das Flores, no vale da ribeira de Coselhas, no vale da ribeira de Eiras (nomeadamente em S. Paulo de Frades, a montante em Casais de Eiras e junto à ponte de Eiras, em Vilarinho de Cima, na área industrial de Eiras, no Bairro de S. Apolónia e na área industrial de Adémia de Cima). No rio dos Fornos os pontos críticos de escoamento ressaltam na área do Botão, no atravessamento do IP3, na área industrial de Souselas, na confluência do rio Resmungão com o rio dos Fornos, na área urbana de Souselas, na Ponte de Vilela, e em Alcarraques.

Nas localidades de Antuzede, S. João do Campo, S. Facundo e Rios Frios existem pontos com condições de drenagem natural e estrutural deficientes, assim como em Ameal e Vila Pouca/Revelas, na margem esquerda do Rio Mondego. Ainda nesta margem, assinalam-se as condições de alagamento no vale da Ribeira de Frades em Assafarge/Casal de S. João, Palheira, Valongo e Entre Tremoçais, salientando-se o histórico de inundações afectando vias e habitações a jusante da povoação com o mesmo nome.

No rio Ceira salienta-se o registo continuado de inundações em terrenos agrícolas, edifícios e vias em Cabouco e Bouça.

3.3. Análise sinóptica da perigosidade municipal

Conforme salientado por L. Cunha, Almeida & Lopes (2006), o município apresenta susceptibilidade crescente a incêndios florestais ou envolvendo espaços naturais, apresentando estes Autores uma área próxima de 120 km² com elevado ou muito elevado risco de incêndio. Merecem saliência o extenso corredor meridiano oriental, o sector localizado a sudoeste da cidade de Coimbra, e com menor grau de incidência os espaços agro-florestais em ambas as margem dos Campos do Mondego.

A observação do registo histórico das áreas ardidas no período de 1990-2005 faz ressaltar a envolvente à área urbana consolidada, no sector este, sul e sudoeste.

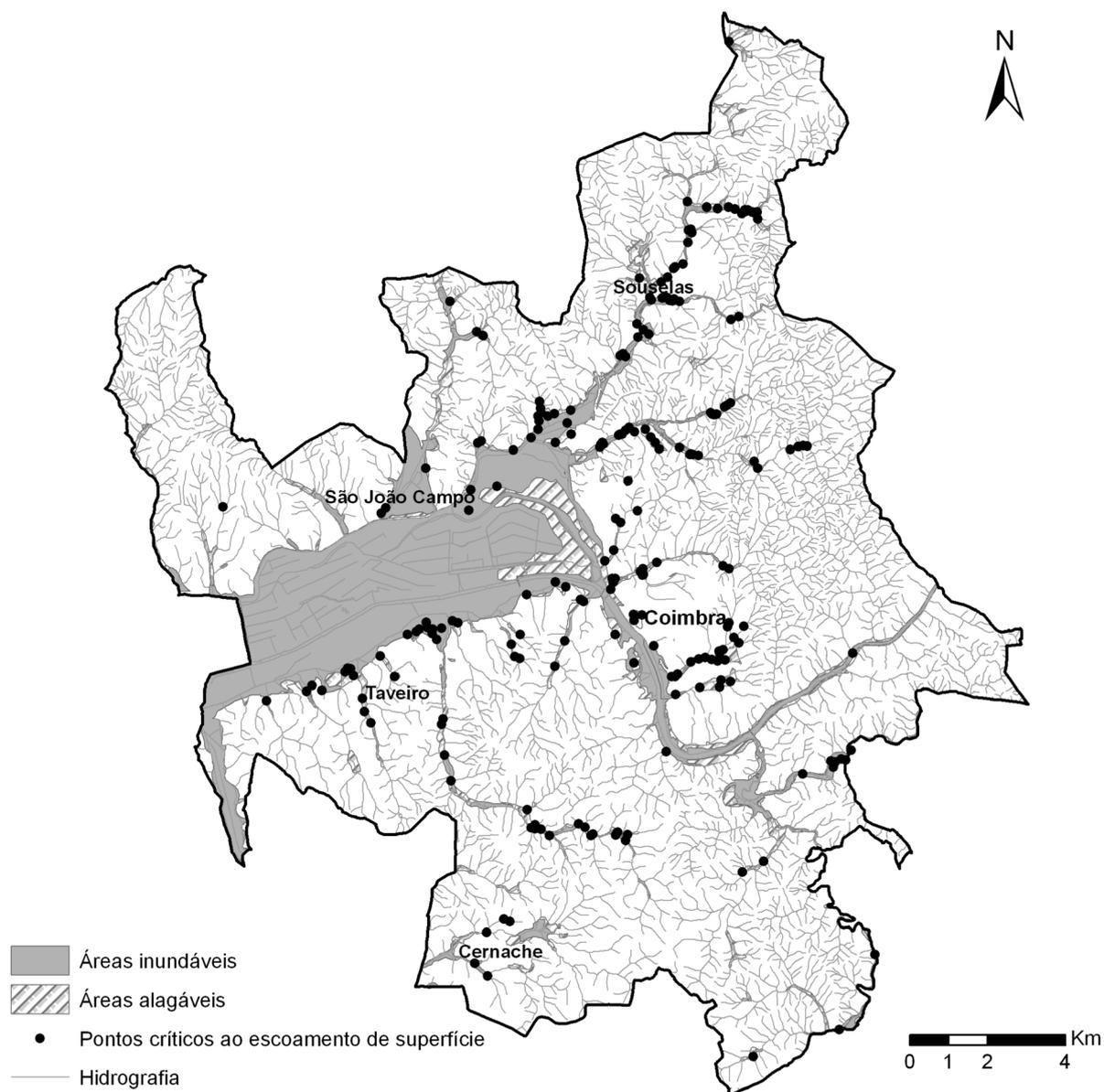


Figura 2 – Carta de susceptibilidade a cheias/inundações e pontos críticos de escoamento superficial (a partir de Tavares & Cunha, 2004).

A projecção destes dados e a associação com as áreas de maior susceptibilidade a movimentos de massa e a cheias e inundações, conforme está patente na figura 3, salienta o enorme condicionamento físico dos processos de perigosidade no entorno urbano da cidade, determinando o especial distúrbio nos processos e formas nas áreas envolventes, e que apresentam uma elevada pressão antrópica.

Foi também feita a análise das associações de perigosidade aos vários espaços de planeamento definidos por A. Tavares & Cunha (2002/2004), os quais foram baseados nas variáveis biofísicas, demográficas e

sociais do município e cujos contornos aparecem representados na figura 3.

Na figura 4 aparece a representação para cada um dos espaços de planeamento municipal definidos, a importância relativa das perigosidades associadas com os movimentos de massa, cheias e inundações e incêndios florestais ou em espaços naturais. A projecção resulta da importância relativa da área com probabilidade de ser afectada pelos processos de perigosidade com a área total do espaço, tendo os pontos críticos de escoamento superficial sido traduzidos em expressão areal.

A análise dos resultados faz diferenciar:

os Campos do Mondego, pelo contributo largamente dominante das cheias e inundações; os espaços urbanos descontínuos, norte e sul, em que o distúrbio é maioritariamente associado aos movimentos de massa; o contributo similar dos incêndios em espaços como o Maciço

Marginal Montanhoso e os corredores meridianos norte e sul; o contributo conjugado dos vários processos de perigosidade no espaço da Margem Direita dos Campos do Mondego, no Vale dos Fornos e no Espaço Urbano (histórico, contínuo e verde).

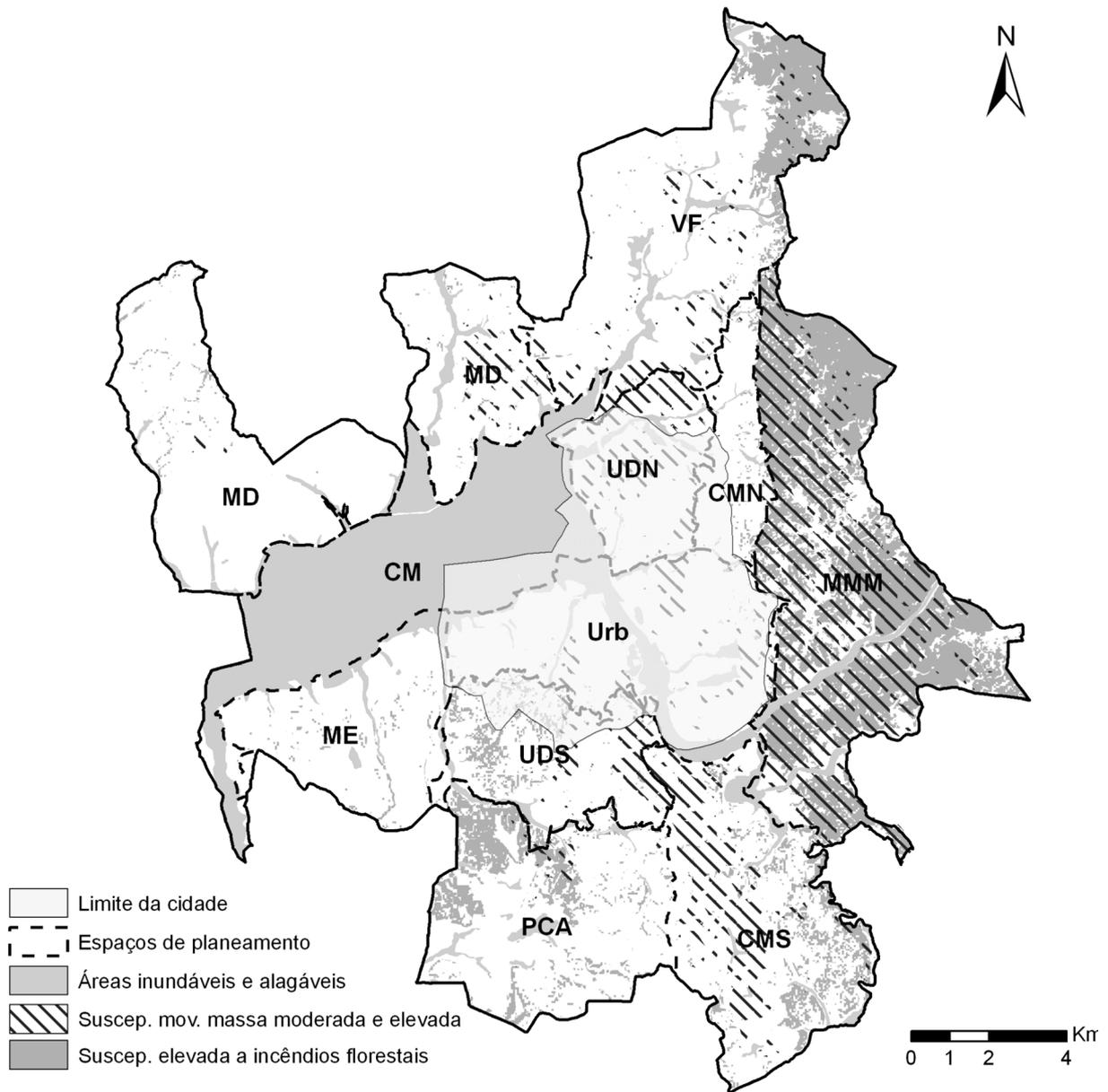
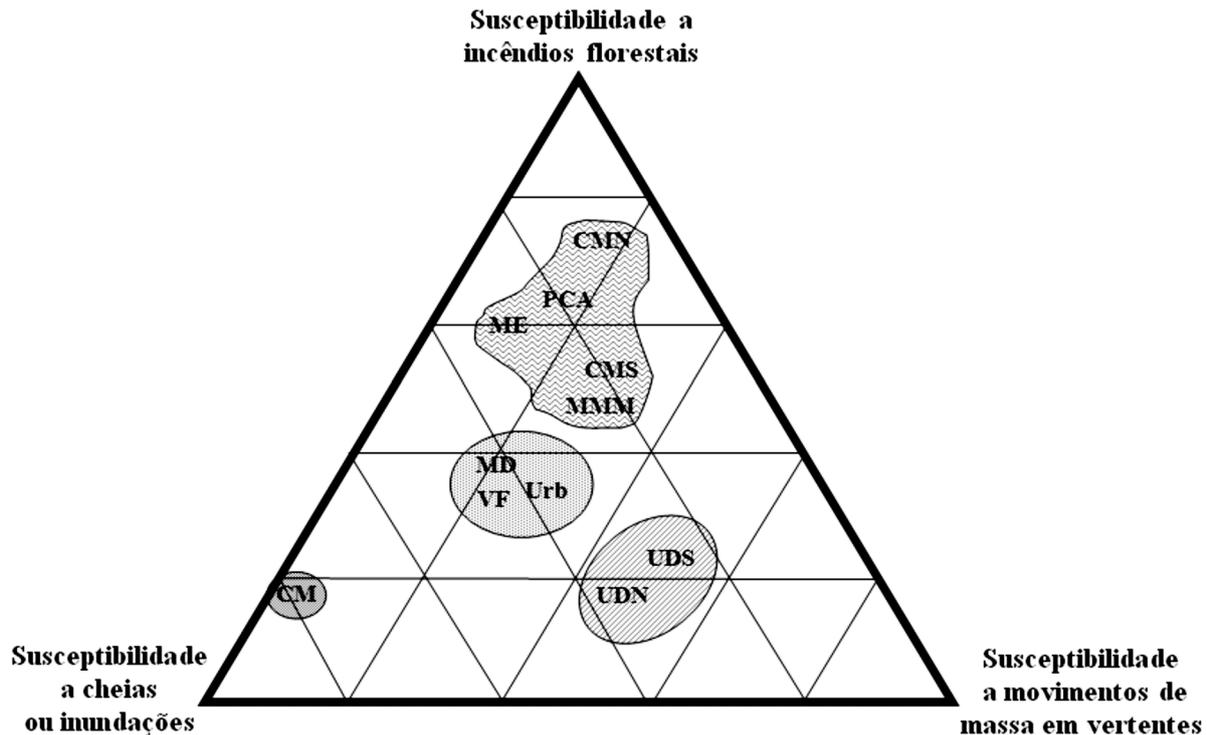


Figura 3 – Projecção sinóptica dos graus de susceptibilidade elevada relacionados com os movimentos de massa, cheias e inundações e incêndios florestais ou em espaço natural.



Urb - Urbano (histórico, contínuo Este, contínuo Oeste, verde do Mondego); Espaço UDN - urbano descontínuo Norte; UDS - urbano descontínuo Sul; MMM - Maciço Marginal Montanhoso; CMN - Corredor meridiano Norte; CMS - Corredor meridiano Sul; PCA - Plataforma de Cernache-Assafarge; VF - Vale dos Fornos; MD - Margem direita dos Campos do Mondego; ME - Margem esquerda Campos do Mondego; CM - Campos do Mondego.

Figura 4 – Susceptibilidade aos processos naturais de perigosidade para as diferentes unidades de gestão e planeamento, definidas em A. Tavares & Cunha (2002/2004).

3.4. Conclusões

O espaço do município de Coimbra é caracterizado por contrastes físicos, os quais apresentam uma elevada expressão nos processos naturais de perigosidade.

Apesar de um longo historial de perdas e danos associados aos processos de perigosidade e da existência de inúmeros trabalhos de análise e reflexão sobre o tema, a sua tradução nos instrumentos de ordenamento e planeamento tem sido limitada.

A avaliação e expressão territorial da susceptibilidade sugerem formas de análise pormenorizadas, com identificação dos factores intervenientes, e em que pequenas alterações na cobertura vegetal ou na topografia, ou a modificação da drenagem favorecem a actividade nas vertentes podendo envolver volumes e espessuras das massas deslocadas consideráveis e

determinar, assim, graus crescentes de instabilidade. Esta análise deve ser especialmente valorizada em áreas de pressão antrópica recente e intensa.

Por outro lado, a redefinição geométrica de taludes, por escavação ou aterramento, determinam a identificação das condições de instabilidade e o cálculo das condições de segurança, dado que pequenas alterações geométricas e na cobertura vegetal, incrementam as condições de movimento e expandem as áreas caracterizadas pela susceptibilidade; neste sentido é prudente a implementação de restrições na ocupação e condições específicas de projecto para estas zonas.

Relativamente à gestão das áreas ameaçadas por cheias e inundações é importante a valorização dos registos históricos de inundação, em articulação com os dados actualizados da regularização e laminação de caudais decorrentes das obras

construídas e projectadas e, simultaneamente, restringir a ocupação edificável em áreas inundáveis e limitar a transformação das áreas alagáveis.

Para o ordenamento dos espaços sujeitos a cheias, inundações ou que apresentam pontos críticos de escoamento é fundamental manter as áreas naturais de inundação, que funcionam como importantes factores de laminação do escoamento, restringir o aterramento ou a modificação topográfica. Um aspecto que ressalta na análise das dinâmicas fluviais de perigosidade é a necessidade de ajustar com acções estruturais os locais do confinamento de secção de vazão, com especial incidência nas áreas de refluxo para montante, e avaliar a eficiência de vários troços regularizados e com confinamento de canais nas pequenas bacias.

O espaço urbano de Coimbra apresenta uma envolvente de elevada susceptibilidade, com especial incidência nos espaços com processos de peri-urbanização e rurbanização, o que sugere um exercício adequado de ordenamento e planeamento.

A valoração diferenciada na gestão municipal dos processos de perigosidade, com o estabelecimento de condicionantes específicas para o uso e ocupação do território, a estruturação biofísica e a definição de aptidão e capacidade de carga, permite a definição de estratégias bem sucedidas de prevenção, redução e mitigação dos riscos, assim como a adequada aplicação de instrumentos regulamentares municipais e dos regimes de restrição e servidão específicos.

As estratégias de desenvolvimento municipal devem ter em atenção a perigosidade natural, a vulnerabilidade e a exposição social e das comunidades, promovendo uma diferenciada valorização do território, a explicitação das condicionantes físicas e a adequada gestão territorial das áreas de interface.

Bibliografia

- Almeida, A. C.; Soares, A. F.; Cunha, L. & Marques, J. F. (1990). Prémio ao estudo do Baixo Mondego. *Biblos*, 65: 17-47.
- Ayala-Carcedo, F. (2002). Riesgos naturales. Ayala-

- Carcedo y Cantos (coord.). Ariel Ciencia, Barcelona, pp. 379-409.
- CMC (1993). Urbanismo Coimbra Anos 90. Câmara Municipal de Coimbra, 84p.
- Crozier, M. & Glade, T. (2004). Landslide hazard and risk: issues, concepts and approach. *Landslide hazard and risk*. Thomas Glade, M. Anderson & M. Crozier (eds). J. Willey & Sons, Ltd, West Sussex, pp. 1-40.
- Cunha, L. & Dimuccio, L. (2002). Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. *Territorium*, 9: 37-51.
- Cunha, L. & Rocha, R. (1997). Ensino da Geografia e Riscos Naturais. Reflexões a propósito de um mapa de riscos naturais do vale de Coselhas (Coimbra). *Cadernos de Geografia*, 16: 25-38.
- Cunha, L., Almeida, A. C & Lopes, M. C. (2006). Caracterização geomorfológica, hidrológica e dos processos naturais do Município de Coimbra (Relatório não publicado). FLUC-CMC, 147 p.
- Cunha, L., Soares, A. F.; Tavares, A. O. & Marques, J. F. (1999). O «julgamento» geomorfológico de Coimbra. O testemunho dos depósitos quaternários. Actas do I Colóquio de Geografia de Coimbra *Cadernos de Geografia*, num. esp., pp. 14-26.
- Cunha, P. P. (2002). Vulnerabilidade e risco resultante da ocupação de uma planície aluvial – o exemplo das cheias do rio Mondego (Portugal central), no Inverno 2000/2001. *Territorium*, 9: 13-35.
- De Gröer, E. (1948). Anteprojecto de urbanização e embelezamento e de extensão da cidade de Coimbra. Câmara Municipal de Coimbra.
- Dias, R. & Ribeiro, A. (1993). Porto – Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the Variscan orogeny. *Comun. Inst. Geológico e Mineiro*, 79: 31-40.
- Duarte, L. & Soares, A. (2002). Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitaniana (Portugal). *Comun. Inst. Geológico e Mineiro*, 89: 115-134.
- 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, 110 p.
- Ferreira, M. Q. & Ferreira, T. Q. (2002/2004). O problema das instabilizações de taludes em Coimbra. *Cadernos de Geografia*, 21/23: 127-142.
- Folque, F. & Silva, F. M. (1858). Planta provisória dos campos inundados pelas máximas cheias do Mondego, seus afluentes e vallas, desde Coimbra até a sua Foz na Villa da Figueira para servir de base às disposições do nº 2 do Art. 3 da Lei de 12 de Agosto de 1856. Escala 1/25000.
- Ganho, N.; Lourenço, L. & Rebelo, F. (1992). Importância da Climatologia e da Geomorfologia no planeamento urbano. Análise de um caso concreto na parte oriental da cidade de Coimbra. *Cadernos de Geografia*, 11: 75-85.
- Guzzetti, F.; Carrara, A.; Cardinali, M. & Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31: 181-216.
- INETI (2005). Carta Geológica de Portugal, Folha 19-D, Coimbra-Lousã, escala 1/50000. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa; Notícia Explicativa, 2007.
- Lemos, L. & Ferreira, M.Q. (2004). Elísio de Moura landslide. Proc. IX Int. Symposium on landslides –

- Landslides: evaluation and stabilization., Balkema Publ., Rio de Janeiro, Vol 2, pp. 1013-1017.
- LNEC (1990). As cheias em Portugal. Caracterização das Zonas de Risco. 1º Relatório, NHHF, Lab. Nac. Eng. Civil, Rel. 192/92, Lisboa.
- Lourenço, L. & Lemos, L. (2001). Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da Av^a. Elísio de Moura, em Coimbra. *Territorium*, 8: 93-108.
- Lourenço, L. (1986). Aproveitamento hidráulico do Vale do Mondego. Problemas do vale do Mondego. IV Colóquio Ibérico de Geografia, Coimbra.
- Lourenço, L. (1999). Coimbra e os riscos naturais. Passado e presente. Cadernos de Geografia, Coimbra, I Colóquio de Geografia de Coimbra, pp. 37-43.
- Lourenço, L.; Nunes, A. & Rebelo, F. (1994). Os grandes incêndios florestais registados em 1993 na fachada costeira ocidental de Portugal continental. *Territorium*, 1: 43-61.
- Martins, A. F. (1940). O esforço do Homem na Bacia do Mondego. Ensaio geográfico. Diss. Licenciatura, Coimbra, 299 p.
- Mendes, J. M. & Tavares, A. (2008). Building resilience to natural hazards. Practices and policies on governance and mitigation in the central region of Portugal. Safety, reliability and risk analysis: Theory, methods and application. Martorell, Guedes & Barnett. (eds.). Taylor & Francis, London, pp. 1577-1584.
- Ministério Das Obras Públicas (1966). Aproveitamento hidráulico da bacia do Mondego. DGSH; DSAH-MOP. Lisboa.
- Paiva, I. (2005). Risco de inundação em Coimbra. Factores físicos e acção antrópica – as inundações urbanas e as cheias do Mondego (1950/51 -2003/04). Tese de Mestrado (não publicada), Univ. Coimbra, 193p.
- Palrilha, P. (2004). As cheias no Baixo Mondego no ano hidrológico 2000/2001. Avaliação e percepção ao risco de inundação. Tese de Mestrado (não publicada), Univ. Aveiro, 145p.
- Rebelo, F. (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: 653-673.
- Rebelo, F. (1985). Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área da região de Coimbra (Portugal). *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 100: 193-202.
- Rebelo, F. (1997). Risco e crise nas inundações rápidas em espaço urbano. Alguns exemplos portugueses analisados a diferentes escalas. *Territorium*, 4: 29-47.
- Rebelo, F., Cunha, L. & Almeida, A. C. (1990). Contribuição da Geografia Física para a inventariação das potencialidades turísticas do Baixo Mondego. *Cadernos de Geografia*, 9: 3-34.
- Rebelo, F.; Cunha, L. & Cordeiro, A. R. (1986). Sobre a origem e evolução actual dos ravinamentos em calcários margosos na área de Condeixa. IV Colóquio Ibérico de Geografia, Coimbra, pp. 875-882.
- Ribeiro, O. (1968). Excursão à Estremadura e Portugal Central. I Seminário Int. Geografia, C.E.G. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Sanches R. (1986). O problema secular do Mondego e a sua resolução. Ed. LNEC, Lisboa.
- Santos, F. S. et al. (2001). Relatório Final do Grupo de Trabalho para a análise das cheias no Baixo-Mondego no Inverno 2000/2001. Ordem dos Engenheiros – Região Centro e Dep. Eng. Civil – FCTUC, Coimbra.
- Soares, A. F. (1966). Estudo das formações pós-jurássicas da região de entre Sargento-Mor e Montemor-o-Velho (margem direita do rio Mondego). *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Miner. Geol. Univ. Coimbra*, 62: 343 pp.
- Soares, A. F. (1990). Apontamentos sobre a geologia de Coimbra. Livro de Homenagem a Carlos Romariz, Sec. Geol. Económica e Aplicada, Lisboa, pp. 310-331.
- Soares, A. F. & Gomes, C. (1997). A geologia do Baixo Mondego. Seminário – O Baixo Mondego – organização geossistémica e recursos naturais. Coimbra, pp. 5-20.
- Soares, A. F.; Marques, J. & Rocha, R. B. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 100: 41-71.
- Tavares, A. (1999). Condicionantes físicas ao planeamento. Análise da susceptibilidade no espaço do concelho de Coimbra. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Coimbra, 343p.
- Tavares, A. (2003a). Importância da geologia no planeamento urbano. XIII Curso de Actualização de Professores de Geociências. Ass. Port. Geólogos, Coimbra, p.4.
- Tavares, A. (2003b). Caracterização das unidades líticas carbonatadas na região de Coimbra. A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos, Imprensa da Universidade Publ., Coimbra, pp. 333-344.
- Tavares, A. (2004a). Geotechnical and natural hazard mapping on urban and outer urban planning. 57th Canad. Geotech. Conf. CD, Geo-quebec 2004, Quebec City, Sec. 4C, pp. 27-33.
- Tavares, A. (2004b). Landslides and gully erosion in Jurassic marl-limestone areas (Central Portugal). IX Int. Symposium on landslides – Land-slides: evaluation and stabilization., Balkema Publ., Rio de Janeiro, vol. 1, pp. 405-409.
- Tavares, A. & Soares, A. F. (2002). Instability relevance on land use planning in Coimbra municipality (Portugal). Proc. Int. Conf. Instability – Planning and Management, Thomas Telford Publ., London, pp. 177-184.
- Tavares, A. & Cunha, L. (2002/04). Espaços de planeamento no concelho de Coimbra. A importância das variáveis biofísicas, demográficas e sociais. *Cadernos de Geografia*, 21/23: 241-254.
- Tavares, A. & Cunha, L. (2004). Áreas inundáveis e pontos críticos de escoamento superficial no Município de Coimbra (Relatório não publicado). DCT-FCTUC e CMC, 13 p. + 1 mapa.
- Tavares, A. & Cunha, L. (2006). Perigosidade associada a movimentos de massa em vertentes (Relatório não publicado). DCT-FCTUC e CMC, 4 p. + 1 mapa.
- Tavares, A.; Pereira, A.; Soares, A. F.; Azevedo, J. M.; Marques, J. F.; Pereira, L. C. e Cunha, L. (2006). Caracterização geológica e dos processos naturais. Análise sinóptica. (Relatório não publicado). DCT-FCTUC e CMC, 47p.
- Toy, T. J. & Hadley, R. F. (1987). Geomorphology and reclamation of disturbed lands. Academic Press, Orlando, 480p.
- UN-ISDR (2004). Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. International Strategy for Disaster Reduction, Inc NetLibrary, 554 p.
- Zêzere, J. L. (2001). Distribuição e ritmo dos movimentos de vertente na região norte de Lisboa. Centro de Estudos Geográficos, Relatório 38, Lisboa, 167 p.