



Clémence Guillard,
RISKam - Centro de Estudos Geográficos
Instituto de Geografia e de Ordenamento do Território
Universidade de Lisboa
clemence_guillard@hotmail.com

José Luís Zêzere,
RISKam - Centro de Estudos Geográficos
Instituto de Geografia e de Ordenamento do Território
Universidade de Lisboa
zezere@campus.ul.pt

Análise qualitativa do risco de deslizamento na área de Fanhões-Trancão (Região a Norte de Lisboa)

Riscos Naturais e Ordenamento do Território

Resumo

Uma metodologia de avaliação de risco de deslizamento é aplicada a Fanhões-Trancão, área de 20 km² situada no concelho de Loures e integrada na Região a Norte de Lisboa. Um modelo de susceptibilidade previamente elaborado e validado serviu de base à avaliação da perigosidade. Os danos potenciais foram avaliados pelo cruzamento da vulnerabilidade dos elementos expostos (habitantes, edifícios e estradas) e do valor destes elementos, correspondendo aos custos de reconstrução dos edifícios e das estradas. A vulnerabilidade foi avaliada considerando os prejuízos corporais, os danos estruturais e as perturbações funcionais, bem como o nível de conhecimento das populações sobre o risco de deslizamento, avaliado por um inquérito. O mapa de risco foi elaborado recorrendo a uma matriz de risco que permite determinar a importância relativa que têm a perigosidade e os danos potenciais em relação à aceitabilidade do risco.

1. Introdução

A área Fanhões-Trancão é afectada por deslizamentos de tipo rotacional, translacional e translacional superficial, que no passado causaram danos significativos em estruturas e infra-estruturas. Para poder evitar que outros danos ocorram no futuro, é necessário que as autoridades responsáveis pelo ordenamento do território considerem o risco de deslizamentos, geralmente definido como sendo produto da perigosidade, dos elementos em risco (ou elementos expostos) e da vulnerabilidade destes elementos (Varnes et al., 1984; Coburn et al., 1994; Glade, 2003; Michael-Leiba et al., 2003).

O objectivo deste estudo é a avaliação do risco de deslizamentos nesta área. Neste trabalho é adoptado o modelo conceptual de risco proposto pela UNDRO (1979) e transposto para a instabilidade geomorfológica por Varnes et al. (1984). Neste contexto, o risco de deslizamento situa-se no cruzamento da Perigosidade, da Vulnerabilidade dos Elementos Expostos, e do Valor destes últimos.

Se a susceptibilidade dos terrenos aos deslizamentos é estudada por diversos métodos, que, por recorrerem a estatísticas, proporcionam uma certa objectividade e reprodutibilidade, a avaliação da vulnerabilidade é mais subjectiva (Dai et al., 2002) e, comparativamente, tem sido alvo de menor atenção (Glade, 2003). A vulnerabilidade é o grau de perda ou de deterioração de um elemento ou de um conjunto de elementos em risco, em resultado da ocorrência de um fenómeno potencialmente perigoso (Varnes et al., 1984; Léone, 1996; Dai et al., 2002; Giacomelli et al., 2003). Pode ser avaliada de maneira quantitativa ou qualitativa e pode ser caracterizada pelos seguintes parâmetros: graus de exposição e de fragilidade; número de vidas em jogo e impacto na qualidade de vida; valores económicos afectados e impacto ambiental potencial (Mora et al., 2006). No entanto, é geralmente qualificada por um índice que varia entre 0 e 1, que representa o grau de perda e que serve, assim, de indicador da vulnerabilidade. Este índice tem sido atribuído a diferentes elementos expostos ou conjuntos de elementos por diversos investigadores. Finlay (1996, citado por Dai et al., 2002) quantifica a vulnerabilidade das vidas humanas de acordo com o lugar onde a pessoa se encontra e tendo em consideração as consequências do impacto que pode sofrer. Léone (1996) expõe, em matrizes de perda potencial, um índice de qualificação dos prejuízos corporais, dos danos estruturais e das perdas funcionais, cuja construção é baseada em métodos qualitativos e quantitativos. Blong (2003) criou um índice de perda fundamentado numa estimativa dos custos directos gerados pela reconstrução dos edifícios. Zêzere et al. (2007) estimaram os custos directos e indirectos gerados pela destruição de uma auto-estrada por um deslizamento e os custos directos em edifícios e estradas afectados por movimentos de vertente (Zêzere et al., 2008). Michael-Leiba et al. (2003) assumem como índice de perda a probabilidade de que uma construção ou estrada seja destruída, ou de que um indivíduo seja morto, em caso de impacto com um deslizamento. Segundo Glade e Crozier (2005), é necessário um método geral de determinação da vulnerabilidade de elementos expostos a movimentos de vertente de tipos e de magnitudes específicas.

Embora este artigo descreva a análise qualitativa do risco de deslizamento, a avaliação da vulnerabilidade é a parte mais detalhada do trabalho. A perigosidade é avaliada a partir de um modelo de susceptibilidade que foi validado (Guillard, 2009). Um método de avaliação dos danos potenciais foi desenvolvido no presente estudo, em primeiro lugar, com a avaliação da vulnerabilidade e, em segundo lugar, com a avaliação do valor dos elementos em risco. A avaliação da vulnerabilidade inspira-se das definições de Varnes et al. (1984), de Léone (1996) e da Acção de Emergência Internacional (citado por Léone, 2007). O valor dos elementos em risco provém do estudo de Zêzere et al. (2007). O mapa de risco de deslizamentos baseia-se no cruzamento das classes de perigosidade e de danos potenciais.

2. Apresentação da área de estudo

A área de estudo, representada na Figura 1, é denominada Fanhões-Trancão. Está situada no concelho de Loures, imediatamente a norte de Lisboa, e tem uma superfície de 20 km² e um perímetro de 18 km. O seu nome vem das ribeiras cataclinais de Fanhões e do Trancão que a percorrem. Faz parte da Orla Meso-Cenozóica Ocidental Portuguesa e o seu ponto mais elevado situa-se a 335 metros de altitude. Quatro freguesias - Fanhões, Bucelas, São Julião do Tojal e Santo Antão do Tojal, fazem parte desta área, bem como sete aldeias, o que implica a presença de muitos elementos expostos, entre os quais cerca de 2570 edifícios e

170 quilómetros de estradas (Zêzere et al., 2008). Por se situar na Área Metropolitana de Lisboa, o número de habitantes desta área está a crescer. Como o número de elementos expostos aumenta, a sua vulnerabilidade e o seu risco, tendem também a aumentar. Além disso, de acordo com resultados preliminares obtidos no âmbito dos trabalhos de revisão do Plano Regional de Ordenamento do Território da Área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML), as edificações em zonas instáveis no concelho de Loures tiveram um acréscimo de 64% entre 1995 e 2007.

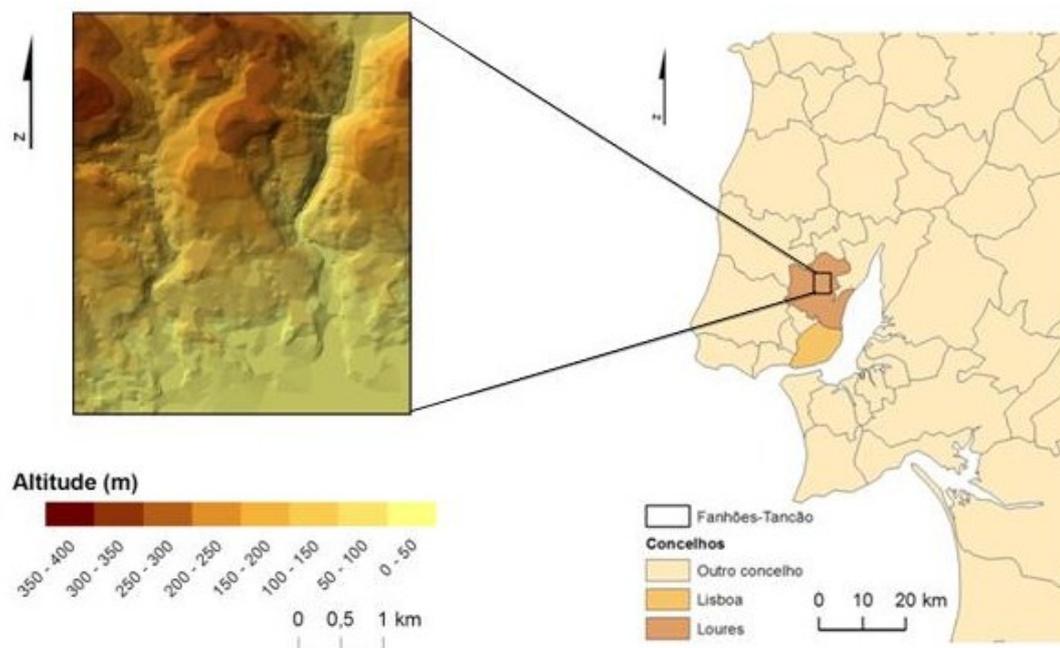


Figura 1 – Situação geográfica da área de estudo

3. Avaliação e cartografia da perigosidade

Segundo Varnes et al. (1984), a perigosidade é a “probabilidade de ocorrência de um fenómeno potencialmente destruidor, num determinado período de tempo e numa dada área”. A sua estimativa passa pela avaliação da susceptibilidade, que é, segundo Soeters e Van Westen (1996), a “expressão da propensão para a ocorrência de movimentos de vertente numa dada área, com base nas características do terreno, não contemplando o período de retorno ou a probabilidade de ocorrência dos fenómenos de instabilidade”.

Foi utilizado um modelo de susceptibilidade do concelho de Loures construído com recurso a um método estatístico bi-variado baseado nas regras da probabilidade bayesiana (o Método do Valor Informativo). Este modelo tem sido validado por taxas de sucesso e de predição. A sua elaboração e a sua validação são detalhadas em Guillard (2009) e em Guillard e Zêzere (submetido).

Para a avaliação da perigosidade, a zona de estudo foi reduzida a Fanhões-Trancão por várias razões. A principal é o facto de as datas dos movimentos de vertente serem conhecidas, o que é fundamental para a avaliação da componente temporal da perigosidade. Além disso, os limites dos deslizamentos desta área tinham sido confirmados através de trabalho de campo, o que permite conhecer os quantitativos das áreas instabilizadas. Um valor de probabilidade de ocorrência temporal foi atribuído às classes do mapa de susceptibilidade na base da hipótese seguinte: a área total a ser instabilizada por deslizamentos nos próximos trinta e um anos (ou

seja de 2010 a 2040) vai ser igual à que deslizou nesta zona durante os últimos trinta e um anos (de 1979 a 2009).

A probabilidade de ocorrência de um deslizamento nos próximos trinta e um anos atribuída à classe i (P_i) foi calculada segundo a equação (1). Nesta equação, T_{af} corresponde à superfície total que vai deslizar. É igual, de acordo com a hipótese emitida, à soma das áreas dos deslizamentos verificados na área de estudo entre 1979 e 2009, e tem o valor de 446 790 m². T_i corresponde à superfície da classe de susceptibilidade i e P_r corresponde ao valor preditivo da classe de susceptibilidade i . Este valor faz referência à potencialidade que o modelo tem de prever o lugar dos futuros deslizamentos de acordo com os deslizamentos passados. É calculado a partir da taxa de predição elaborada com os deslizamentos da área de estudo (Guillard, 2009).

$$P_i = 1 - \left[1 - \frac{T_{af}}{T_i} \cdot P_r \right] \quad (1)$$

O mapa de perigosidade obtido é apresentado na Figura 2. Os valores de perigosidade foram classificados em quantis e transcritos de modo qualitativo.



Figura 2 – Mapa de perigosidade

4. Avaliação e cartografia dos danos potenciais

4.1. Avaliação da vulnerabilidade dos elementos expostos

4.1.1. Definições

A vulnerabilidade tem diversos aspectos determinados por várias definições. Com efeito, segundo Varnes et al. (1984), a vulnerabilidade é o « grau de perda de um elemento em risco, em resultado da ocorrência de um fenómeno natural de determinada magnitude. É expressa

numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total). » Segundo Léone (1996), a vulnerabilidade avalia-se quantificando o nível de deterioração dos elementos expostos, ou seja, os prejuízos corporais, os danos estruturais ou as perturbações funcionais gerados por um deslizamento. Por outro lado, de acordo com a Acção de Emergência Internacional, « a vulnerabilidade, é a ignorância dos riscos, é a falta de preparação, de prevenção. » (Acção de Emergência Internacional, citado por Léone, 2007). Com efeito, uma população consciente da possibilidade de ocorrência de um fenómeno perigoso e que conhece o fenómeno poderá ter um comportamento responsável (e.g. não construir novos edifícios numa zona perigosa, reconhecer os sinais de um deslizamento sobre um edifício e abandoná-lo antes que as fissuras o fragilizem demasiado). Pelo contrário, uma população que ignora a presença de um risco ou que subestima a sua importância é mais vulnerável porque as decisões que tomará não contribuirão para a redução desse risco, e poderão mesmo aumentá-lo (e.g. pessoas que constroem casas sobre terrenos instáveis sem se terem previamente informado sobre a estabilidade do terreno).

4.1.2. Método de avaliação de vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi avaliada considerando as três definições expostas na sub-secção anterior. Um índice de perda entre 0 e 1 foi atribuído a cada conjunto de elementos expostos, quantificando assim os prejuízos corporais, os danos estruturais e as perturbações funcionais gerados por um deslizamento. Além disso, o conhecimento das populações da área de estudo sobre os deslizamentos que a ameaçam foi avaliado através de um questionário e incluído no estudo da vulnerabilidade. O texto do inquérito é apresentado no Anexo I.

4.1.2.1. Avaliação dos prejuízos corporais, dos danos estruturais e das perturbações funcionais

Os elementos expostos são, por definição, todos os elementos humanos (habitantes, bens, edifícios, infra-estruturas, actividades, etc.) ameaçados por um fenómeno perigoso (Varnes et al., 1984; Glade, 2003 ; Léone, 2007). Contudo, o método desenvolvido no presente estudo tem por objectivo a avaliação do risco de deslizamento à escala regional. Por isso, a totalidade dos elementos expostos não podia ser considerada, e o nível de precisão foi reduzido ao estudo da vulnerabilidade dos habitantes, dos edifícios e das estradas, elementos considerados essenciais e sobre os quais havia alguma informação disponível. Com efeito, a última base de dados criada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) permitiu conhecer o número e a idade dos habitantes de cada sub-secção da Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI), bem como o número de famílias, o número de alojamentos, o ano de construção de cada edifício e os materiais com que cada um foi construído. Em relação às estradas, foi utilizado um *layer* criado por investigadores do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, no âmbito do Projecto ALARM (Zêzere et al., 2008), a partir da digitalização das estradas de ortofotos e da sua verificação no campo, e no qual se precisa cada tipo de estrada da zona de estudo (auto-estrada, estrada nacional, ramal de acesso à auto-estrada, estrada municipal, outra estrada de alcatrão, estrada de terra).

A partir desses temas, foram seleccionados os indicadores que caracterizam os prejuízos corporais, os danos estruturais e as perdas funcionais que os elementos expostos podem sofrer (Tabela 1).

Tabela 1 – Indicadores escolhidos para avaliar os prejuízos corporais, os danos estruturais e as perturbações funcionais

Indicadores considerados para a avaliação de:	Habitantes	Edifícios	Estradas
prejuízos corporais	- Número - Idade	- Materiais de construção - Ano de construção	- Densidade de utilizadores

danos estruturais		- Materiais de construção - Ano de construção	- Presença
perturbações funcionais	- Número de famílias a alojar de novo		- Número diário de utilizadores - Inconvenientes provocados por um outro itinerário

O número de habitantes é um indicador de vulnerabilidade corporal porque a probabilidade de haver vítimas numa dada sub-secção da BGRI aumenta em função dele.

Entre esses habitantes, alguns são mais vulneráveis que outros. A idade dos habitantes é um indicador da sua mobilidade e também do conhecimento que têm do fenómeno perigoso. Com efeito, os resultados do inquérito mostram que as pessoas com mais de 65 anos são as que conhecem melhor o fenómeno de deslizamento na zona de estudo. Uma vez que os deslizamentos que ameaçam a área de estudo são relativamente lentos, a mobilidade dos habitantes foi tomada em conta de maneira menos importante na avaliação da vulnerabilidade que o conhecimento do risco, pela atribuição de um factor de ponderação de 1 contra 2 (cf. Tabela 7 no Anexo II).

Os materiais de construção dos edifícios são em grande parte responsáveis pela sua vulnerabilidade. Com efeito, os materiais cujos elementos principais são a madeira ou o metal são mais vulneráveis aos deslizamentos que os construídos em betão ou em pedra. Este indicador figura na avaliação dos danos estruturais causados nos edifícios e também na avaliação dos prejuízos corporais, porque se os habitantes se encontrarem num edifício quando um deslizamento o afectar, o nível de danos corporais tende a acompanhar o grau de afectação do edifício.

A idade de um edifício pode ser um indicador de vulnerabilidade, porque quanto mais velho é um edifício, mais terá sido fragilizado por fenómenos exteriores. Além disso, em consequência de a lei portuguesa a partir de 1983 ter imposto medidas anti-sísmicas nas construções, os edifícios que foram construídos após essa data são considerados como tendo uma resistência maior.

A densidade de automobilistas presentes na estrada é um indicador de vulnerabilidade corporal, no sentido em que se um deslizamento cortar uma estrada ou a deformar, a gravidade do acidente será maior se a densidade de tráfego também o for.

A existência de estradas implica possíveis danos estruturais. Contudo, nenhum indicador foi considerado para atribuir valores diferentes por tipos de estradas (o valor de índice de perda 1 foi atribuído a todos os tipos de estradas).

O número de famílias a alojar novamente é um indicador das perdas funcionais (o valor de índice de perda 1 foi atribuído por cada família).

O número diário de utilizadores das estradas é um indicador da sua frequência, e, assim, das perdas funcionais que seriam causadas pelo corte de uma delas.

Os inconvenientes causados por uma mudança de itinerário são um indicador da importância da estrada para os utilizadores. Foram consideradas as possibilidades de utilizar um outro itinerário e o número de quilómetros acrescentados pelo desvio.

Um índice de perda entre 0 e 1 foi atribuído a cada conjunto de elementos expostos, da maneira mais objectiva possível. O valor 1 foi afectado à classe considerada mais vulnerável e os outros valores foram atribuídos em função deste. Sempre que possível, foram utilizados valores provindos de estudos científicos. Contudo, quando faltavam dados e era bastante difícil e moroso fazer um estudo de maneira a conhecê-los com precisão, uma avaliação do seu valor foi feita a partir de dados fiáveis, como a estimativa de utilizadores das estradas municipais, das outras estradas de alcatrão e das estradas de terra da Tabela 2.

Tabela 2 – Atribuição de um índice de perda qualificativo dos prejuízos corporais nas estradas

Tipo de estrada	Estimativa do número de utilizadores diários	Índice de perda
Auto-estrada	30 000 ⁽¹⁾	1
Ramal de acesso à auto-estrada	5 000 ⁽¹⁾	0,17
Estrada nacional	2 266 ⁽²⁾	0,08
Estrada municipal	227 ⁽³⁾	0,01
Outra estrada de alcatrão	3 ⁽³⁾	0
Estrada de terra	15 ⁽³⁾	0

Por fim, quando não existia nenhum estudo feito, os valores de índice de perda foram afectados segundo uma estimativa pessoal provinda da observação das consequências dos fenómenos. É o caso dos valores da Tabela 3.

Tabela 3 – Atribuição de um índice de perda qualificativo dos prejuízos corporais e dos danos estruturais nos edifícios segundo os principais materiais de construção

Principais materiais de construção	Índice de perda
Betão	0,40
Alvenaria argamassada	0,80
Alvenaria de pedra abobe ou taipa	0,90
Madeira/Metal	1

As tabelas elaboradas para este estudo e que não são apresentadas no texto figuram no Anexo II.

4.1.2.2. Avaliação do conhecimento das populações da área de estudo sobre os deslizamentos

⁽¹⁾ *Landslide risk analysis in the area North of Lisbon (Portugal): evaluation of direct and indirect costs resulting from a motorway disruption by slope movements* (Zêzere, et al., 2007)

⁽²⁾ *Instituto das Estradas de Portugal, 2001*

⁽³⁾ Número de utilizadores da estrada municipal dividido pelo número de estradas de tipo X

O conhecimento dos habitantes da zona de estudo no que diz respeito aos deslizamentos que ocorrem na região foram avaliados graças a um questionário preenchido por cinquenta habitantes das quatro aldeias principais da zona (Fanhões, Santo Antão do Tojal, Zambujal e São Julião do Tojal) que foram interrogados directamente. As suas respostas foram interpretadas do seguinte modo: cada resposta positiva às perguntas seguintes mostra que os habitantes têm certas noções no que diz respeito ao risco de deslizamentos, ou estão relativamente interessados por este risco:

- Sabe o que são deslizamentos, ou sabe o que são fervedas ou quebradas (nomes que em geral os rurais utilizam para designar os deslizamentos)?
- Está preocupado com os efeitos dos deslizamentos?
- Tem conhecimento da existência de deslizamentos no concelho de Loures?
- Tem conhecimento da existência de deslizamentos na freguesia?
- Se tiver conhecimento da existência de deslizamentos perto da sua habitação, pensa tomar medidas de prevenção ou de protecção?
- Se o senhor/a senhora (ou alguém conhecido da freguesia) já foi afectado por um deslizamento, reagiu de maneira positiva ao fenómeno (tomando as medidas necessárias de modo que não se reproduza, informando a vizinhança, fazendo uma reclamação à Câmara Municipal, etc.)?

Foi atribuído um ponto por cada resposta positiva. O total dos pontos foi feito por cada freguesia e os valores foram harmonizados numa escala de 0 a 1, sendo 1 o valor qualificativo do menor conhecimento. O mapa resultante da cartografia destes valores é apresentado na Figura 3.

4.1.3. Resultados: mapa de vulnerabilidade total

A cada sub-secção da BGRI foi associado um índice de vulnerabilidade, calculado segundo a equação (2).

$$\text{Índice Tipo vulnerabilidade } j = \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^m \text{Num. Ent. } (k) \times \text{Ind. perda}(k) \quad (2)$$

Onde *Num. Ent. (k)* corresponde ao número de entidades de tipo *k* presentes na sub-secção considerada; *Ind. perda (k)* é o índice de perda que foi associado a este tipo de entidade e que é apresentado nas Tabelas 2, 3, 7, 8 e 9; *m* é o número de tipos de entidades diferentes; e *n* é o número de indicadores que caracterizam um tipo de vulnerabilidade (cf. Tab. 1).

A equação (2) foi igualmente aplicada às vias presentes na área de estudo. Posteriormente, todos os valores de índice foram harmonizados entre 0 e 1 e foram integrados num Sistema de Informação Geográfica.

Sendo os temas originais em modo vector, os valores de índice foram atribuídos por cada entidade de cada um dos temas. A conversão destes temas em modo raster permitiu a inscrição do valor de índice em cada pixel. Em seguida, a média destes valores foi calculada por cada pixel, permitindo assim cartografar a vulnerabilidade de acordo com os diferentes tipos de prejuízos, danos e perturbações (Figura 3). A vulnerabilidade total foi cartografada do mesmo modo (média aritmética simples), com estes três mapas mais o mapa que representa o conhecimento dos deslizamentos pelas populações desta área (Figura 4).

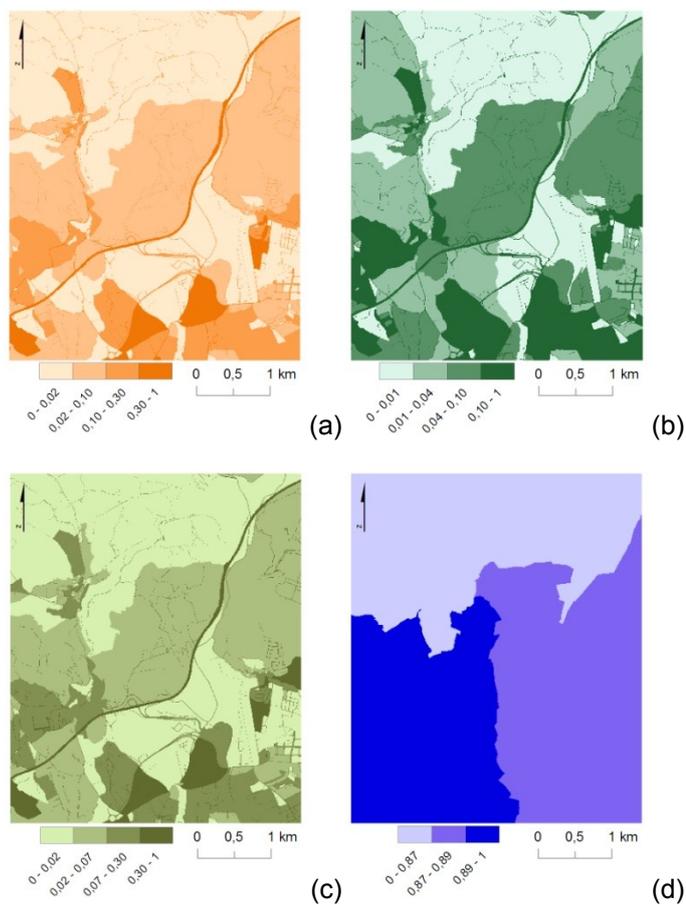


Figura 3 – Mapas de prejuízos corporais (a), danos estruturais (b), perturbações funcionais (c) e de conhecimento dos deslizamentos que ameaçam a área de estudo por parte das populações locais (d)



Figura 4 – Mapa de Vulnerabilidade Total

4.2. Avaliação do valor dos elementos expostos

A avaliação do valor dos elementos em risco foi efectuada do mesmo modo que a avaliação da vulnerabilidade: um índice entre 0 e 1 foi atribuído de acordo com os custos de reconstrução das estradas que figuram na Tabela 4 e dos edifícios que são expostos na Tabela 5.

Tabela 4 – Atribuição de um índice de perda qualificativo do valor das estradas

Tipo de estrada	Custos de reconstrução (€/m ²)	Índice qualificando o valor
Auto-estrada	933	1
Ramal de acesso à auto-estrada	933	1
Estrada nacional	933	1
Estrada municipal	8	0,009
Outra estrada de alcatrão	8	0,009
Estrada de terra	2,5	0,003

Tabela 5 – Atribuição de um índice de perda qualificativo do valor dos edifícios

Tipo de edifício	Custo de reconstrução (€/m ²)	Valor médio de reconstrução (€/m ²)	Índice qualificando o valor
Edifícios com elementos resistentes de betão	1197	1197	1
Edifícios tradicionais com paredes de alvenaria argamassada	1197	899	0,75
Edifícios antigos com paredes de alvenaria argamassada	600		
Edifícios com paredes de alvenaria de pedra abobe ou taipa	600	600	0,50
Edifícios com outros elementos resistentes (madeira, metálicos)	600	600	0,50

Os valores de custos de reconstrução são os propostos por Zêzere et al. (2008) para esta região. Contudo, para a atribuição do índice qualificativo do valor dos edifícios, foi necessário adaptar esses valores ao grau de precisão dos dados disponíveis. Com efeito, os dados que provêm do estudo de Zêzere et al. (2008) para os edifícios com paredes de alvenaria argamassada são diferentes consoante estes sejam “tradicionais” ou “antigos”, distinção que não é feita nos atributos do tema das sub-secções da BGRI. Por isso, o valor médio foi calculado e o índice qualificativo do valor foi calculado em função dele (cf. Tabela 5).

A cartografia dos valores dos elementos em risco é efectuada com procedimentos de cálculo idênticos aos utilizados para a integração dos parâmetros da vulnerabilidade, e o mapa obtido é representado na Figura 5.



Figura 5 – Mapa dos Valores dos Elementos Expostos

4.3. Cartografia dos danos potenciais

Os danos potenciais foram determinados a partir do cruzamento dos mapas da Vulnerabilidade Total (Fig. 4) e do Valor dos Elementos Expostos (Fig. 5). Foi calculada a média dos respectivos índices e os valores foram separados em quatro classes qualitativas por quantis (Figura 6).



Figura 6 – Mapa de danos potenciais

5. Elaboração de uma matriz de risco e cartografia do risco

A matriz de risco foi criada com base nas diferentes classes de danos potenciais e da perigosidade. O risco é qualificado de aceitável, aceitável sob condições ou não aceitável, conforme a perigosidade e os danos potenciais sejam muito elevados, elevados, baixos ou muito baixos, como se mostra na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de risco

		Perigosidade			
		+	Muito baixa (classe 1)	Baixa (classe 2)	Elevada (classe 3)
Danos potenciais	Muito baixos (classe 1)	2	3	4	5
	Baixos (classe 2)	3	4	5	6
	Elevados (classe 3)	4	5	6	7
	Muito Elevados (classe 4)	5	6	7	8

Contudo, o mapa de risco obtido com esta matriz (Figura 6) não é a única opção possível; pelo contrário, este sistema de matriz oferece a possibilidade de poder modular a aceitabilidade do risco em função das diferentes classes de perigosidade e de danos potenciais. A matriz, não tendo a obrigação de ser simétrica, possibilita a definição de diferentes mapas de risco.

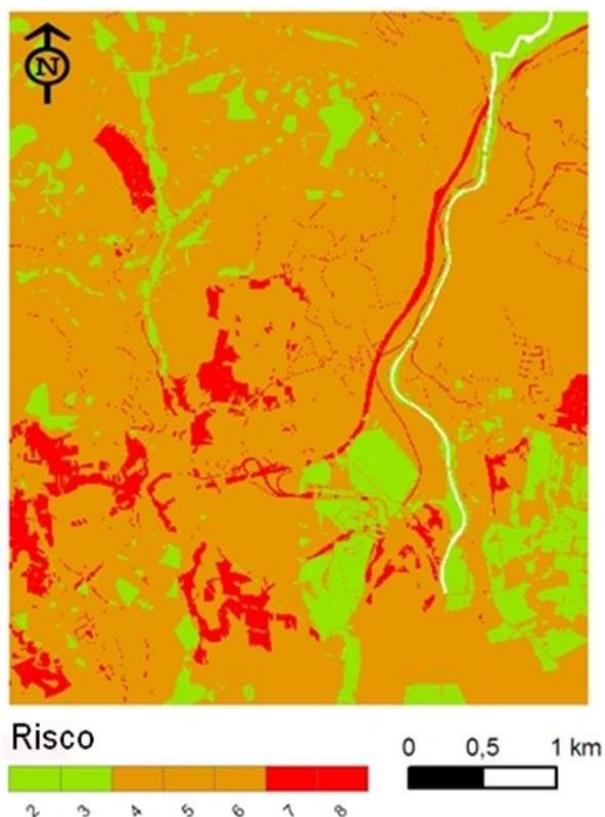


Figura 6 – Mapa de risco

6. Discussão e conclusões

Este estudo desenvolve um método de avaliação qualitativa do risco de deslizamento a nível regional e aplica-o à área de Fanhões-Trancão. Por isso, foram consideradas a perigosidade do fenómeno, a vulnerabilidade dos elementos expostos e o valor destes elementos.

As limitações deste método figuram principalmente na avaliação da vulnerabilidade que não tem em conta a totalidade dos elementos em risco (por exemplo, as redes de energia não foram consideradas), nem a totalidade dos parâmetros da vulnerabilidade (a magnitude dos deslizamentos não foi estimada). Além disso, uma outra limitação, que está presente em muitas avaliações da vulnerabilidade, é a atribuição do valor aos índices de perda que contém alguma subjectividade, o que implica uma dificuldade na reprodução do método.

O mapa de risco resultante do cruzamento dos mapas de perigosidade e de danos potenciais pode ajudar a gerir o risco de deslizamentos na área Fanhões-Trancão. As autoridades responsáveis pelo ordenamento do território podem fixar os níveis de aceitabilidade do risco em função dos níveis da perigosidade e dos danos potenciais e obter o mapa de risco correspondente. As zonas onde o risco é considerado inaceitável devem ser tratadas de maneira a reduzir o risco, tomando medidas de prevenção (e.g. proibição de construir) ou de mitigação (e.g. drenagem, reflorestamento, desmonte das áreas instabilizadas, construção de muros de suporte; implementação de sistema de alerta). Além disso, o valor dos elementos expostos pode ser diminuído de maneira directa (desvalorização) ou indirecta, pela criação de alternativas como, por exemplo, a construção de uma estrada que permita um itinerário alternativo nas zonas em que uma única estrada liga edifícios à cidade. No que se refere às zonas onde o risco é classificado como aceitável sob condições, podem ser construídos edifícios na medida em que o risco não aumente devido às novas construções. Isto significa que por cada novo elemento exposto, devem tomar-se medidas de protecção. Por fim, os elementos das zonas onde o risco é aceitável não precisam de um cuidado particular, e pode construir-se sem dar uma atenção especial ao risco de deslizamento.

Bibliografia

- Blong R (2003) A new damage index. *Natural Hazards*. 30: 1-23.
- Coburn A.W, Spence R.J.S, Pomonis, A (1994) Vulnerability and risk assessment. *Cambridge Architectural Research Limited*.
- Dai F.C, Lee C.F, Ngai Y.Y (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*. 64: 65-87.
- Giacomelli P, Sterlacchini S, De Amicis M (2003) La valutazione del rischio di frana. *Aestimum*. 42: 31-52.
- Glade T, Crozier M.J (2005) The Nature of Landslide Hazard Impact. In Glade T, Anderson M, Crozier M.J (eds.) *Landslide Hazard and Risk*. John Wiley and Sons, Chichester: 43-74.
- Glade T (2003) Vulnerability assessment in landslide risk analysis. *Die Erde*. 134 (2): 123-146.
- Guillard C (2009) Evaluation et cartographie du risque glissement de terrain d'une zone située au nord de Lisbonne .Dissertação de mestrado, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- Guillard C, Zêzere J.L (submetido em 2010) Landslide susceptibility assessment and validation in the framework of municipal planning. A case study in the area north of Lisbon (Portugal)
- INE (2001) Recenseamento Geral da População e da Habitação. Lisboa.
- Léone F (2007) Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes "naturelles" : contribution à une évaluation géographique multirisque. Dissertação de agregação, Université Paul Valéry, Montpellier.
- Léone F (1996) Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Dissertação de doutoramento, BRGM, Orléans.
- Michael-Leiba M, Baynes F, Scott G, Granger K (2003) Regional landslide risk to the Cairns community. *Natural Hazards*. 30: 233-249.
- Mora S, Keipi K (2006) Disaster risk management in development projects: models and cheklists. *Bulletin of Engineering Geology and the Environnement*. 65: 155-165.
- Soeters R, Van Westen C.J (1996) Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. In Turner A.K, Schuster R.L (eds.) *Landslides. Investigation and Mitigation*. National Academy Press, Washington D.C: 129-177.
- UNDRO (1979) Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group Meeting 9-12 July 1979, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.
- Varnes D.J, the International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements (1984) *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.
- Zêzere J.L, Garcia R.A.C, Oliveira S.C (2008) Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal). *Geomorphology*, 94: 467-495.

Zêzere J.L, Oliveira S.C, Garcia R.A.C (2007) Landslide risk analysis in the area North of Lisbon (Portugal): evaluation of direct and indirect costs resulting from a motorway disruption by slope movements. *Landslides*, 4: 123-136.

Zêzere J.L, Reis E, Oliveira S (2004) Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4: 133-146.

Anexo I: Exemplar do questionário de avaliação do conhecimento das populações sobre os deslizamentos que ameaçam a área de estudo

Data :

Concelho :

Freguesia :

Inquérito: Percepção das populações aos movimentos de vertente**I. Deslizamentos****I. 1).** Sabe o que são deslizamentos? Sim Não**I. 2).** Sabe o que são fervedas ou quebradas? Sim Não (ajuda necessária)**I. 3).** Está preocupado com os efeitos dos deslizamentos? Sim Não**I. 4). a/.** Tem conhecimento da existência de deslizamentos na região?

a1/. No concelho

 Sim Não

a2/. Na freguesia

 Sim Não

b/. Ou nas proximidades da sua habitação?

 Sim Não

c/. - Se sim:

- (a) Por conhecimento próprio/vivência (b) Informação da família
 (c) Dos vizinhos (d) Do município (e) Outra : qual? _____

d/. - Se sim: Pensa fazer algo?

Sim : (a) Medidas de prevenção (b) Mudar de casa (c) Outro : qual? _____

Não : porquê? _____

I. 5). a/. O senhor ou alguém que conhece já foi afectado por um deslizamento?

Sim : quando foi? _____ Não

b/. Sofreu prejuízos directos?

(a) Habitação (b) Terreno (c) Feridos (d) Outros: quais? _____
 Não

c/. Sentiu prejuízos de forma indirecta?

(a) Tempo para chegar ao trabalho (b) Combustível Outros: quais? _____

II. **Reacções, medidas de mitigação** (só se a pessoa foi afectada por um deslizamento)

a/. Reclamações

Sim : a quem? _____ Não

b/. Reparações

Sim Não

c/. Abandono do terreno

Sim Não

d/. Informar os vizinhos

Sim Não

e/. Medidas de prevenção

f/. Nada

Sim: quais? _____ Não

Sim Não

g/. Outra : qual? _____

III. Dados pessoais

1). Idade

(a) < 10 anos (b) 10 - 25 anos (c) 25 - 50 anos (d) > 50 anos

2). Qual é a sua profissão?

Desempregado

3). Quais foram os seus estudos?

Básico (1º Ciclo) Básico (2º/3º Ciclo) Secundário
 Universitário Sem estudos

4). Há quanto tempo mora aqui?

(a) < 5 anos (b) 5 - 10 anos (c) 10 - 20 anos (d) > 20 anos

Notas :

Anexo II: Tabelas de atribuição de índice de perda não apresentadas no conteúdo do artigo

Tabela 6 – Atribuição de um índice de perda qualificativo dos prejuízos corporais com critérios provenientes dos habitantes

Classes de idade (em anos)	Mobilidade (factor de ponderação: 1)	Conhecimento da perigosidade (factor de ponderação: 2)	Índice de perda
0-4	1	1	1
5-9	0,90	1	0,97
10-13	0,80	0,90	0,87
14-19	0,50	0,80	0,70
20-64	0,50	0,70	0,63
Mais de 65	1	0,50	0,67

Tabela 7 – Atribuição de um índice de perda qualificativo dos prejuízos corporais e dos danos estruturais nos edifícios segundo o seu ano de construção

Ano de construção	Índice de perda
Antes de 1919	1
1919-1945	0,90
1946-1960	0,80
1961-1970	0,70
1971-1980	0,60
1981-1985	0,55
1986-1990	0,30
1991-1995	0,25
1996-2001	0,20

Tabela 8 - Atribuição de um índice de perda qualificativo das perturbações funcionais nas estradas.

A.: Auto-estrada; R. A. A.: Ramal de acesso à auto-estrada; E.N.: Estrada Nacional; E.M.: Estrada Municipal; O.E.A.: Outra Estrada de Alcatrão; E.T.: Estrada de Terra

Tipo de estrada	Estimativa do número diário de utilizadores	Índice de perda associado à estimativa do número diário de utilizadores	Inconvenientes causados por uma mudança de itinerário		Índice de perda associado aos inconvenientes causados por uma mudança de itinerário	Índice de perda total
			Número de kms acrescentados	Número de estradas sem alternativas		
A.	30 000	1	2,22	-	1	1
R. A. A.	5 000	0,1667	1,63	-	0,73	0,45
E.N.	2 266	0,0757	0,84	-	0,38	0,23
E.M.	227	0,0076	0,99	-	0,44	0,22
O.E.A.	34	0,0011	0,37	48	0,18	0,09
E.T.	15	0,0005	1,20	120	0,78	0,39