

APONTAMENTOS DE GEOGRAFIA – SÉRIE INVESTIGAÇÃO: Nº 6

JOSÉ LUÍS ZÊZERE

A CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE:  
TIPOLOGIA, ACTIVIDADE E MORFOLOGIA

CENTRO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS  
LISBOA - 2000

# **A CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE: TIPOLOGIA, ACTIVIDADE E MORFOLOGIA**

José Luís Zêzere

Centro de Estudos Geográficos - Universidade de Lisboa

## **INTRODUÇÃO**

No âmbito da Geomorfologia Dinâmica, e em particular nos estudos dedicados aos movimentos de vertente, a terminologia de base difundida internacionalmente é predominantemente anglo-saxónica. Esta questão está naturalmente relacionada com a importância crescente, quer quantitativa quer qualitativa, das contribuições escritas em inglês, mas também com o facto de grande parte das classificações de movimentos de vertente mais divulgadas serem de autores americanos ou ingleses (por exemplo, Varnes, 1958, 1978; Hutchinson, 1968, 1988; e Cruden e Varnes, 1996).

A necessidade crescente de uma terminologia rigorosa e o sentimento de que muitos dos termos disponíveis nos vários idiomas são frequentemente utilizados com significados múltiplos, conduziram a esforços de tradução de algumas classificações mais conhecidas, de que se destacam as traduções e adaptações da classificação de movimentos de vertente de Varnes (1978) às realidades italiana (Carrara *et al.*, 1987) e espanhola (Ayala, 1991). Neste contexto, merece igualmente realce o trabalho desenvolvido no âmbito do projecto comunitário TESLEC (*The Temporal Stability and Activity of Landslides in Europe with Respect to Climatic Change*, 1994-96) e publicado por Dikau *et al.* (1996), onde são apresentadas propostas de terminologia dos tipos de movimentos de vertente em sete idiomas (inglês, francês, italiano, espanhol, português, holandês e alemão), as línguas originais dos membros das diferentes equipas envolvidas no projecto.

Os principais esforços de homogeneização da terminologia internacional utilizada no estudo dos movimentos de vertente foram desenvolvidos por um grupo de

trabalho da UNESCO denominado *Working Party on World Landslide Inventory* (WP/WLI). Este grupo foi criado no âmbito da Década Internacional para a Redução das Catástrofes Naturais e envolveu três instituições internacionais: Comissão de *Landslides and other Mass Movements* da Associação Internacional de Engenharia Geológica, Sociedade Internacional de Mecânica de Rochas e Comité Técnico de *Landslides* da Sociedade Internacional de Mecânica de Solos e Engenharia de Fundações. O trabalho meritório de sistematização deste grupo de trabalho, entretanto divulgado (IAEG Commission on Landslides, 1990; Cruden, 1991; WP/WLI, 1990, 1991, 1993a, 1993b), tem vindo a ser largamente utilizado, por exemplo por Dikau *et al.* (1996), que não hesitam em afirmar que todos os investigadores europeus devem adoptar os termos internacionais propostos pela *Working Party* para descrever a morfologia, dimensões, actividade, distribuição e tipologia dos movimentos de vertente.

## 1 - A TERMINOLOGIA E OS CONCEITOS

Na literatura anglo-saxónica, os principais problemas de terminologia prendem-se com o emprego do termo *landslide*, que se impôs no plano internacional, tendo sido adoptado pela Associação Internacional de Engenharia Geológica, pela UNESCO e pela UNDRO (Flageollet, 1989).

De acordo com Hansen (1984), o termo *landslide*, quando decomposto na língua original ou quando traduzido à letra, sugere que deveria apenas ser utilizado para os movimentos que ocorrem ao longo de uma superfície de deslizamento. Esta ideia corresponde ao ponto de vista da maioria dos autores britânicos, exemplificado pela definição proposta por Hutchinson, em 1968: “movimento relativamente rápido que implica uma ruptura (...). Ocorre ao longo de uma ou várias superfícies individualizadas, que delimitam a massa que está em movimento” (Hutchinson, 1968, p.690). A associação do termo ao conceito de deslizamento de terreno verifica-se também em países do leste da Europa, como a ex-Cecoslováquia (Nemcok *et al.*, 1972; Záruba e Mencl, 1982) e a Bulgária (Iliev, 1977; Minkov *et al.*, 1988).

Segundo Cruden, “um obstáculo a uma definição simples de *landslide* é a assunção errônea de que um *landslide* é, simplesmente, um *slide of land*. (...) Trata-se de um dos muito termos de origem norte-americana, formados por duas palavras que, juntas, significam algo completamente distinto” (Cruden, 1991, p.27-28). Com efeito, o significado tradicionalmente atribuído a este termo por parte dos autores americanos e canadenses é consideravelmente mais abrangente do que o proposto por Hutchinson. Segundo Terzaghi, o *landslide* corresponde a uma “deslocação rápida, numa vertente, de uma massa de rocha, solo residual ou sedimentos, na qual o centro de gravidade do material afectado progride para jusante e para o exterior” (Terzaghi, 1952, p.4). Ainda de acordo com este autor, o movimento restringe-se a uma massa relativamente circunscrita de materiais, normalmente bem definida quanto ao seu volume, pelo que os movimentos de *creep* ficam excluídos da abrangência do termo.

Em 1958, Varnes completou a definição de Terzaghi ao acrescentar que no *landslide* “a massa de material afectado pode ser alvo de três tipos fundamentais de movimento, desabamento (*fall*), deslizamento (*slide*) e escoada (*flow*), ou das suas combinações” (Varnes, 1958, p.20). No entanto, ao contrário de Terzaghi, Varnes considerou os movimentos de *creep* na sua classificação, ainda que integrados no conjunto das escoadas (Varnes, 1958; 1978).

Coates (1977, citado por Hansen, 1984), coordenador de um volume sobre *landslides*, sistematizou uma série de aspectos, relativamente aos quais existia unanimidade de opiniões no conjunto dos vinte e oito autores que contribuíram para aquele trabalho, dos quais se destacam:

- a) os *landslides* representam uma categoria de fenómenos que se incluem na classe dos movimentos de massa;
- b) o material afectado pode incluir formações superficiais e/ou rochas;
- c) os movimentos implicam uma velocidade apreciável (exclusão do *creep*);
- d) os movimentos de subsidência (assentamentos verticais), bem como os ligados à acção do gelo e da neve são excluídos.

A definição de *landslide* adoptada pela WP/WLI é muito simples e concisa, tendo sido proposta por Cruden: “movimento de descida, numa vertente, de uma massa de rocha, terra ou detritos” (Cruden, 1991, p.27). Da abrangência do termo são excluídos os movimentos verticais de abatimento e assentamento (subsidência), as avalanchas de neve e os efeitos da expansão-retracção dos solos argilosos.

Na actualização da sua classificação de *landslides*, efectuada em 1978, Varnes admite a existência de discordâncias quanto ao significado do termo, substituindo-o por “movimentos de vertente” (*slope movements*) e acrescentando os balançamentos (*topple*) e as expansões laterais (*lateral spreads*) aos grandes grupos por si definidos vinte anos antes. Para Varnes (1978), o movimento de vertente é praticamente equivalente dos termos movimento de massa e *mass wasting*, utilizados maioritariamente por geomorfólogos, salvaguardando a exclusão dos casos de subsidência e dos movimentos ligados à acção do gelo e da neve. Estas exclusões encontram-se igualmente na classificação de “movimentos de vertente subaéreos” de Hutchinson (1988), onde, no entanto, o *landslide* é apresentado como um subtipo, ao nível, por exemplo, dos desabamentos.

A literatura italiana inclui o termo *frana*, cujo significado tradicional se aproxima bastante dos conceitos de *landslide* de Terzaghi e de Coates. De acordo com Carrara *et al.* (1987, p.27), “a classificação de Varnes (...) inclui fenómenos que saem fora do âmbito do significado de *frana*, em sentido restrito, como as deformações de vertente extremamente lentas, superficiais ou profundas; estas diferenciam-se dos *frane*, não pelo tipo de movimento mas apenas pela velocidade”. Estes autores, na tentativa de adaptação da classificação de Varnes, apresentam uma definição de *frana* que é praticamente equivalente à de movimento de vertente: “Movimento controlado pela gravidade, superficial ou profundo, rápido ou lento, de materiais que constituem uma vertente ou abrangendo um relevo inteiro” (Carrara *et al.*, 1987, p.27).

Na bibliografia francesa é largamente utilizado o termo “movimento de terreno” (*mouvement de terrain*). De acordo com Flageollet, os movimentos de terreno implicam uma ruptura e o movimento simultâneo da massa afectada e englobam “todas as formas de deslocação que se podem verificar (abatimentos, desabamentos, deslizamentos,

escoadas, etc.) e todos os materiais que podem ser colocados em movimento” (Flageollet, 1989, p.13). Nesta concepção, os movimentos de terreno têm uma abrangência maior do que os *landslides* dos autores anglo-saxónicos, incluindo não apenas os movimentos de vertente, mas também as deslocações com dominante vertical (abatimentos e assentamentos) e os movimentos associados à expansão-retracção dos solos argilosos. Fora do âmbito destes movimentos são considerados o *creep*, bem como todos os movimentos associados à neve e ao gelo (Flageollet, 1989).

O termo “movimento de massa” (*mass movement*) é por vezes utilizado, indiscriminadamente, como sinónimo de *landslide* ou movimento de vertente (ver, por exemplo, Mulder, 1991; Bromhead, 1992; e Van Westen, 1993). Com efeito, vários autores britânicos (como Brunsten, 1984, citado por Dikau *et al.*, 1996, ou Jones, 1992) têm sugerido a substituição do termo *landslide* por movimento de massa, de modo a evitar os problemas de terminologia. A não aceitação internacional desta proposta relaciona-se, entre outras razões, com o significado mais lato normalmente associado ao termo movimento de massa. Segundo Hutchinson (1968, p. 688), “os movimentos de massa compreendem todos os movimentos induzidos pela gravidade, com a exclusão daqueles em que o material é mobilizado por um agente de transporte, como o gelo, neve, água ou ar, designados por transporte em massa”. Sob esta designação, o autor inclui os movimentos de vertente, a subsidência (abatimentos, assentamentos), as várias modalidades de *creep* e os processos ligados à acção do gelo e da neve, como por exemplo a solifluxão periglaciária.

O Quadro 1 procura sistematizar os graus de abrangência mais frequentemente assumidos para os diferentes termos em discussão.

Quadro 1 - Abrangência dos termos movimentos de vertente, movimentos de terreno e movimentos de massa.

TERMO:	ABRANGÊNCIA:
MOVIMENTOS DE VERTENTE ( <i>LANDSLIDES</i> )	Desabamento Balançamento Deslizamento Expansão lateral Escoada Movimentos complexos
MOVIMENTOS DE TERRENO	<b>Movimentos de vertente</b> Subsidência (abatimentos; assentamentos) Expansão-retração em solos argilosos
MOVIMENTOS DE MASSA	<b>Movimentos de terreno</b> Movimentos associados ao gelo e à neve

## 2 - A CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE

### 2.1. - A variedade das classificações

As classificações dos movimentos de vertente reflectem as necessidades dos utilizadores e têm uma importância fundamental na Geomorfologia Aplicada, visto que o reconhecimento do mecanismo actuante constitui o primeiro passo de qualquer processo de controlo ou intervenção correctora das manifestações de instabilidade (Hansen, 1984).

O grande número de classificações existente na literatura geomorfológica e geotécnica é, em larga medida, justificado por Terzaghi, ao afirmar que “um fenómeno que envolve tal quantidade de combinações entre materiais e agentes perturbadores abre horizontes ilimitados ao entusiasta da classificação” (Terzaghi, 1952, p.6). Sendo certo que a diversidade das classificações resulta, fundamentalmente, da selecção de diferentes factores para a discriminação dos fenómenos, existem outras razões que a

justificam. Em primeiro lugar, nem todos os autores classificam o mesmo sujeito (movimentos de vertente, movimentos de terreno, movimentos de massa) e já ficou demonstrado que estes termos não são equivalentes. Por outro lado, a cada nível das classificações encontram-se problemas de terminologia, responsáveis por contradições aparentes e efectivas: o mesmo movimento é integrado em agrupamentos muito diferentes, consoante a classificação, ao mesmo tempo que movimentos muito distintos surgem incluídos em classes com designação comum. Sem pretender efectuar uma análise exaustiva deste problema, apresentam-se em seguida dois exemplos que o demonstram.

Um processo como o *creep* superficial é integrado numa classe de movimentos de *creep* em algumas classificações (Nemcok *et al.*, 1972; Hutchinson, 1968, 1988). O mesmo processo é incluído no conjunto dos deslizamentos por Coates (citado por Hansen, 1984) e no conjunto das escoadas por Varnes (1978). Outras classificações excluem este mecanismo com base na velocidade do processo (Carrara *et al.*, 1987), no carácter difuso da sua representação espacial, ou na ausência de uma ruptura bem definida (Flageollet, 1989). Por último, há alguns autores (por exemplo, Van Asch, 1984 e Hutchinson, 1988) que argumentam que o *creep* pode ocorrer em estreita associação com outros movimentos de vertente (*creep* pré-ruptura e *creep* pós-ruptura).

Movimentos de massa estudados por Záruba e Mencl (1982), nos arredores de Praga e na área de Turnov, designados por estes autores como deslizamentos de blocos (*block slides*), são referenciados como exemplos de *creep* na classificação de Nemcok *et al.* (1972, p.74). O processo, tal como o descrevem Záruba e Mencl, tem semelhanças evidentes com os exemplos de expansão lateral apresentados por Varnes (1978), bem como com dois tipos de movimentos de vertente categorizados por Hutchinson (1988) como complexos: *cambering and valley bulging* e *block-type slope movements*. Em contrapartida, o termo *block slide* é utilizado por muitos autores (por exemplo, Varnes, 1978; e Ibsen *et al.*, 1996) para caracterizar os deslizamentos não rotacionais em bloco, normalmente num contexto rochoso, que têm características perfeitamente distintas dos anteriores.



## 2.2. - Os critérios de classificação

Os critérios de classificação dos movimentos de vertente são variados e encontram-se muito bem sistematizados no trabalho de Hansen (1984).

As classificações mais simples (frequentemente as mais antigas) fazem recurso a apenas um critério de classificação. As classificações mais complexas e mais adoptadas utilizam, normalmente, um factor discriminante principal para estabelecer os grandes tipos de movimentos, e factores secundários para introduzir subdivisões dentro das categorias iniciais (ver Quadro 2).

Os movimentos de vertente são designados muitas vezes com base em exemplos clássicos de cada tipo particular e com o recurso a termos locais (Hansen, 1984). A utilização deste critério, ainda que possa ser pontualmente conveniente, é desaconselhada por Varnes (1978), devido à falta de carácter informativo, nomeadamente para os leitores que desconhecem o local em questão.

A relação entre os deslizamentos e a estrutura geológica está na base de uma classificação muito utilizada na ex-União Soviética e em muitos países da Europa Oriental (Záruba e Mencl, 1982; Hansen, 1984; Kovacik e Modlitba, 1988). Nesta classificação é feita a distinção entre deslizamentos assequentes (em solos coesivos homogéneos, ao longo de planos de ruptura circulares), consequentes (ao longo de planos de estratificação, diaclases ou planos de xistosidade, conformes ao declive da vertente) e insequentes (contrários às descontinuidades estruturais).

Záruba e Mencl (1982) utilizam a litologia do substrato regional para distinguir três categorias fundamentais de movimentos de vertente na ex-República Checa: movimentos em depósitos superficiais, em rochas pelíticas e em rochas rígidas. Embora este critério seja utilizado, actualmente, em países como o Japão (Nakamura *et al.*, 1996), a sua aplicação sistemática é desaconselhada, já que é possível encontrar movimentos com características similares numa grande variedade de tipos litológicos (Blong, 1973a).

Quadro 2 - Características fundamentais de algumas classificações mais divulgadas de movimentos de vertente.

Classificação	Objecto da classificação	Critérios principais de discriminação	Critérios secundários de discriminação	Classes principais
Hutchinson (1968)	movimentos de massa	- tipo de mecanismo - morfologia do movimento	- velocidade do movimento - tipo de material	- <i>creep</i> - processos ligados à acção da congelação-degelo - deslizamentos - desabamentos - subsidência
Carson e Kirkby (1972)	movimentos de massa	- tipo de mecanismo	- velocidade do movimento - conteúdo em água no terreno	- escoada - deslizamento - expansão-retracção de solos
Nemcok, Pasek e Rybar (1972)	movimentos de massa	- tipo de mecanismo	- amplitude do movimento - velocidade do movimento	- <i>creep</i> - deslizamento - escoada - desabamento
Flageollet (1989)	movimentos de terreno	- tipo de mecanismo	- amplitude do movimento - gravidade do movimento	- subsidência - expansão-retracção de solos - deformações lentas de vertente - desabamentos - deslizamentos - escoadas
Hutchinson (1988)	movimentos de vertente	- morfologia do movimento	- tipo de mecanismo - tipo de material - amplitude do movimento	- empolamento - <i>creep</i> - <i>sagging</i> em vertentes montanhosas - deslizamentos - movimentos com forma de escoada - balançamentos - desabamentos
Varnes (1978) WP/WLI (1993) Dikau <i>et al.</i> (1996)	movimentos de vertente ( <i>landslides</i> )	- tipo de mecanismo	- tipo de material	- desabamento - balançamento - deslizamento - expansão lateral - escoada
Cruden e Varnes (1996)	movimentos de vertente ( <i>landslides</i> )	- tipo de mecanismo	- tipo de material - actividade - velocidade - conteúdo em água no terreno	- desabamento - balançamento - deslizamento - expansão lateral - escoada

O tipo de mecanismo é o factor discriminante usado com maior frequência nas classificações de movimentos de vertente, particularmente nas mais difundidas (ver Quadro 2.2). Apesar de tudo, há autores, como Blong (1973a), que realçam as dificuldades sentidas, na prática, em enquadrar movimentos particulares nas grandes classes assim definidas.

O tipo e a dimensão do material deslocado são habitualmente utilizados como factores secundários de classificação. Varnes (1978) propõe a separação entre rocha e solo (definido com os critérios da Engenharia Geotécnica), e subdivide este último em detritos (*debris*) e terra (*earth*), com base na granulometria dos materiais. Na classificação de Dikau *et al.* (1996) é utilizado um critério semelhante, ainda que o termo “solo” seja empregue com um significado mais restrito, não incluindo os detritos.

Varnes (1978) estabeleceu uma escala quantitativa para descrever a velocidade dos movimentos, depois modificada (Cruden e Varnes, 1996), que pode ser usada como factor secundário de classificação. O reduzido número de movimentos monitorizados existente, passíveis de fornecer a informação indispensável para a aplicação rigorosa deste critério, tem levado muitos autores (Nemcok *et al.*, 1972; Van Asch, 1980; Hutchinson, 1988; Flageollet, 1989) a substituí-lo pela amplitude das deslocações.

Recentemente, numa actualização da classificação de Varnes de 1978, Cruden e Varnes (1996) acrescentaram a actividade dos movimentos aos factores secundários de discriminação, incorporando as sistematizações entretanto efectuadas pela *Working Party on World Landslide Inventory* (WP/WLI, 1993a; 1993b).

A pesquisa de critérios quantificáveis para a classificação dos movimentos de vertente levou alguns autores australianos e neo-zelandeses à tentativa de aplicação de índices morfométricos com aquele objectivo (Blong, 1973a, 1973b; Crozier, 1973). No entanto, ainda que muito úteis para a descrição e tratamento estatístico dos movimentos, estes índices têm-se revelado ineficazes para estabelecer uma classificação credível (Blong, 1973a; Hansen, 1984).

A abordagem geotécnica apresenta a vantagem de procurar explicações físicas para os movimentos de vertente, normalmente sob uma forma quantificada. Contudo, as sistematizações neste domínio não têm conduzido a verdadeiras classificações, já que o

seu resultado, no lugar de produzir uma tipologia de movimentos de vertente, respeita, no essencial, à clarificação dos mecanismos responsáveis pelos fenómenos, na perspectiva das Mecânicas de Solos e de Rochas (ver, por exemplo, Terzaghi, 1952). Neste tipo de abordagem é ainda feita uma distinção fundamental entre os movimentos em vertentes não sujeitas anteriormente a manifestações de instabilidade e as reactivações ao longo de planos de ruptura pré-existentes (ver Hutchinson, 1988 e Giraud *et al.*, 1990).

### 2.3. - Os tipos de movimentos

Os grandes tipos de movimentos de vertente são aqui apresentados de acordo com a classificação europeia utilizada por Dikau *et al.* (1996). Esta classificação baseia-se nas propostas de Varnes (1978) e da WP/WLI (1993b), utilizando como estas o tipo de mecanismo como factor principal de discriminação (ver fig. 1) e o material afectado como factor secundário. A terminologia empregue na classificação dos deslizamentos segue, de muito perto, as propostas dos autores ingleses (por exemplo, Hutchinson, 1988).

#### 2.3.1. - Desabamento

O desabamento (*fall*; fig. 1) é definido como “uma deslocação de solo ou rocha a partir de um abrupto, ao longo de uma superfície onde os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos. O material desloca-se predominantemente pelo ar, por queda, saltação ou rolamento” (WP/WLI, 1993b, p.6-2). Trata-se de um movimento de massa brusco, caracterizado por uma elevada velocidade, em relação com a queda livre que ocorre pelo menos em parte da deslocação (Nemcok *et al.*, 1972; Varnes, 1978; Záruba e Mencl, 1982).

Flageollet e Weber (1996) apresentam uma boa síntese bibliográfica acerca dos critérios mais frequentemente utilizados para a classificação dos desabamentos, onde se destacam o tipo de material afectado (desabamento rochoso, desabamento de detritos, desabamento de solo) e a forma da ruptura (planar, em cunha, em escadaria e vertical).

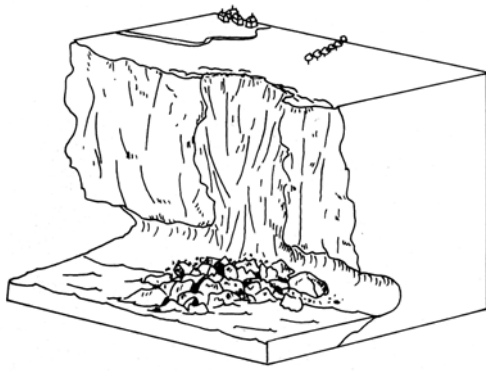
Rapp (1960) propõe uma distinção, também adoptada por Hutchinson (1988), entre desabamento primários e desabamentos secundários, conforme o material envolvido seja debitado directamente da rocha-mãe ou corresponda a detritos previamente libertados do substrato rochoso. Whalley (1974, citado por Gellatly *et al.*, 1984) apresenta uma classificação de desabamentos que inclui cinco classes, definidas, exclusivamente, em função do volume de material afectado. Flageollet (1989) faz a distinção entre queda de blocos (queda de calhaus ou blocos, isolados ou em grupo) e desabamentos (queda de massas rochosas de grandes dimensões) e subdivide os últimos em função do contexto morfodinâmico em que estão inseridos: desabamento de massa rochosa após balançamento; desabamento de cornijas em saliência; desabamento no seguimento de uma extracção na base do abrupto ou vertente.

### 2.3.2. - Balançamento

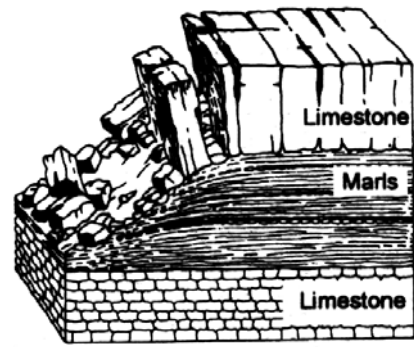
O balançamento (*topple*; fig. 1) consiste numa “rotação de uma massa de solo ou rocha, a partir de um ponto ou eixo situado abaixo do centro de gravidade da massa afectada” (WP/WLI, 1993b, p.6-2). O movimento verifica-se por influência da gravidade e pela acção de forças laterais, exercidas, quer por unidades adjacentes, quer por fluídos presentes em diaclases e fracturas (Varnes, 1978; Ayala, 1991).

Este tipo de mecanismo, comum em massas rochosas com descontinuidades inclinadas de modo contrário ao declive (Romana, 1991), desenvolve-se lentamente e pode ou não evoluir para desabamento ou deslizamento, em função da geometria da massa afectada e da extensão e orientação dos planos de estratificação e/ou diaclases.

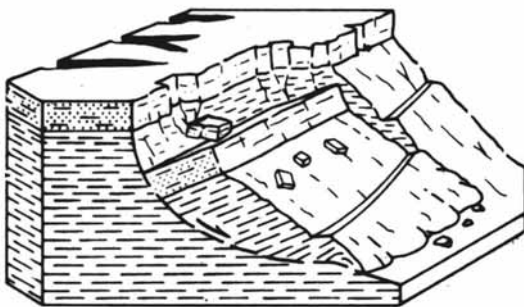
Hutchinson (1988) faz uma distinção dos balançamentos em função da presença ou ausência de descontinuidades e considera os subtipos simples e múltiplos. Goodman e Bray (1976, citados por Cruden e Varnes, 1996) classificam o movimento em função do tipo de processo e do material envolvido, distinguindo balançamentos por flexura, balançamentos em bloco e balançamentos em bloco por flexura.



1



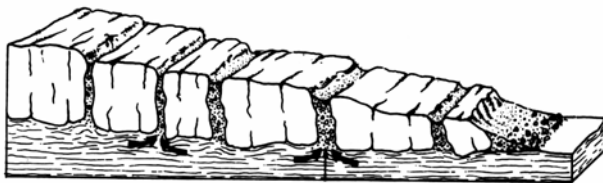
2



3



4



5



6

Fig.1. Esquema exemplificativo de alguns tipos de movimentos de vertente.

1. Desabamento (Dikau *et al.*, 1996); 2. Balançamento (Dikau *et al.*, 1996); 3. Deslizamento rotacional (Cruden e Varnes, 1996); 4. Deslizamento translacional (Amanti *et al.*, 1996); 5. Expansão lateral (Dikau *et al.*, 1996); 6. Escoada (Amanti *et al.*, 1996).

#### 4.3.3. - Deslizamento

O deslizamento (*slide*) define-se como um “movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial” (WL/WLI, 1993b, p.6-2). A massa deslocada durante o movimento permanece em contacto com o material subjacente não afectado, apresentando graus de deformação bastante variáveis, consoante o tipo de deslizamento.

Estes movimentos, activados quando a resistência ao corte dos terrenos é ultrapassada pela tensão tangencial a que os materiais estão sujeitos na vertente, apresentam frequentemente estrias (*slickensides*) ao longo do plano de ruptura e nos flancos, indicadoras da direcção da deslocação (Ayala, 1991).

O tipo de ruptura tangencial, juntamente com as características do material afectado, constituem os critérios fundamentais para a subdivisão dos deslizamentos (Quadro 3).

##### a) deslizamentos rotacionais

Os deslizamentos rotacionais (*slumps*; fig. 1) ocorrem ao longo de superfícies de ruptura curvas, em meios geralmente homogéneos e isotrópicos (Sirieys, 1984). A sua forma topográfica é característica: como o plano de deslizamento é côncavo, o movimento envolve uma rotação, materializada por um abatimento na parte montante do deslizamento e por um levantamento do seu sector frontal, formando aclives mais ou menos pronunciados (Záruba e Mencl, 1982; Hutchinson, 1988). Estes aclives são favoráveis à retenção da água sob a forma de pequenos charcos, facto que determina, frequentemente, o prolongamento no tempo das manifestações de instabilidade. Quando existe água em abundância, a área de acumulação do deslizamento rotacional, normalmente muito fissurada, pode ser alvo de processos de escoada (Erskine, 1973; Varnes, 1978).

Alguns autores, como Van Asch (1980) e Hutchinson (1988), adoptam uma subdivisão dos deslizamentos rotacionais em função da posição relativa do plano de ruptura na vertente, distinguindo rupturas de vertente (*slope failures*), rupturas de sopé (*toe failures*) e rupturas de base (*base failures*). A classificação mais frequentemente

utilizada foi proposta por Hutchinson (1968) e inclui os subtipos simples, múltiplos e sucessivos.

Quadro 3 - Classificação de deslizamentos (adaptada de Dikau *et al.*, 1996).

TIPOS DE DESLIZAMENTOS	TIPOS DE MATERIAIS			
	ROCHA	DETRITOS	SOLO	
ROTACIONAIS	simples múltiplo sucessivo	Simple Múltiplo Sucessivo	Simple Múltiplo Sucessivo	
TRANSLACIONAIS	COM RUPTURA	deslizamento de rocha em bloco	Deslizamento de detritos em bloco	Deslizamento de solo em bloco
	COM RUPURA COMPÓSITA	( <i>block slide</i> )	( <i>block slide</i> )	( <i>slab slide</i> )
	COM RUPTURA PLANAR	deslizamento de rocha ( <i>rock slide</i> )	Deslizamento de detritos ( <i>debris slide</i> )	Deslizamento lamacento ( <i>mudslide</i> )

b) deslizamentos translacionais com ruptura compósita

Os deslizamentos translacionais com ruptura compósita encontram-se na transição entre os rotacionais e os translacionais mais típicos (planares). Como a própria designação indicia, o plano de ruptura destes deslizamentos tende a apresentar duas secções: forma circular ou planar com forte inclinação, a montante; estilo marcadamente translacional e inclinação muito mais reduzida, a jusante. De acordo com Hutchinson (1988), a geometria dos planos de ruptura destes deslizamentos condiciona o desenvolvimento de tensões internas na massa deslocada, acompanhado por movimentações diferenciais. A forte distorção interna tem reflexo numa topografia típica, com contraescarpados e fossos (Bromhead, 1992; Ibsen *et al.*, 1996).

Dikau *et al.* (1996)<sup>1</sup> subdividem estes movimentos de vertente, a partir das características do material afectado, em *block slides* (termo utilizado, em simultâneo,

<sup>1</sup> Refira-se que estes autores referenciam estes deslizamentos com a designação, pouco feliz, de "não rotacionais" (ou "não circulares"), evitando, deliberadamente, a utilização do termo "compósito", por este ser empregue, actualmente, na caracterização do estilo da actividade dos movimentos de vertente.



para os deslizamentos de rocha em bloco e deslizamentos de detritos em bloco) e *slab slides* (deslizamentos de solo em bloco).

c) deslizamentos translacionais com ruptura planar

Os deslizamentos translacionais com ruptura planar (fig. 1) são típicos de meios anisotrópicos e apresentam, frequentemente, um controlo estrutural evidente: o plano de ruptura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza, marcadas por uma resistência ao corte reduzida, como falhas, planos de estratificação, diaclases ou contacto entre uma cobertura detrítica e o substrato rochoso (Nemcok, 1977; Varnes, 1978; Bell e Pettinga, 1988).

Em função do tipo de material afectado, é possível distinguir as seguintes categorias de deslizamentos com rupturas planares: deslizamentos de rocha (*rockslides*), deslizamentos de detritos (*debris slides*) e deslizamentos lamacentos (*mudslides*).

Os deslizamentos de rocha são típicos de contextos montanhosos, em vertentes com descontinuidades estruturais concordantes com o declive. A análise geométrica e mecânica destes movimentos revelou que uma inclinação dos planos de estratificação inferior ao valor do declive da vertente corresponde à situação mais favorável para o seu desenvolvimento (Van Asch, 1980). Com base na fisionomia dos planos de ruptura, Hutchinson (1988) considera os seguintes subtipos de deslizamentos rochosos: deslizamentos com ruptura planar simples (*planar slides*), deslizamentos com ruptura em escadaria (*stepped slides*) e deslizamentos com ruptura em cunha (*wedge failures*).

Os deslizamentos de detritos são, segundo Carson e Kirkby (1975), a forma de instabilidade mais comum nas vertentes naturais. Trata-se de deslizamentos pouco profundos, com planos de ruptura sensivelmente paralelos à superfície topográfica, frequentemente coincidentes com o contacto entre os depósitos de vertente e o substrato rochoso (Záruba e Mencl, 1982; Corominas, 1996). A velocidade de deslocação e a extensão percorrida variam na razão directa do declive e na razão inversa da quantidade de argila presente no material afectado (Hutchinson, 1988). Estes movimentos são também referidos com as designações de deslizamentos superficiais (Carson e Kirkby, 1975), deslizamentos laminares (Záruba e Mencl, 1982; Hutchinson, 1988; Flageollet,

1989) e deslizamentos translacionais superficiais (Van Asch, 1980; Thompson *et al.*, 1986).

Os deslizamentos lamacentos são definidos por Brunsten (1984, p.363) como uma forma de movimento “no qual massas de argilas brandas, silte ou areia muito fina, avançam lentamente por deslizamento, ao longo de planos de ruptura descontínuos, originando formas lobadas ou alongadas”. Keefer e Johnson (1983) referem, como aspectos morfológicos característicos, a forma em língua com frente arredondada, o perfil longitudinal sinusoidal (côncavo a montante e convexo a jusante) e a presença de orlas laterais a flanquear a área afectada. Brunsten e Ibsen (1996) identificam três grandes unidades morfológicas, designadas por área de ruptura, sector de transporte com forma de canal e área de acumulação.

Os deslizamentos lamacentos são dos movimentos de vertente que levantam maiores problemas de terminologia na língua inglesa, demonstrados pela grande variedade de termos empregues para a sua descrição: *mudslide*, *mudflow*, *earthflow*, *earthslide*, *quick clay flow* e *flow slide* (Brunsten, 1984).

#### 2.3.4. - Expansão lateral

A expansão lateral (*lateral spreading*; fig. 1) corresponde à “extensão de massas coesivas de solo ou rocha, combinada com uma subsidência geral (...) no material subjacente mais brando. (...) Pode resultar da liquefacção ou escoada do material brando subjacente” (WP/WLI, 1993b, p.6-2). Este processo, marcado sempre pela ausência de rupturas basais bem definidas, apresenta características contrastadas conforme o tipo de material envolvido.

A expansão lateral em rocha é, geralmente, um movimento muito lento, resultante de deformações visco-plásticas profundas ligadas à tensão gravítica (Pasuto e Soldati, 1996). Varnes (1978) distingue dois tipos de expansão lateral neste tipo de terreno, em função da presença ou ausência de liquefacção ou escoamento plástico no material subjacente.

A expansão lateral em solos é um mecanismo extremamente rápido, responsável por situações de perigo declarado. O movimento é definido como o “colapso de uma

camada de solo a uma certa profundidade, seguido do assentamento das camadas subjacentes mais resistentes ou da ruptura progressiva de toda a massa afectada” (Buma e Van Asch, 1996b, p.137-138).

#### 2.3.5. - Escoadas

A escoada (*flow*; fig. 1) é um “movimento espacialmente contínuo onde as superfícies de tensão tangencial são efémeras e frequentemente não preservadas. A distribuição das velocidades na massa deslocada assemelha-se à de um fluido viscoso” (WP/WLI, 1993b, p.6-2). As tensões distribuem-se por toda a massa afectada, conduzindo, geralmente, a uma grande deformação interna dos materiais e à existência de velocidades diferenciadas, quase sempre maiores junto à superfície (Carson e Kirkby, 1975; Bromhead, 1992).

As escoadas em rocha são deformações gravíticas profundas, de tipo *creep*, que afectam massas rochosas muito diaclasadas ou estratificadas, em vertentes montanhosas (Bisci *et al.*, 1996). Trata-se de movimentos extremamente lentos e, aparentemente, mais ou menos permanentes no tempo (Varnes, 1978). Os vários tipos de *sagging* da classificação de Hutchinson (1988) são apresentados por Bisci *et al.* (1996, p.152) como variedades de escoada em rocha.

As escoadas de detritos consistem numa “mistura de material fino (areia, silte e argila) e material grosseiro (calhaus e blocos), com uma quantidade de água variável, formando uma massa (...) que se desloca em direcção à base da vertente, normalmente por impulsos sucessivos induzidos pela força da gravidade e pelo colapso repentino dos materiais de suporte” (Corominas *et al.*, 1996, p.161). O efeito de fluidificação pela água tem, em regra, um papel fundamental no desenvolvimento do processo (Varnes, 1978; Johnson e Rodine, 1984). As escoadas mais típicas têm uma densidade elevada (a carga sólida ultrapassa, frequentemente, 50 % da massa do material) e seguem canais pré-existentes, na desembocadura dos quais o material se deposita sob a forma de cone ou leque (Johnson e Rodine, 1984; Sauret, 1987; Corominas *et al.*, 1996).

As escoadas de detritos são consideradas, actualmente, como um fluido não newtoniano (Pierson e Costa, 1987). O modo de escoamento tem sido objecto de várias

tentativas de modelização reológica, sendo o modelo de Bingham<sup>2</sup> o mais frequentemente invocado.

A maior parte das subdivisões proposta para este tipo de processo baseia-se em critérios largamente condicionados pelo contexto geomorfológico e pela localização geográfica, como os mecanismos de iniciação do movimento, velocidade do processo, dimensão dos materiais e origem e forma dos depósitos. Por exemplo, Sauret (1987) faz uma distinção entre escoadas de detritos desencadeadas pela saturação de um horizonte superficial e escoadas de detritos que têm origem em deslizamentos de terrenos; Schrott *et al.* (1996) defendem que o termo “escoada de solo” deve ser usado para as escoadas com uma ausência significativa de detritos grosseiros. A necessidade de uma terminologia com critérios de classificação baseados no comportamento reológico dos materiais, com limites bem definidos, é defendida por Pierson e Costa (1987), que propõem uma classificação quantitativa e física, baseada na dinâmica das escoadas e nas características das massas alvo do processo. Estes autores cruzam a velocidade do escoamento com a concentração de sedimentos e caracterizam as escoadas de detritos em função do tipo de fluido intersticial e da categoria e comportamento plástico do escoamento.

---

<sup>2</sup> Os fluidos Bingham, ou fluidos plásticos, apresentam taxas de deformação que são proporcionais às tensões tangenciais sofridas. Ao contrário dos fluidos newtonianos, o movimento de escoada verifica-se apenas quando é ultrapassado um limiar crítico de tensão tangencial (Pierson e Costa, 1987).

### 3 - A ACTIVIDADE DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE

#### 3.1. - Estilo de actividade

O estilo de actividade “descreve de que modo os diferentes movimentos dentro do *landslide* contribuem para o movimento de conjunto” (WP/WLI, 1993a, p.53). A *Working Party on World Landslide Inventory* (WP/WLI, 1993a; 1993b), retomando o trabalho de Varnes (1978), propôs uma série de definições que têm sido adoptadas internacionalmente:

##### a) movimento simples

Movimento único, muitas vezes sob a forma de um bloco pouco deformado. Esta definição ajusta-se bastante à proposta por Blong (1973a), que considera como simples os movimentos com uma única ruptura e um único tipo de movimento. Segundo Dikau *et al.* (1996), este estilo de actividade é pouco frequente na natureza, já que quase todos os movimentos de vertente associam mais do que um tipo de mecanismo, através de uma actuação simultânea em diferentes sectores da área afectada, ou por uma evolução natural de um processo para outro com o decorrer do tempo.

##### b) movimentos múltiplos

Movimentos de vertente que evidenciam um desenvolvimento repetido do mesmo tipo de deslocação<sup>3</sup>. Quando aplicado aos deslizamentos rotacionais, o termo refere-se à produção de dois ou mais blocos deslizados, cada qual com uma superfície de ruptura curva, tangencial a um plano de deslizamento comum mais profundo (Hutchinson, 1988; Buma e Van Asch, 1996a). Leighton (1966, citado por Varnes, 1978) atribui a designação de “justapostos” aos movimentos múltiplos com plano de ruptura basal comum, reservando o termo “sobrepuestos” para os casos em que cada bloco se sobrepõe ao que se lhe situa imediatamente a jusante.

---

<sup>3</sup> Blong (1973a) utiliza a designação de compósito para referir este tipo de movimento.

c) movimentos sucessivos

Movimentos de vertente idênticos, em tipo, aos anteriores, mas onde não há partilha do material deslocado ou da superfície de ruptura<sup>4</sup>. De acordo com Skempton e Hutchinson (1969, citados por WP/WLI, 1993a, p.56), “os deslizamentos rotacionais sucessivos consistem num conjunto de deslizamentos rotacionais individuais pouco profundos”.

d) movimentos complexos e compósitos

De acordo com Varnes, o termo “complexo” deve ser aplicado aos “movimentos de vertente que evidenciam a combinação de um ou mais dos principais modos de movimento, seja em diferentes partes da massa afectada, ou em diferentes estádios do desenvolvimento do movimento” (Varnes, 1978, p.20-21). A proposta da WP/WLI (1993a, 1993b), que é adoptada por exemplo por Dikau *et al.* (1996) e por Cruden e Varnes (1996), sugere a restrição de utilização deste termo aos casos em que é possível individualizar mais do que um tipo de movimento, numa sequência temporal nítida. Aos movimentos de vertente que exibem, pelo menos, dois mecanismos em simultâneo, em diferentes sectores da massa deslocada, é reservado o termo de “compósito”. Ter-Stepanian (1977) atribui as designações de *beads-like* a movimentos compósitos que coalescem a jusante e *multi-storied* aos movimentos que se caracterizam pela existência de dois ou mais planos de ruptura, a profundidades diferentes.

A distinção, no terreno, entre um movimento complexo e um movimento compósito nem sempre é fácil, devido à dificuldade em detectar sequências temporais no desenvolvimento dos movimentos, particularmente quando a data de levantamento de campo não coincide com o seu período de actividade.

---

<sup>4</sup> Esta concepção difere bastante da de Varnes, que considera sucessivo “qualquer movimento múltiplo que se desenvolva de um modo sucessivo no tempo” (Varnes, 1978, p.24).

### 3.2. - Distribuição da actividade

A distribuição da actividade dos movimentos de vertente pretende avaliar a variação da actividade numa perspectiva espacial. A terminologia e concepções propostas pela *Working Party on World Landslide Inventory* (WP/WLI, 1993a; 1993b) são as seguintes (fig. 2):

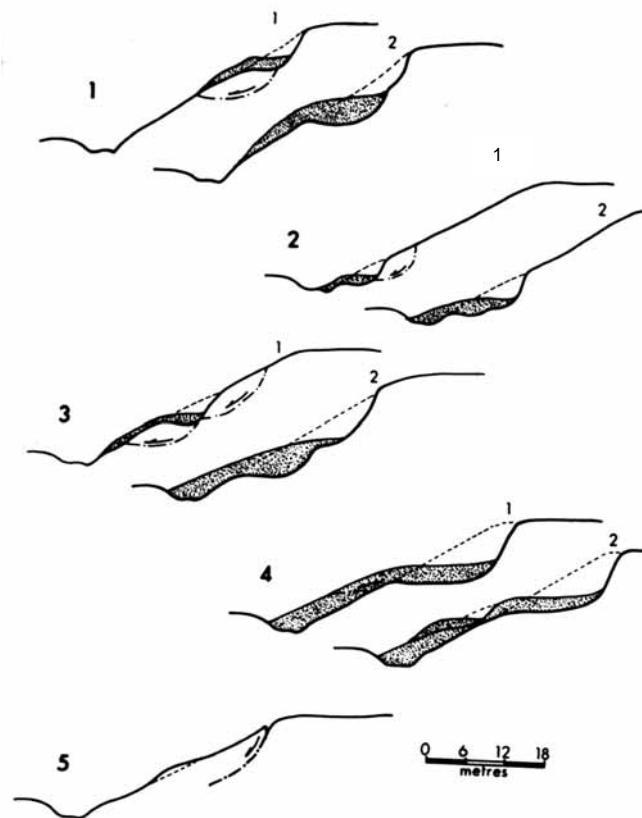


Fig. 2. Distribuição da actividade nos movimentos de vertente (extraído de WP/WLI, 1993a, p.55). 1 - movimento em avanço; 2 - movimento retrogressivo; 3 - movimento com progressão múltipla; 4 - movimento em diminuição; 5 - movimento confinado.

a) retrogressão (*retrogressing*)

O plano de ruptura expande-se para montante, na direcção oposta à do movimento do material deslocado<sup>5</sup>.

b) avanço (*advancing*)

O plano de ruptura expande-se na direcção do movimento do material deslocado.

c) alargamento (*widening*)

O plano de ruptura expande-se na direcção de um ou de ambos os flancos do movimento de vertente.

d) progressão múltipla (*enlarging*)

O plano de ruptura expande-se em duas ou mais direcções<sup>6</sup>.

e) diminuição (*diminishing*)

O material mobilizado em cada reactivação tem progressivamente menor volume.

f) movimento (*moving*)

As deslocações verificam-se sem qualquer modificação visível no plano de ruptura e no volume do material deslizado.

g) confinamento (*confined*)

O movimento apresenta um desenvolvimento incipiente, existindo uma cicatriz mas não um plano de ruptura visível na base da massa afectada. A deslocação a montante é compensada pela compressão dos materiais envolvidos e não se prolonga muito para jusante (Hutchinson, 1988).

---

<sup>5</sup> De acordo com Varnes (1978), a retrogressão pode verificar-se por deslizamento rotacional múltiplo, desabamento ou liquefacção.

<sup>6</sup> Varnes (1978) utiliza o termo “progressivo” para caracterizar estes movimentos. A WP/WLI (1993a) realça a possibilidade de confusão do termo com a designação de ruptura progressiva, utilizada na mecânica de solos para descrever o processo de desenvolvimento do plano de ruptura de alguns deslizamentos, sugerindo o emprego do termo *enlarging*, traduzido aqui como progressão múltipla.



### 3.3. - Estado de actividade

O estado de actividade descreve o conhecimento acerca das datas de ocorrência dos movimentos de vertente, necessário para a distinção fundamental entre movimentos activos e inactivos (WP/WLI, 1993a).

Esta distinção não é simples e baseia-se geralmente em decisões arbitrárias. Por exemplo, Erskine (1973) utiliza uma classificação pela negativa, ao considerar como movimentos activos todos os que não apresentam sinais de estabilização. Este autor justifica a sua opção com o carácter periódico ou episódico da maioria dos movimentos de vertente que estudou, que apresentam uma actividade praticamente nula nos períodos intermédios. Para Cooke e Doornkamp (1990, p.112) o termo activo deverá ser reservado para os “movimentos verificados no passado recente e relativamente aos quais são esperadas reactivações no futuro próximo”. Záruba e Mencl (1982) relacionam a actividade com a idade, ao considerarem que os movimentos activos são fáceis de reconhecer no terreno, visto apresentarem uma grande frescura de formas, ainda não degradadas pela erosão hídrica. Van Asch (1980), na sua dissertação de doutoramento, considerou como activos todos os movimentos que registaram actividade durante o período de trabalho de campo, que se prolongou aproximadamente por três anos.

As classificações do estado de actividade dos movimentos de vertente mais utilizadas (Varnes, 1978; WP/WLI, 1993a, 1993b; Flageollet, 1994), sobrevalorizam o momento em que é efectuada a observação no terreno, numa perspectiva temporal de curto prazo, considerada como mais efectiva para a definição da perigosidade associada aos mecanismos de instabilidade (Flageollet, 1994).

A proposta da WP/WLI (1993a; 1993b), retomando no essencial as ideias de Varnes (1978), considera como movimentos activos os que apresentam actividade actualmente e reserva a designação de suspensos para aqueles que registaram deslocações no último ciclo estacional (ano climatológico). Os movimentos inactivos são definidos, de uma forma simples, como “não tendo sofrido movimentos no último ciclo estacional” (WP/WLI, 1993a, p.54). Nesta categoria são considerados vários

subtipos, onde se incluem movimentos dormentes (podem ser reactivados em qualquer altura, já que as causas que os determinaram continuam em presença), movimentos abandonados (já não são afectados pelas causas que os originaram), movimentos estabilizados (foram alvo de medidas correctivas artificiais que desactivaram os factores de instabilidade) e movimentos relíquia (verificados sob condições ambientais diferentes das actuais). A proposta da *Working Party* termina com a definição de movimento reactivado, considerado como um “movimento de vertente activado após um período de inactivação” (WP/WLI, 1993a, p.54).

A classificação do estado de actividade proposta por Flageollet (1994), baseia-se fortemente nos períodos de retorno estimados para os movimentos. São considerados activos todos os movimentos com período de retorno inferior a um ano, subdivididos em contínuos e intermitentes conforme o carácter permanente ou não permanente das deslocações. Quanto aos movimentos inactivos, é feita uma distinção entre os dormentes (período de retorno entre 1 e 1000 anos) e os estabilizados (período de retorno superior a 1000 anos)<sup>7</sup>. Os movimentos dormentes são considerados frequentes, moderadamente frequentes e pouco frequentes, em função da sua recorrência temporal (1 a 10 anos, 10 a 100 anos e 100 a 1000 anos, respectivamente).

A definição e classificação do estado de actividade dos movimentos de vertente em função do seu período de retorno poderá ser consistente e válida para movimentos alvo de uma monitorização cuidada, em áreas caracterizadas por uma relativa regularidade no que respeita ao fornecimento de água ao solo, seja directamente através da precipitação, ou por acção da fusão de neve e/ou gelo. Este não é, seguramente, o caso de Portugal, marcado por uma forte irregularidade interanual no regime da precipitação e onde os movimentos de vertente têm sido detectados, quase sempre, apenas visualmente.

---

<sup>7</sup> Note-se que esta concepção de movimento estabilizado é consideravelmente distinta da de Varnes (1978), adoptada pela WP/WLI (1993a; 1993b). A falta de concordância relativamente ao significado a atribuir ao termo é confirmada pela definição apresentada por Záruba e Mencl (1982, p.53), “movimentos estabilizados desenvolveram-se sob condições morfológicas e climáticas que não se verificam actualmente”, equivalente à de movimento relíquia.

Em Portugal, a maior parte dos movimentos de vertente apresenta um sinal climático indiscutível, comprovado pelo grande número de movimentos activados nos anos mais chuvosos e pela quase absoluta inactividade nos restantes. Nestas circunstâncias, a recorrência das manifestações de instabilidade, mais do que relacionada com as características mecânicas e dinâmicas dos movimentos, está directamente dependente do período de retorno das precipitações que os fazem activar.

O maior inconveniente das classificações da *Working Party* e de Flageollet reside na excessiva importância atribuída ao momento em que é efectuada a observação do movimento. A título de exemplo, refira-se que a aplicação da proposta da *Working Party* à Região a Norte de Lisboa, em 1988, conduziria à classificação de quase todos os movimentos observáveis na altura como inactivos-dormentes, com uma total ausência de movimentos activos ou suspensos<sup>8</sup>. Numa classificação efectuada em 1989-90, ano climatológico particularmente chuvoso, considerar-se-iam como suspensos todos os deslizamentos desencadeados nesse ano; no entanto, se o seu levantamento de campo fosse apenas efectuada em 1991-92 (ano seco), os mesmos movimentos teriam que ser classificados como inactivos-dormentes.

No estudo dos movimentos de vertente da Região a Norte de Lisboa, os termos relativos ao estado de actividade não foram utilizados numa perspectiva tão rígida como o proposto pela WP/WLI (1993a) ou por Flageollet (1994), ainda que, necessariamente, se tenham adoptado limites arbitrários para estabelecer as divisões (Zêzere, 1997). Foram considerados activos todos os movimentos que denunciaram actividade posteriormente a 1967 e relativamente aos quais são expectáveis reactivações no futuro próximo. Os movimentos dormentes não sofreram reactivações nas últimas 3 décadas, ainda que a informação recolhida no terreno tenha conduzido à conclusão da manutenção de um potencial de instabilidade. Consideram-se estabilizados os movimentos de vertente em que os factores de instabilidade foram anulados por

---

<sup>8</sup> O resultado da aplicação desta classificação pode levantar igualmente problemas na perspectiva do Ordenamento e Gestão do Território, devido à tendência, errada mas frequente, em associar o conceito de inactivo a perigosidade reduzida.

intervenção antrópica, através da implementação de medidas correctivas efectivas (Zêzere, 1997).

#### 4 - A MORFOLOGIA E AS DIMENSÕES DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE

A descrição e classificação da morfologia interna dos movimentos de vertente constituem um método fundamental para a interpretação da sua tipologia e dinâmica. As abordagens ao tema encontradas na literatura geomorfológica e geotécnica são bastante variadas, ressaltando, mais uma vez, o carácter não uniforme da terminologia utilizada.

Pulinowa *et al.* (1977) propõem a distinção de quatro zonas morfodinâmicas nos deslizamentos, com base na distinta incidência dos sistemas de deformação que se podem desenvolver: esforço tangencial, tensão e compressão.

Záruba e Mencl (1982) afirmam ser possível individualizar três sectores distintos na maioria dos movimentos de vertente: área de ruptura, representada por uma cicatriz ou depressão, que marca o local de partida dos materiais; área de transporte, correspondente ao sector onde ocorre o movimento principal; área de acumulação, onde o material deslocado se acumula.

Crozier (1973) defende a distinção, nos deslizamentos, de um sector côncavo (a montante) e de um sector convexo (a jusante). O primeiro coincide com a área de máxima perda de material e é limitado por cicatrizes; o segundo corresponde à área em que o material deslizado se sobrepõe à superfície topográfica original.

Ao abordar os termos propostos por Crozier, Cruden (1980) considera não resultar claro se aqueles sectores têm correspondência com volumes, massas ou áreas, ao mesmo tempo que conclui da sua ineficácia para descrever, de modo apropriado, os grandes elementos morfológicos de alguns movimentos de vertente. Este autor refere o caso dos deslizamentos translacionais com ruptura compósita que, de acordo com Skempton e Hutchinson (1969, citados por Cruden, 1980), têm frequentemente um perfil longitudinal que inclui duas partes côncavas no seu sector montante. Cruden (1980) propõe o abandono das metáforas anatómicas e define, por um lado, “acumulação da massa deslocada” como a parte do material afectado que se sobrepõe à

superfície topográfica original; e, por outro, “depleção” como a parte do material deslocado que se encontra numa posição rebaixada, em relação à topografia original.

Varnes (1978) é responsável pela principal sistematização da nomenclatura dos elementos morfológicos dos movimentos de vertente. A terminologia proposta tem sido utilizada por vários autores (por exemplo, Keefer e Johnson, 1983; Flageollet, 1989; Panizza, 1990) e foi adoptada pela Comissão de *Landslides and other Mass Movements* da Associação Internacional de Engenharia Geológica.

Apresenta-se, em seguida, uma proposta de tradução e adaptação do glossário internacional recomendado pela IAEG Commission on Landslides (1990).

a) Morfologia dos movimentos de vertente (Fig. 3):

1 - cabeceira. Área adjacente à parte superior da cicatriz principal, praticamente não afectada pelo movimento. A eventual presença de fissuras testemunha o efeito de tracção neste sector.

2 - cicatriz principal. Superfície inclinada ou vertical, frequentemente côncava, que limita o movimento de vertente na sua parte superior.

3 - topo. Ponto mais elevado ao longo do contacto entre o material deslocado e a cicatriz principal.

4 - cabeça. Faixa de contacto entre o material deslocado e a cicatriz principal.

5 - cicatriz secundária. Semelhante à cicatriz principal mas visível no material deslocado. É originada por movimentos diferenciais dentro da massa deslocada.

6 - corpo principal. Parte do material deslocado localizada por cima do plano de ruptura, entre a cicatriz principal e o limite jusante do plano de ruptura.

7 - pé. Parte da massa afectada que se desloca para além do limite jusante do plano de ruptura e se sobrepõe à superfície topográfica original.

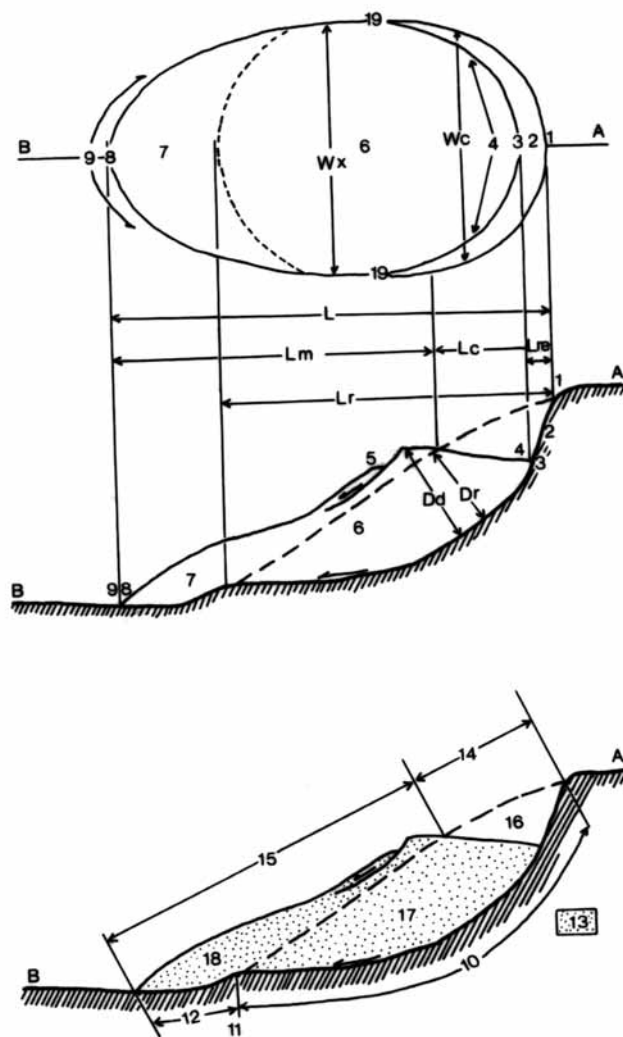


Fig. 3. Elementos morfológicos e dimensões dos movimentos de vertente (adaptado de IAEG Commission on Landslides, 1990, p.14).

- 8 - extremidade jusante. Ponto que define a extremidade jusante do material deslocado.
- 9 - frente. Faixa que define o limite jusante da massa afectada, em geral com uma forma convexa.
- 10 - plano de ruptura; superfície de deslizamento. Superfície ao longo da qual ocorre o movimento tangencial.

11 - limite jusante do plano de ruptura. Intercepção, a jusante, entre o plano de ruptura e a superfície topográfica original.

12 - superfície de separação. Superfície que separa os terrenos não afectados e o material deslocado que constitui o pé do deslizamento, a jusante do plano de ruptura.

13 - material deslocado. Material deslocado da sua posição original por influência de um movimento de vertente.

14 - área de depleção. Área do movimento de vertente em que o material deslocado se encontra abaixo da superfície topográfica original.

15 - área de acumulação. Área do movimento de vertente em que o material deslocado se encontra acima da superfície topográfica original.

16 - depleção. Volume de material perdido, definido pelos limites da cicatriz principal, superfície da massa abatida e superfície topográfica original.

17 - massa abatida. Massa do material deslocado que se sobrepõe ao plano de ruptura e fica abaixo do nível da superfície topográfica original.

18 - acumulação. Volume do material deslizado que se situa acima do nível da superfície topográfica original.

19 - flanco. Limite lateral do movimento de vertente. Quando se usam os termos direito e esquerdo, estes referem-se ao movimento observado de montante.

20 - línguas e orlas de deslizamento. Formas particulares de disposição do material deslocado que, embora mais frequentes nas áreas de acumulação, também se podem observar nas áreas de depleção dos deslizamentos.

#### b) Dimensões dos movimentos de vertente<sup>9</sup>

L - comprimento total; equivalente horizontal da distância entre o topo da cicatriz principal e a extremidade jusante do movimento.

Lc - equivalente horizontal do comprimento da área de depleção.

Lm - equivalente horizontal do comprimento da área de acumulação.

---

<sup>9</sup> Por questão de facilidade de procedimento, no terreno e no gabinete, as distâncias que a seguir se descrevem são propostas em equivalentes horizontais.

Lr - comprimento do plano de ruptura; equivalente horizontal da distância entre o topo da cicatriz principal e o limite jusante do plano de ruptura.

Lre - comprimento da superfície de ruptura exposta; equivalente horizontal da distância entre o topo e a base da cicatriz principal;

Wc - largura máxima da área de depleção, medida perpendicularmente a Lc.

Wx - largura máxima da área de acumulação, medida perpendicularmente a Lm.

W - largura máxima do movimento de vertente.

Dr - profundidade máxima do plano de ruptura, medida perpendicularmente à superfície topográfica original.

Dd - Espessura máxima da massa deslizada, medido perpendicularmente a Lc ou Lm.

## BIBLIOGRAFIA

- AMANTI, M.; CASAGLI, N.; CATANI, F.; D'OREFICE, M.; MOTTERAN, G. (1996) - *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Presidência del Consiglio dei Ministri, Servizio Geologico, Roma.
- AYALA CARCEDO (Coord.) (1991) - *Manual de Ingenieria de taludes*. I.T.G.E., Madrid.
- BELL, D.H.; PETTINGA, J.R. (1988) - Bedding-controlled landslides in New Zealand soft rock terrain. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, p.77-83.
- BISCI, C.; DRAMIS, F.; SORRISO-VALVO, M. (1996) - Rock flow. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.150-160.
- BLONG, R.J. (1973a) - A numerical classification of selected landslides of the debris-slide-avalanche type. *Engineering Geology*, 7, Amsterdam, p.99-114.
- BLONG, R.J. (1973b) - Relationships between morphometric attributes of landslides. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl.-Bd. 18, Berlin-Stuttgart, p.66-77.
- BROMHEAD, E. (1992) - *The Stability of Slopes*. 2ª ed., Blackie Academic & Professional, London.
- BRUNSDEN, D. (1984) - Mudslides. In BRUNSDEN, D.; PRIOR, D.B. (Eds.), *Slope Instability*, John Wiley and Sons, Chichester, p.363-418.
- BRUNSDEN, D.; IBSEN, M.-L. (1996) - Mudslide. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.103-119.
- BUMA, J.; VAN ASCH, T. (1996a) - Slide (rotational). In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.43-61.
- BUMA, J.; VAN ASCH, T. (1996b) - Soil spreading. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.137-148.
- CARRARA, A.; D'ELIA, B.; SEMENZA, E. (1987) - Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi. *Documenti del Territorio*, 5-6, p.27-33.
- CARSON, M.A.; KIRKBY, M.J. (1975) - *Hillslope Form and Processes*. 2.ed., Cambridge University Press, Malta.



- COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. (1990) - *Geomorphology in Environmental Management. A New Introduction*. 2nd ed., Clarendon Press, Oxford.
- COROMINAS, J. (1996) - Debris slide. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.97-102.
- COROMINAS, J.; REMONDO, J.; FARIAS, P.; ESTEVÃO, M.; ZÊZERE, J.; DÍAZ DE TERÁN, J.; DIKAU, R.; SCHROTT, L.; MOYA, J.; GONZÁLEZ, A. (1996) - Debris flow. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.161-180.
- CROZIER, M.J. (1973) - Techniques for morphometric analysis of landslips. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 17, 1, Berlin-Stuttgart, p.78-101.
- CRUDEN, D.M. (1980) - The anatomy of landslides. *Canadian Geotechnical Journal*, 17, 2, Ottawa, p.295-300.
- CRUDEN, D.M. (1991) - A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, Paris, p.27-29.
- CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. (1996) - Landslide Types and Processes. In TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., p.36-75.
- DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.) (1996) - *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- ERSKINE, C.F. (1973) - Landslides in the vicinity of the Fort Randall Reservoir South Dakota. *Geological Survey Professional Paper*, 675, Washington.
- FLAGEOLLET, J.-C. (1989) - *Les mouvements de terrain et leur prévention*. Masson, Paris.
- FLAGEOLLET, J.-C. (1994) - The time dimension in the mapping of earth movements. In CASALE, R.; FANTECHI, R.; FLAGEOLLET, J.C. (Eds.), *Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community*. Final Report, vol.I. European Commission, Science Research Development, Programme Epoch, Contract 90 0025, p.8-20.
- FLAGEOLLET, J.-C.; WEBER, D. (1996) - Fall. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.13-28.
- GELLATLY, A.F.; WHALLEY, W.B.; DOUGLAS, G.R. (1984) - Rockfalls in mountainous regions: establishing a rationale for effective study. *Mouvements de Terrain. Colloque de Caen, Documents du B.R.G.M.*, 83, Paris, p.101-108.
- GIRAUD, A.; ROCHET, L.; ANTOINE, P. (1990) - Processes of slope failure in crystallophyllian formations. *Engineering Geology*, 29, Amsterdam, p.241-253.
- HANSEN, M.J. (1984) - Strategies for classification of landslides. In BRUNSDEN, D.; PRIOR, D.B. (Eds.), *Slope Instability*, John Wiley and Sons, Chichester, p.1-25.
- HUTCHINSON, J.N. (1968) - Mass Movement. In FAIRBRIDGE, R.W. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*, Reinhold, New York, p.688-695.
- HUTCHINSON, J.N. (1988) - General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, p.3-35.
- IAEG COMMISSION ON LANDSLIDES (1990) - Suggested nomenclature for landslides. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 41, Paris, p.13-16.
- IBSEN, M.-L.; BRUNSDEN, D.; BROMHEAD, E.; COLLISON, A. (1996) - Block slide. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.64-77.
- ILIEV, I. (1977) - On the compilation of a engineering geological map of slope movements in Europe. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16, Krefeld, p.33-34.
- JOHNSON, A.M.; RODINE, J.R. (1984) - Debris flow. In BRUNSDEN, D.; PRIOR, D.B. (Eds.), *Slope Instability*, John Wiley and Sons, Chichester, p.257-361.

- JONES, D.K. (1992) - Landslide hazard assessment in the context of development. In Mc CALL, G.J.; LAMING, D.J.; SCOTT, S.C. (Eds.), *Geohazards. Natural and Man-made*. Chapman and Hall, London, p.117-141.
- KEEFER, D.K.; JOHNSON, A.M. (1983) - Earth flows: Morphology, mobilization, and movement. *Geological Survey Professional Paper*, 1264, Washington.
- KOVACIK, M.; MODLITBA, I. (1988) - Evaluation of the susceptibility to deformation of slopes - An example from Czechoslovakia. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 2, Balkema, Rotterdam, p.1193-1195.
- MINKOV, M.; ILIEV, I.; MILEV, G.; AVRAMOVA, E.; TSENKOV, T. (1988) - Geological conditions, slope instability and methods of its study in Bulgaria. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, p.231-238.
- MULDER, F. (1991) - Assessment of landslide hazard. *Nederlandse Geografische Studies*, 124, Amsterdam/ Utrecht.
- NAKAMURA, H. (Coord.) (1996) - *Landslides in Japan (The Fifth Revision)*. The Japan Landslide Society; National Conference of Landslide Control.
- NEMCOK, A. (1977) - Geological/tectonical structures - an essential condition for genesis and evolution of slope movements. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16, Krefeld, p.127-130.
- NEMCOK, A.; PASEK, J.; RYBAR, J. (1972) - Classification of Landslides and Other Mass Movements. *Rock Mechanics*, 4, Wien, p.71-78.
- PANIZZA, M. (1990) - *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- PASUTO, A.; SOLDATI, M. (1996) - Rock spreading. In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.122-136.
- PIERSON, T.; COSTA, J.E. (1987) - A rheologic classification of subaerial sediment-water flows. *Reviews in Engineering Geology*, VII, Geological Society of America, p.1-12.
- PULINOWA, M.Z.; PAWLAK, W.; WOROPAJEW, E. (1977) - A contribution to the problem of morphogenetical principles of landslide mapping. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16, Krefeld, p.56-62.
- RAPP, A. (1960) - Recent development of mountain slopes in Karkevagge and surroundings, Northern Scandinavia. *Geografiska Annaler*, 42, 2-3, p.71-199.
- ROMANA, M. (1991) - A Geomechanical Classification for Slopes (SMR). In ALMEIDA-TEIXEIRA, M.E.; FANTECHI, R.; OLIVEIRA, R.; GOMES COELHO, A. (Eds.), *Prevention and Control of Landslides and Other Mass Movements*, Commis. European Communities, Brussels, p.101-123.
- SAURET, B. (1987) - Coulées de débris canalisées. Compte rendu bibliographique. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées - Risques Naturels*, 150-151, Paris, p.65-77.
- SCHROTT, L.; DIKAU, R.; BRUNSDEN, D. (1996) - Soil flow (mudflow). In DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.-L. (Eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, p.181-187.
- SIRIEYS, P. (1984) - Divers types de mecanismes de mouvements de terrains. *Mouvements de Terrain. Colloque de Caen, Documents du B.R.G.M.*, 83, Paris, p.75-80.
- TER-STEPANIAN, G. (1977) - Types of compound and complex landslides. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16, Krefeld, p.72-74.
- TERZAGHI, K. (1952) - *Mecanismo dos escorregamentos de terra*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, separata nº467, São Paulo.
- THOMPSON, R.D.; MANNING, A.M.; MITCHELL, C.W.; PARRY, M.; TOWNSHEND, J.R. (1986) - *Processes in Physical Geography*, Longman, London.
- VAN ASCH, T. (1980) - *Water erosion on slopes and landsliding in a Mediterranean landscape*. Utrechtse Geografische Studies, 20, Utrecht.
- VAN ASCH, T. (1984) - Creep processes in landslides. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9, p.573-583.

- VAN WESTEN, C.J. (1993) - *Application of Geographical Information Systems to Landslide Hazard Zonation*. I.T.C., Enschede.
- VARNES, D.J. (1958) - Landslide Types and Processes. In ECKEL, E.B. (Ed.), *Landslides and Engineering Practice*, Highway Research Board, Special Report. 29, Nat. Academ. Sci., p.20-47.
- VARNES, D.J. (1978) - Slope Movement Types and Processes. In SCHUSTER, R.L.; KRIZEK, R.J. (Eds.), *Landslides, Analysis and Control*, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C., p.11-33.
- WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY, UNESCO (1990) - A suggested method for reporting a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 41, Paris, p.5-12.
- WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY, UNESCO (1991) - A suggested method for a landslide summary. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, Paris, p.101-110.
- WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY, UNESCO (1993a) - A suggested method for describing the activity of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47, Paris, p.53-57.
- WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY, UNESCO (1993b)- *Multilingual landslide glossary*. International Geotechnical Societies, Canadian Geotechnical Society, Richmond.
- ZÁRUBA, Q.; MENCL, V. (1982) - *Landslides and their Control*. Elsevier, Amsterdam.
- ZÊZERE, J.L. (1997) - Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Lisboa.