

Instabilidade de vertentes e riscos de movimentos de terreno. O exemplo da área Vila Seca- Lamas (a Sul de Coimbra)*

J. Gomes Santos**

Resumo:

O acompanhamento dos movimentos de terreno que desde 1993 têm vindo a afectar o troço Vila Seca-Lamas da estrada nacional nº 342 (E.N. 342) que liga Condeixa-a-Nova a Miranda do Corvo (Coimbra-Portugal) motivou o estudo que se apresenta. Pretende-se identificar as diversas variáveis provavelmente envolvidas nestes movimentos de terreno e colocar hipóteses que relacionem a sua influência na evolução dos fenómenos em questão. Destacamos alguns aspectos naturais, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e climáticos, mas enfatizamos as características da precipitação, designadamente, os efeitos "intensidade" e "precipitação acumulada" até ao dia da ocorrência dos movimentos de terreno. A actividade humana é, cada vez mais, um elemento mas também um importante factor que influencia o balanço "estabilidade-instabilidade" das vertentes e, por isso, é igualmente destacada. A zonagem dos riscos de *movimentos de terreno*, segundo a metodologia utilizada em França entre 1974 e 1979 no **Plano ZERMOS**, sendo de fácil leitura, constitui um exemplo que demonstra a utilidade prática da cartografia de riscos de movimentos de terreno aplicável ao Planeamento local.

Palavras-chave:

Estabilidade-instabilidade de vertentes; riscos de movimentos de terreno; cartografia de riscos.

Résumé:

L'accompagnement des mouvements de terrain qui ont détruit la route nationale nº 342 (E. N. 342) entre les petits agglomérats de Condeixa et Miranda do Corvo (Coimbra-Portugal), dans le secteur Vila Seca-Lamas, a motivé l'étude ici présente. Identifier les diverses variables qui ont probablement contribué pour le déclenchement de ces mouvements de terrain, et trouver des hypothèses qui puissent mettre en rapport les influences de chacune dans l'évolution de ce type de phénomènes, sont les deux grands propos de cet étude. On travaille surtout avec les aspects naturels, géologiques, géomorphologiques, hydrologiques et climatiques, mais on met l'accent dans les données de la précipitation, "intensité" et "précipitation accumulée" jusqu'au moment du déclenchement de ces mouvements. L'activité anthropique est un élément mais aussi un important facteur du bilan "stabilité-instabilité" des versants; elle est aussi envisagée. On a zonné les risques de mouvements de terrain d'après la méthodologie utilisée en France entre 1974 et 1979 dans le **Plan ZERMOS**, qui permet une lecture très accessible. C'est donc un exercice qui démontre l'utilité pratique de l'application de la cartographie des risques de mouvements de terrain à l'aménagement local de l'espace.

Mots-clés:

Stabilité-instabilité des versants; risques de mouvements de terrain; cartographie des risques.

Abstract:

Since 1993 we have been studying some important slope movements and their effects produced along the national road nº 342 (E.N. 342) between Condeixa and Miranda do Corvo (Coimbra-Portugal), at the section Vila Seca-Lamas. Our goals were to identify the principal factors that probably took part of those slope movements, and to look for possible hypothesis that could relate the influences of each one in the evolution of this kind of phenomena. The geological, geomorphological, hydrological and climatical aspects define the structure of this paper, but the emphasis goes straight to some aspects of the precipitation ("intensity" and "total accumulated" until the occurrence day). The human activity (also emphasised) is more and more important, as an element but specially as a factor that influences the "stability-instability" balance of the slope. In the present case the slope movements hazards have been classified in different zones according to the methodology of **Plan ZERMOS** (applied in France between 1974 and 1979). Such a simple document results in an important example of mapping slope movements hazards and risks, that can be applied to the local planning.

Key-words:

Stability-instability of the slope; slope movements hazards; hazards cartographie.

* Trabalho integrado no Projecto Praxis XXI, 2/21/CTA/156/94.

** Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra.

1. Introdução

1.1. O conceito de risco natural

Não se pretende apresentar e discutir de forma exaustiva a terminologia utilizada no âmbito dos *riscos naturais*, até porque este estudo⁽¹⁾ diz apenas respeito à problemática relacionada com uma parte deles, concretamente, a que trata os *movimentos de terreno*. No entanto, porque não podemos entender esta mesma problemática sem abordarmos o próprio conceito de *risco natural*, propomo-nos apresentar e discutir, ainda que de forma muito breve, alguns dos principais termos frequentemente utilizados procurando, sempre que possível, identificar a respectiva filiação conceptual.

O conceito de *risco natural* tem vindo a suscitar crescente interesse em diversas áreas do conhecimento científico. Daqui terá resultado uma profusão de termos e conceitos, alguns dos quais, estando longe de serem pacíficos, obrigam a uma profunda reflexão terminológica. Em princípio, esta reflexão será sempre dificultada pela diferente formação científica dos investigadores; por outro lado, a frequente utilização de alguns termos e conceitos (que não são propriamente específicos de nenhuma das várias disciplinas que se dedicam ao estudo destas matérias), conduziu à sua banalização, aspecto que em nossa opinião, não parece abonar em favor do próprio conhecimento científico.

A terminologia utilizada requer alguma prudência⁽²⁾, desde logo, no que diz respeito ao próprio conceito de *risco*. Tal como foi definido por ROWE⁽³⁾ (1977, citado na obra de F. J. CARCEDO AYALA, 1987, p. 5), o seu significado traduzia então o “produto da probabilidade de ocorrência de um perigo, pela importância (valor) dos danos produzidos”. A sua avaliação deveria, por isso, pressupor critérios económicos. Na obra mencionada, o autor refere também que a própria definição de ROWE envolve já um outro conceito, o de *perigo* que, em 1977, foi definido pelo U. S. GEOLOGICAL SURVEY como a “condição, processo ou acontecimento potencial que possa constituir uma ameaça para a saúde, segurança ou bem-

-estar de um grupo de pessoas, ou para as funções ou economia de uma comunidade ou entidade governamental maior”.

J. TRICART (1992) defende também a distinção entre estes dois conceitos mas, segundo o autor, o de *perigo* estaria sempre a montante do de *risco*, ou seja, deve utilizar-se com um significado de “estado potencial inerente a qualquer fenómeno ‘em bruto’ que pode vir a afectar qualquer ser vivo ou objecto. É, por isso, um conceito anterior à própria existência humana, resistir-lhe-á mesmo que esta espécie venha, eventualmente, a desaparecer e pode existir em áreas não habitadas pelo Homem” (*idem*, p. 258). No entanto, quando aplicado ao Homem, este conceito pressupõe a existência de *risco* que, nesta medida, seria a tradução do *perigo* em ameaça, ou seja, a possibilidade de um *perigo* se concretizar sob a forma de um fenómeno que causa danos e, por isso, afecta as sociedades humanas. O *perigo* seria, assim, um conceito eminentemente natural, enquanto o de *risco* deveria pressupor a actividade humana (*idem*, p. 273).

Em diversas das suas obras A. B. FERREIRA parece defender uma posição semelhante. Refira-se, por exemplo, que em 1993 (p. 4, fig.1) este autor cita M. PANIZZA (1988) e F. RAMADE (1987). Nesta obra A. B. FERREIRA alarga o conceito de *risco* ao próprio ambiente, referindo que o *risco ambiental*, de acordo com os citados autores, seria o “produto da frequência e da magnitude dos *factores de risco* pela *vulnerabilidade* (que está relacionada com as características do espaço, físicas e humanas, que o tornam mais, ou menos vulnerável)”, ou seja, enquanto os *factores de risco* constituem um *perigo potencial*, o *risco ambiental* envolve já as consequências desses mesmos factores. O autor refere ainda que, de acordo com W. W. HAYS (1991, p. 1), esta noção é mais ampla do que a de *catástrofe* que envolve a ocorrência de mortes e/ou perdas materiais consideráveis e generalizadas.

L. FAUGÈRES (1990, p. 53) defende que o conceito de *risco* estaria relacionado com um “...sistema complexo de processos cuja modificação do funcionamento é susceptível de produzir danos directos ou indirectos (...), numa determinada população”, enquanto que o de *perigo* “...caracteriza uma desregulação perceptível do sistema, que coloca em jogo toda uma série de reacções de defesa, ou de tentativas de restabelecimento do modo de funcionamento anterior”. Já o conceito de *crise* deve ser utilizado logo que “... as defesas ou tentativas se tornam inoperantes e, franqueados alguns limiares, o desenvolvimento dos fenómenos actuantes se processa de forma incontrolável, agravado por incapacidade da sua previsão”. Em termos sequenciais o esquema a

(1) Este estudo enquadra-se num trabalho mais amplo de Geomorfologia que constituiu a dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada em 1996 à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Foi precisamente um dos capítulos desta dissertação, concretamente, o que diz respeito aos Riscos de Movimentos de Terreno, que motivou a apresentação de uma comunicação aos IV Encontros sobre Riscos Naturais Urbanos realizados nesta Universidade em 24 de Janeiro de 1997. Apresenta-se agora um resumo escrito do que então foi dito.

(2) *Risco, Perigo e Vulnerabilidade* têm diferentes significados para diferentes autores em diferentes situações (J. HARTLÉN e L. VIBERG, 1989, p. 1037).

(3) Este conceito seria posteriormente adaptado ao tema dos *riscos naturais*.

estabelecer deveria prever, em primeiro lugar, o próprio conceito de *risco*, a jusante, o de *perigo* e, finalmente, o de *crise* (*desastre, catástrofe*).⁽⁴⁾

É nossa convicção que a bibliografia de língua portuguesa comunga das mesmas dificuldades o que poderá ajudar a compreender as posições dos vários autores que, sem colidirem verdadeiramente não deixam, no entanto, de denunciar algumas diferenças até porque entre os geólogos e geógrafos portugueses o termo *hazard* é também utilizado tanto como sinónimo de *perigo* como de *risco*. Talvez por isso se justifiquem as breves considerações que julgamos serem indispensáveis para que o leitor possa entender as nossas opções no que diz respeito a alguns dos termos e conceitos que adoptámos.

A confusão terminológica resultante da utilização radial dos vários conceitos, para além de depender da diversidade de investigadores que tratam este tema e da sua formação específica, parece resultar sobretudo do modo como cada um se refere ao conceito de *hazard* e a outros conceitos que envolvam a sua utilização.

L. FAUGÈRES (*ob. cit.*, p. 49), refere que o termo *hazard*, que na língua inglesa tem um significado preciso, na língua francesa não pode ser traduzido por *hasard*⁽⁵⁾ o que interdita, desde logo, a utilização da própria expressão *hasards naturels*.

K. SMITH (1992, p. 5 e seg.) defende que o conceito de *hazard* se deve entender como “ameaça potencial para o Homem e para as suas actividades”, enquanto que o de *risk* traduz já a “probabilidade de ocorrência de uma determinada ameaça potencial”.

De acordo com as propostas apresentadas em 1984 por D. J. VARNES à UNESCO, o conceito de *natural hazard* significaria a “possibilidade de ocorrência de danos produzidos por um fenómeno natural, numa dada área e num dado momento” (J. HARTLÉN e L. VIBERG, *ob. cit.*, p. 1037). Este conceito deveria, por isso, restringir-se à “probabilidade de ocorrência de um fenómeno” enquanto o de *risk* que, como refere o autor, é, por vezes, utilizado no mesmo sentido, envolveria já a “avaliação de danos e consequências

produzidas pelo fenómeno” (danos materiais e perda de vidas humanas).

De acordo com estas interpretações parece-nos possível chegar a uma situação de convergência ao nível dos critérios de tradução dos conceitos de *hazard* e *risk* para a bibliografia de língua portuguesa. Se os autores portugueses⁽⁶⁾ conotarem os conceitos de *hazard* e *risk* com os de *risco potencial* e *risco actual*⁽⁷⁾, respectivamente, talvez consigam resolver algumas das principais questões terminológicas relacionadas com estes dois conceitos. Esta equivalência legitimaria sempre a utilização da expressão *riscos naturais* fosse ela entendida no sentido de *risco potencial* ou no de *risco actual*. Em nenhum dos casos seria correcto falar em *perigo*⁽⁸⁾. Este conceito, aplicado ao estudo dos *riscos naturais*, deveria conservar o significado do termo *danger* utilizado na bibliografia de língua francesa (J. GOMES SANTOS, 1996, p. 141).

Mas as considerações terminológicas e conceptuais não se esgotam nas várias definições propostas; as escalas de análise dos fenómenos, a nível espacial e temporal, a identificação do *período de retorno*⁽⁹⁾ e a análise do estado de actividade, são aspectos de grande importância para a aplicação de medidas estruturais necessárias para garantir a segurança das populações (prevenção) que, a par com a possibilidade de previsão da ocorrência de desastres naturais, no espaço e no tempo, constituem o fim último destes estudos. Em ambos os capítulos a cartografia de riscos pode ajudar a alcançar resultados que minimizem cada vez mais os efeitos de episódios que, muitas vezes, apresentam uma elevada capacidade de destruição.

(4) Ver, a propósito, outros termos frequentemente utilizados, e que o Autor procura enquadrar em cada uma das situações identificadas com os conceitos de *risco*, *perigo* e *crise*. Assim, quando se fala em *análise de risco*, surgem frequentemente termos como *complexidade*, *potencialidade* e *probabilidade*. Como refere F. REBELO (1995, p. 511 e seg.), quando a partir de uma situação de *risco* se ultrapassa o limiar de *perigo* é frequente ouvir falar-se em *alerta*, *alarme* e *insegurança*; uma vez ultrapassados outros limiares geram-se situações de *crise* e fala-se, então, por exemplo, de *devastação*, *catástrofe*, *drama*, *pânico*, *urgência* e *socorro*.

(5) VARNES (1984, cit. por J. HARTLÉN e L. VIBERG, 1989, p. 1037) sugere mesmo, que o termo francês *risque* deve ser utilizado como equivalente de *hazard*, na língua inglesa.

(6) Pensamos também que a posição assumida por alguns autores espanhóis (F. J. CARCEDO AYALA, 1987, p. 6) não pode deixar de ser sugerida até porque, no essencial, obedece a um quadro terminológico basicamente semelhante ao francês e ao português. Este autor defende a necessidade de distinguir *risco potencial* e *risco actual*. Refere como exemplos que poderiam definir estas duas faces do mesmo conceito, um vulcão inactivo ou uma vertente em equilíbrio precário e, um vulcão em actividade ou um deslizamento activo, respectivamente, ou seja, o *risco actual* pressupõe já a existência de danos produzidos por um determinado fenómeno e, eventualmente, a sua avaliação.

(7) Talvez esta diferenciação conseguisse, inclusivamente, justificar a frequente utilização, pelos próprios autores ingleses, de *hazard* como sinónimo de *risk*, em que a distinção entre um e outro conceitos, apenas se conseguiria com recurso aos processos de avaliação dos danos produzidos pela sua manifestação, implícita no segundo.

(8) Aceitamos, no entanto, que, em determinadas circunstâncias, este conceito possa ser utilizado no sentido de “ameaça potencial ao Homem ou às suas actividades”, ou seja, poderia ser conotado com o de *risco potencial*.

(9) Indica a periodicidade com que um fenómeno se manifesta num determinado lugar. Pressupõe um estudo estatístico suporte que permita falar em manifestações recorrentes desse fenómeno, em termos de valores médios.

1.2. Porquê movimento de terrenos ou movimento em massa em vertentes?

Apesar de termos já referido esta expressão, pareceu-nos mais oportuna a justificação da sua escolha nesta fase do trabalho. A terminologia frequentemente utilizada no campo específico dos movimentos de terreno em vertentes envolve também conceitos que, não sendo verdadeiros sinónimos, são vastas vezes utilizados de forma, pelo menos, discutível⁽¹⁰⁾. Esta situação verifica-se um pouco na diversificada bibliografia que tivemos oportunidade de consultar. Assim, entre os termos mais frequentes estão:

- movimento de terrenos em vertentes;
- movimento em massa em vertentes;
- movimento de terras em vertentes;
- transporte em massa em vertentes.

Chamamos, desde logo, a atenção para a leitura dos significados de *movimento* e *transporte* associados às vertentes. Na obra de BRUNSDEN e PRIOR (1984, p. 3), M. J. HANSEN recorda A. PENCK (1894); segundo o Autor, os *movimentos de terreno* deveriam ser entendidos como fenómenos que evoluem exclusivamente sob a *acção da gravidade* desencadeando a movimentação total ou parcial das vertentes, enquanto que a *noção de transporte em massa* pressuporia já a existência de um *agente de transporte* seja ele a água, o ar ou o gelo⁽¹¹⁾. A utilização daque-

las expressões seria, por isso, preferível à de *mass transport* (transporte em massa). Justificamos, deste modo, a nossa preferência tanto pela expressão *movimento de terrenos* (em vertentes)⁽¹²⁾ como por *movimento em massa* (em vertentes) o que, de algum modo, vai no sentido da expressão *mouvements de terrain* utilizada por autores como, por exemplo, J. C. FLAGEOLET.

Outra questão está relacionada com a expressão *movimento de terras*; o conceito de *terra* (tal como o de *solo*) é difuso e pode levar a pensar na categoria granulométrica (*earth*)⁽¹³⁾ utilizada principalmente por investigadores ingleses e americanos; procuramos, por isso, evitar a sua utilização sempre que as características dos materiais deslocados não apresentem as dimensões desta categoria granulométrica.

2. Justificação das metodologias utilizadas

Como já salientámos, este trabalho enquadra-se num estudo mais amplo de Geomorfologia que obrigou ao recurso a diversas metodologias, por exemplo, foto-interpretação de fotografia aérea, análise de cartografia variada, construção de cortes geológicos e elaboração de nova cartografia, entre outros. Como também foi já referido, este estudo procura identificar os diversos factores envolvidos nos *movimentos de terreno* em questão. No entanto, os aspectos privilegiados foram a importância das características da precipitação e as suas eventuais relações com a ocorrência destes *movimentos de terreno*. A sua abordagem encontrou inspiração em alguns ensaios metodológicos análogos, efectuados por diversos autores, que passaremos a apresentar.

O comportamento geomecânico dos materiais deverá estar fortemente condicionado pela presença da *água* no interior da estrutura. Estudos desenvolvidos no domínio da Hidrogeologia (G. KAMMEM e P. ROBINSON, 1992), vieram demonstrar que, até determinados valores limiar, a existência de água

(10) É frequente utilizar-se o termo genérico *landslide* para designar, em sentido lato, os *movimentos de terreno*, mas esta questão não é pacífica. Segundo M. J. HANSEN (cit. por BRUNSDEN e PRIOR, 1984, p. 2), este termo deveria apenas ser aplicado a casos específicos de *movimentos de terreno* que se caracterizam por uma ou mais superfícies de deslizamento, estando já identificados o *tipo de processo* e o *modo como as partículas se movimentaram*. Deveria, por isso, distinguir-se de expressões como *slope movements* (movimentos de terreno em vertentes) ou *mass movements* (movimentos em massa em vertentes).

Também na bibliografia de língua francesa se verifica uma situação semelhante. De acordo com J. C. FLAGEOLET (1988, p. 13), mesmo utilizado em sentido lato, o conceito de *éboulement* não abrange toda a gama de processos que podem estar envolvidos. Prefere, por isso, utilizar a expressão *mouvements de terrain* que, à semelhança do equivalente italiano (*frana*), engloba já uma tipologia diversificada de processos (sejam eles deslizamentos, desabamentos, fluxos, etc.), engloba também o tipo de movimento e as características do depósito resultante.

(11) Estes dois aspectos (que não contrapomos, antes distinguimos) traduzem realidades diferentes. Se o *transporte* de partículas pressupõe a existência de um *movimento*, o inverso pode já não se verificar. Para haver transporte de partículas tem de existir um *agente* que efectua uma ou mais *acções* que produzam *energia cinética* a partir da *energia potencial* das partículas; uma vez produzida, a energia cinética pode originar a deslocação de partículas imobilizadas, ou seja, pode originar um *movimento*. Esta acção pressupõe a existência de um *agente*, e o movimento produzido efectua-se com *consumo de energia e realização de trabalho*. Já o *movimento* de partículas pode ocorrer sem que se verifique qualquer das condições previstas no caso anterior. A *gravidade* pode funcionar como causa única do movimento produzido, embora para que ele se verifique seja sempre necessária a ruptura do equilíbrio morfo-dinâmico dos sistemas-vertente, como resultado da conjugação dos diversos factores normalmente envolvidos.

(12) Ao longo deste trabalho a expressão *movimentos de terreno* (que passaremos a utilizar) tem o significado de movimentos de terreno em vertentes. Por ser amplamente utilizada, procurámos apenas a sua simplificação.

(13) Na bibliografia anglo-saxónica, as formações móveis são o equivalente de *engineering soils* e, em função da sua granulometria, estes materiais podem ser sub-divididos em:

- *debris* (detritos do tipo "saibro", cascalho ou areão), se as partículas mais frequentes têm, pelo menos, uma dimensão superior a 2 mm;
- *earth* (terras ou detritos terrosos, areia fina, silte ou argila) que engloba os materiais constituídos fundamentalmente por partículas inferiores a 2 mm.

Quando no conjunto das partículas pertencentes a esta classe granulométrica, a presença de materiais com dimensões de areia fina, silte e argila é superior a 50% do conjunto da massa deslocada, VARNES (1958 e 1978) considera uma sub-divisão que designa por *mud* (massa lamacenta ou lama).

nos poros e espaços intersticiais permite a aproximação das partículas pelo estabelecimento de ligações moleculares, por exemplo, através de pontes de hidrogénio, daqui resultando um aumento da coesão das partículas que favorece a estabilidade das vertentes. No entanto, ultrapassados os valores limiar específicos para cada vertente e, no pormenor, específicos para cada sector da vertente, a água passa a actuar no sentido oposto, ou seja, funciona como lubrificante da massa sólida. Esta inversão da acção da água leva à separação das partículas através do rompimento das referidas ligações moleculares, alterando as pressões dos fluidos (ar e água) nos poros e nos restantes espaços intersticiais. Deste modo, criam-se situações que alguns autores designam por *stress efectivo*⁽¹⁴⁾, específicas de cada sector da vertente, e que podem desencadear manifestações de instabilidade. Funcionando como um sistema em *equilíbrio móvel*, a resposta de cada sector da vertente ou mesmo do seu conjunto, será no sentido oposto ao da alteração provocada, ou seja, no sentido da diminuição do efeito da concentração de forças que desequilibram o sistema; quando a vertente não consegue dissipar os efeitos dessa concentração, a procura de um novo estado de equilíbrio pode evoluir no sentido da libertação de carga sólida, ou seja, acaba por desencadear *movimentos em massa* nas vertentes.

Concordamos com G. G. GARLAND e M. J. OLIVIER (1993, p. 165) quando referem a natureza complexa dos *movimentos de terreno* e a sua dependência relativamente aos condicionalismos locais, o que obriga a circunscrever a validade de qualquer tipo de coeficiente que relacione directamente a precipitação e os *movimentos de terreno* a uma base de dados que apenas diga respeito à área em estudo. Dos factores que inviabilizam qualquer ensaio metodológico de extrapolação de resultados destacamos a importância do clima, do coberto vegetal e das características estruturais e morfológicas de uma determinada área. Não podemos pensar que os valores limiar de precipitação necessários para que se desencadeiem *movimentos de terreno* sejam os mesmos em todas as áreas do globo. O regime, a intensidade e o efeito de valores acumulados têm diferentes significados nas vertentes consoante as restantes características do clima, o tipo de rocha, a morfologia

da área, a existência (ou não) de vegetação, etc. Interferindo entre si e com os elementos do clima todos os factores envolvidos no balanço estabilidade/instabilidade de vertentes, fazem com que cada vertente se possa definir como o resultado de uma combinação quase única desses factores sendo, por isso, difícil identificar coeficientes universalmente válidos.

Não conhecemos muitos trabalhos que relacionem directamente os *movimentos de terreno* com as características da precipitação. Entre os poucos que são do nosso conhecimento, os estudos desenvolvidos por J. P. MÉNEROUD (1983) merecem grande destaque, não só porque relacionam as características da precipitação com a ocorrência de *movimentos de terreno*, mas porque a zona em análise se enquadra num clima com características mediterrâneas que legitimam, ainda que parcialmente, a aproximação a casos verificados em Portugal. Da metodologia utilizada nestes estudos destacamos a instrumentação de áreas específicas com pluviógrafos e piezómetros, concretamente, na região do chamado "Arco de Nice", em vertentes onde os mecanismos dos *movimentos de terreno* eram suficientemente bem conhecidos. Conseguiu-se, deste modo, obter informações relativas ao comportamento das pressões dos fluidos que ocupam os espaços intersticiais e a sua relação com a pluviosidade, e controlar a evolução de eventuais deformações decorrentes de situações de instabilidade.

Pela frequência com que se relacionaram com respostas rápidas da piezometria, os resultados obtidos pelo autor permitiram-lhe destacar duas características importantes da precipitação: episódios pluviosos com precipitações ≥ 5 mm/dia e valores acumulados de precipitação (desde o último período seco suficientemente longo) próximos de 300mm que o autor definiu como *quantidade crítica normal*. Este valor, teórico, que traduz apenas um elevado número de casos em que se registaram respostas súbitas da piezometria, pode ser atingido sem, no entanto, ocorrerem *movimentos de terreno*. Nestas condições, J. P. MÉNEROUD (ob. cit.) introduz o conceito de *quantidade crítica modificada*⁽¹⁵⁾.

G. G. GARLAND e M. J. OLIVIER (ob. cit.), apresentam alguns estudos desenvolvidos por vários autores, os quais procuram relacionar a ocorrência de *movimentos de terreno* com as características da precipitação. Destes estudos destacamos o de CAMPBELL

(14) Utilizado em estudos de estabilidade das vertentes, o princípio do *stress efectivo* está relacionado com profundas alterações ao comportamento mecânico das partículas sólidas, resultantes do aumento das pressões dos fluidos que ocupam poros e outros espaços intersticiais. Este conceito refere-se sempre a uma dada área da vertente cujo arranjo local a nível do jogo de forças que se estabelecem entre os vários factores, pode diferir consideravelmente do valor médio da vertente, que resulta do somatório de todos os sectores (C. KENNEY, cit. por BRUNSDEN e PRIOR, 1984, p. 42 e seg.). Por analogia, a este conceito contrapõe-se o de *resistência efectiva*, ou seja, cada sector de uma vertente tem capacidade de suportar um determinado valor de *stress efectivo*, ultrapassado o qual se podem criar localmente situações de instabilidade.

(15) De acordo com o autor (ob. cit., p. 99), este conceito relaciona-se com situações em que se registam valores de precipitação ≥ 20 mm com vários dias em que o valor foi ≥ 5 mm/dia, durante o episódio pluvioso; nestas condições, à *quantidade crítica normal* (300mm) deve acrescentar-se o valor em excesso obtendo-se, deste modo, um valor superior que corresponde à *quantidade crítica modificada*. Este valor pode, no entanto, ser inferior à *quantidade crítica normal*, se forem contabilizados apenas valores de precipitação superiores a 5mm registados antes do episódio pluvioso. Isto significaria que os picos da piezometria poderiam ocorrer antes ou depois de se ter atingido a *quantidade crítica normal* (300mm).

(1975), NILSON *et al.*, (1976), GUIDICINI e IWASA (1977), EYLES *et al.*, (1978), CANUTI *et al.*, (1985) e CROZIER (1986). Em Coimbra, partindo de observações realizadas em 1971 e 1972, F. REBELO (1981) salientou não só a importância da precipitação, mas também das ações humanas.

CAMPBELL (1975) concluiu que na área de Los Angeles se pode antever a ocorrência de deslizamentos em dias em que a precipitação acumulada ultrapasse os 235mm. Já NILSON *et al.*, (1976) identificaram um valor análogo para Alamanda County (Califórnia) próximo de 180mm. Nada se diz, no entanto, sobre outro tipo de factores.

São igualmente referidos os estudos de GUIDICINI e IWASA (1977) aplicados a nove regiões do Brasil, que permitiram aos autores concluir, que nestas regiões os deslizamentos de terras surgiam fortemente relacionados com dois parâmetros: o *coeficiente cíclico* (quociente entre a precipitação acumulada até ao dia do deslizamento e a precipitação anual) e o *coeficiente do evento* (quociente entre a precipitação do episódio pluvioso e a precipitação anual). Os Autores estabeleceram, ainda, um *coeficiente total*, que resulta da soma dos dois anteriores. A aplicação destes parâmetros levou os autores a concluir que um episódio pluvioso em que o valor da precipitação fosse superior a 12% da precipitação anual (coeficiente do evento), a saturação do solo atingia um valor crítico que, em vários casos, culminava na ocorrência de *movimentos*

de terreno; por outro lado, quando este valor ultrapassava os 20% produziam-se rupturas de grande magnitude nas vertentes (*cataclysmic slope failures*).

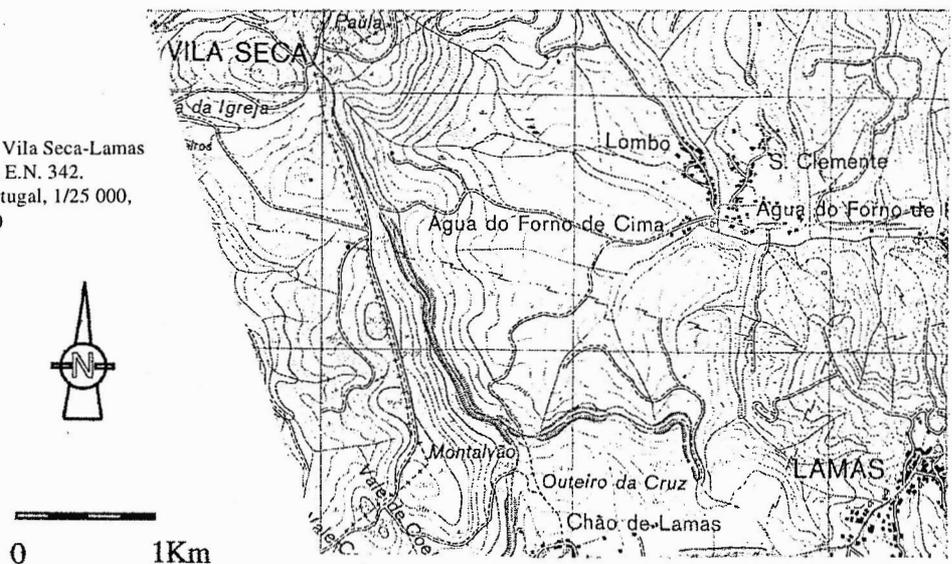
Já CANUTI *et al.*, (1985) concluíram que os valores de precipitação, quando excediam 100mm num período de um a três dias, originavam deslizamentos em rochas margo-arenosas em Itália referindo-se aqui, ao contrário das situações anteriores, à natureza da litologia envolvida.

Na obra de G. G. GARLAND e M. J. OLIVIER (1993), destaca-se, ainda, um estudo de CROZIER (1986) onde são propostos dois índices relacionados com a precipitação: o *valor limiar mínimo provável* (PTn)⁽¹⁶⁾ correspondente a um valor de precipitação abaixo do qual não é provável a ocorrência de deslizamentos, e o *valor limiar máximo provável* (PTx)⁽¹⁷⁾ acima do qual existe 100% de probabilidade de ocorrerem deslizamentos. As combinações possíveis entre ambos incluem todos os valores de precipitação passíveis de desencadear deslizamentos⁽¹⁸⁾, e definem a margem de probabilidades da sua ocorrência de acordo com os valores de precipitação.

3. Localização da área em estudo

A área em estudo localiza-se a Sul de Coimbra (fig. 1), concretamente, no sector Vila Seca-Lamas da E.N. 342. No que diz respeito à Geomorfologia,

Fig. 1 - Localização do troço Vila Seca-Lamas (sector em estudo), na E.N. 342.
(Fonte: Carta Militar de Portugal, 1/25 000, folha n.º 251)



(16) Minimum probability threshold.
(17) Maximum probability threshold.

(18) G. G. GARLAND e M. J. OLIVIER (ob. cit.) referem que já EYLES *et al.*, (1978) haviam proposto os valores de 1370mm (PTn anual), 750mm (PTn para 4 meses), 1800mm (PTx anual) e 800mm (PTx para 4 meses), válidos para a cidade de Wellington (Nova Zelândia).

trata-se de uma área localizada numa frente de relevo monoclinal (L. CUNHA, 1989, p. 197) com prolongamento para norte em direcção a Coimbra e para Sul, em direcção a Penela. Na base desta estrutura encontram-se os materiais do “Grés de Silves” cujo comportamento é de rocha branda, quando comparado com o das bancadas dolomíticas que os sobrepõem para Ocidente, e com o dos xistos luzentes do Complexo Cristalofílico que se localiza mais para Oriente. Do balanço diferencial do comportamento da litologia em confronto, resultou a abertura de uma longa e estreita depressão que no essencial corresponde aos materiais gresosos. A posição desta importante forma de relevo com individualização quaternária é marginal à bordadura ocidental do Maciço Hespérico, mas também ao essencial da estrutura da Orla Mesocenozóica ocidental portuguesa que se localiza mais para Ocidente e, por esse motivo, terá recebido de O. RIBEIRO (1949) a designação de *depressão periférica*.

As principais formas de relevo que se individualizam no sector em estudo da depressão marginal, desde muito cedo nos haviam despertado o interesse para os problemas de instabilidade evidenciados por algumas vertentes. Em certos casos, os sinais dessa instabilidade ficaram bem marcados na paisagem pelos efeitos resultantes de alguns *movimentos de terreno* que têm vindo a registar-se, com frequência, nesta área a Sul de Coimbra. Estas manifestações de instabilidade, com grande significado geomorfológico e com alguma importância em termos de prejuízos materiais resultantes, avultados e diversos, chamaram-nos principalmente a atenção pela sua localização específica, pela relativa frequência com que se verificavam sempre que em determinadas alturas do ano se registavam séries de dias com valores significativos de precipitação e, ainda, pelo facto de se tratar de situações que destruíram por completo um troço com algumas dezenas de metros de comprimento, de uma estrada que havia sido alvo de recente beneficiação.

Nesta área não se identificaram, ainda, *movimentos de terreno* de grande dimensão, nem a nível da sua extensão nem do volume de materiais deslocados. No entanto, trata-se de uma área onde estes fenómenos ameaçam a segurança das populações, sendo já conhecidos casos em que as situações de *risco potencial* tendo evoluído para situações de *risco actual* se tornam mais ou menos importantes pela capacidade de destruição de algumas infra-estruturas, concretamente, na Estrada Nacional 342 (E. N. 342). Impunha-se, portanto, alertar para estas situações de *risco* e, por outro lado, tomar consciência do balanço custo/benefício que muitas vezes se traduz por um “sinal menos” muito pesado, situação que uma correcta intervenção no espaço (bem planeada) poderia evitar.

A mensagem das manifestações de instabilidade que temos acompanhado traduz quase sempre uma relação de causalidade com determinadas condutas, que deveriam merecer maior atenção por parte das entidades responsáveis por projectos de construção das infra-estruturas, públicas e/ou privadas, bem como por parte dos seus executantes.

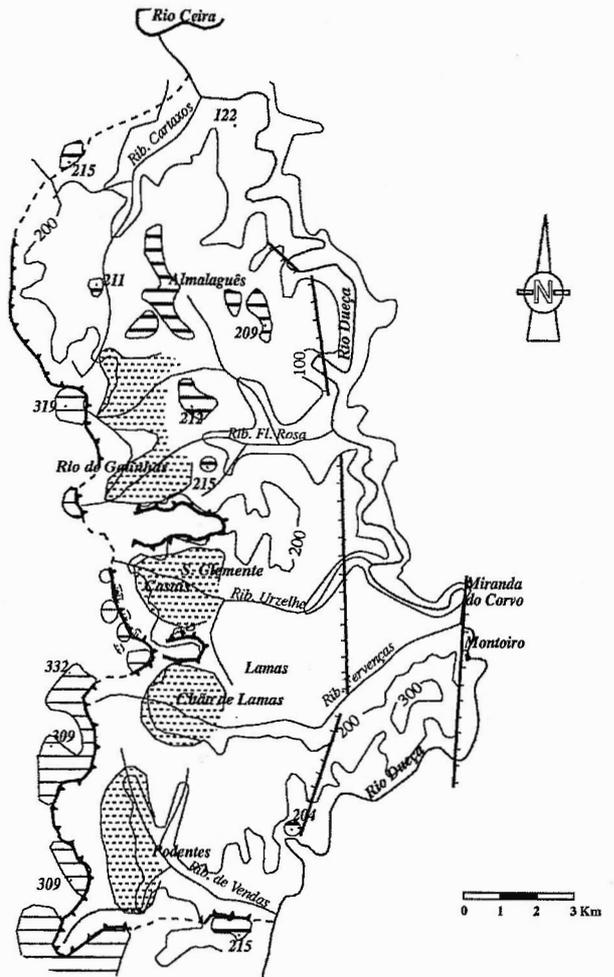
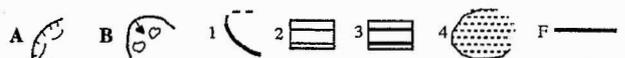


Fig. 2 - Esboço de localização dos movimentos de terreno em estudo, e das principais unidades geomorfológicas da depressão marginal no sector Coimbra-Penela.



A - Deslizamentos; B - Desabamentos; 1 - Linha de teste com indicação de cornija de relevo monoclinal; 2 - Cabeços testemunho do nível de aplanam. dos 300m; 3 - Nível de aplanam. dos 200m; 4 - Depressões em anfiteatro; 5 - Falhas principais com indicação do bloco abatido.

4. Breve apresentação dos movimentos de terreno que desde 1993 têm vindo a afectar o sector Vila Seca-Lamas da E.N.342

4.1. Manifestações de instabilidade nas vertentes da área

Desde 1993 que temos vindo a acompanhar a evolução das vertentes nesta área, o que nos permitiu, desde logo, identificar sectores mais instáveis, seja porque se trata de áreas onde se registaram os movimentos mais importantes, porque estas áreas reúnem algumas das condições físicas favoráveis ao seu desenvolvimento, ou então, porque se encontram mais expostas às suas consequências. Pela frequência com que se manifestam na área e pela facilidade com que reactivam movimentos mais antigos, os processos mais importantes são do tipo *deslizamento rotacional* que no seu sector terminal viram desenvolver-se pequenos *fluxo de detritos*. Trata-se, por isso, de *movimentos complexos*, quase sempre parcialmente mitigados, por exemplo, pela acção da *escorrência* e de pequenos derrames solifluxivos peliculares.

- Desabamentos

Os *desabamentos* de grandes blocos de rocha constituem um dos principais processos que afectam frequentemente alguns sectores de vertente nesta área. A alternância de camadas com diferentes graus de competência conduz a situações de instabilidade, devido à acção da *escorrência*, exercida principalmente sobre o material brando margo-argiloso subjacente a espessas camadas calcárias e, também, à infiltração

da água através de fendas que afectam estes materiais e que se vai acumular nos níveis impermeáveis inferiores. Ambos os processos promovem o arrastamento dos materiais margo-argilosos alternantes com bancadas dolomíticas sinemurianas criando, assim, condições favoráveis a manifestações de instabilidade. Destacamos um caso concreto (fot. 1), em que a dimensão dos blocos movimentados (entre 10 e 100m³), segundo a classificação de W. B. WALLEY (1974, apresentada por J. FLAGEOLET na sua obra de 1988) nos permite falar num processo do tipo *boulder falls*. Após percorrerem alguns metros por rolamento (em que perderam grande parte da sua massa), estes blocos imobilizaram-se na própria estrada de onde foram posteriormente removidos para junto da berma.

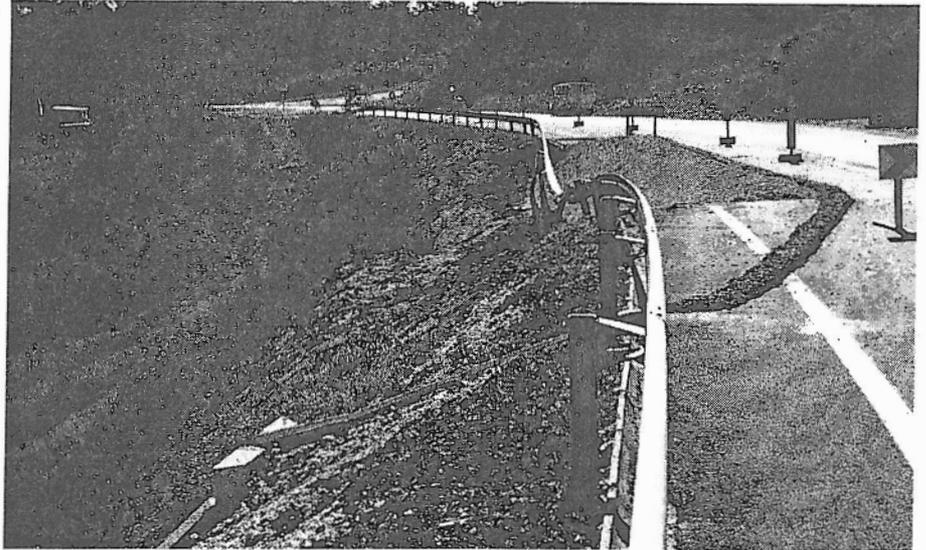
- Deslizamentos rotacionais

São, ainda hoje, reconhecidos os efeitos de dois deslizamentos com componente rotacional que destruíram também esta estrada. O primeiro caso (fot. 2) data de 1993 sendo, portanto, contemporâneo do maior dos movimentos registados; a proximidade da sua localização relativamente ao movimento mais importante sugere uma clara dependência dos condicionalismos, físicos e antrópicos, concretamente, das características morfológicas e estruturais, climáticas, hidrológicas e da actividade humana. da sua conjugação terão resultado importantes alterações morfodinâmicas impostas aos sistemas-vertente. Não tendo dados suficientes para se poder falar de um período de retorno, adiantamos, no entanto, que este movimento tem vindo a reactivar-se com bastante frequência, sempre que os valores de precipitação



Fot. 1 - Desabamento de blocos com dimensão decamétrica na E.N. 342.

Fot. 2 - Deslizamento de terrenos que, em 1993, destruiu parcialmente a E.N. 342.



são susceptíveis de influenciar os dados piezométricos e o balanço *stress efectivo-resistência efectiva* tende a evoluir de forma a ultrapassar os valores limiar da segunda componente. Desde 1993, quando se verificou a primeira fase do movimento de terrenos (que nunca chegou a ser estabilizado), registaram-se pelo menos três reactivações que voltaram a destruir parcialmente a E. N. 342.

Outro *deslizamento* com características semelhantes ao do caso anterior (fot. 3) verificou-se em Janeiro de 1996. Localizado a cerca de 150 metros do local onde ocorreu o principal *movimento de terrenos* em Maio e Novembro de 1993, no sentido de Vila Seca (Condeixa), esta localização vem reforçar as características de instabilidade apresentadas na situação

anterior. Mais espectacular e destruidor que o anterior, este *deslizamento rotacional* deverá também ter obedecido a um quadro morfológico, estrutural e climático com características semelhantes ao do principal *movimento de terrenos* que afectou esta área. Por outro lado, o incumprimento das normas previstas no projecto de beneficiação, em particular, no que diz respeito às soluções de drenagem das águas de infiltração, poderá ter estado também na origem das alterações ao funcionamento hidrogeológico dos sistemas-vertente desta área. Não havendo a lamentar outro tipo de prejuízos, as obras de correcção dos danos materiais produzidos irão, contudo, traduzir-se por elevados custos adicionais que talvez se tivessem conseguido evitar com correctas soluções de drenagem e com a estabilização atempada dos taludes da área.



Fot. 3 - Deslizamento de terrenos que em Janeiro de 1996 destruiu a E.N. 342 a toda a sua largura.

4.2. O movimento de terrenos mais importante

Dos *movimentos de terreno* que têm vindo a afectar as vertentes que se localizam no troço Vila Seca-Lamas da E. N. 342 (o que corresponde, sensivelmente aos Kms 7,5 e 9,5), o que ocorreu em Maio 1993 é o mais importante, não só porque teve uma importante reactivação em Novembro do mesmo ano, mas porque foi o de maior dimensão, em termos espaciais e de volume de material deslocado⁽¹⁹⁾ e também aquele que envolveu maiores prejuízos materiais. Tratou-se de um *movimento complexo* onde intervieram os mesmos processos referidos nas duas situações anteriormente referidas. A grande diferença para aqueles casos resulta de um movimento em duas fases principais, cuja primeira parece ter ocorrido no dia 28 de Maio (fot. 4) e terá apenas afectado os materiais de enchimento. De acordo com informações fornecidas por técnicos da Junta Autónoma



Fot. 4 - Movimento de terrenos que, em 28 de Maio de 1993, destruiu a E.N. 342 ao Km 8,4.

das Estradas (J.A.E.), o próprio movimento poderá ter sido “controlado” por uma bancada de calcário dolomítico aparentemente coerente que se encontrava a poucos metros da superfície. Já a segunda fase, ocorrida a 6 de Novembro (fot. 5), afectou a própria estrutura primitiva da vertente, designadamente, a referida bancada de calcário dolomítico, daí resultando um movimento ainda mais importante a todos os níveis.



Fot. 5 - Reactivação do movimento de terrenos em 6 de Novembro de 1993.

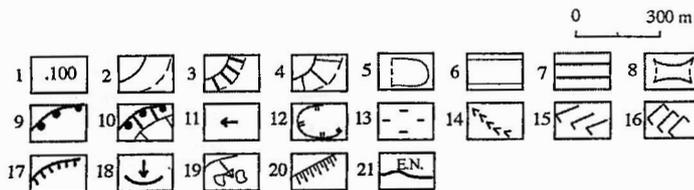
4.2.1. Factores intrínsecos ao material rochoso; os quadros morfológico e estrutural

A E.N. 342, no seu sector entre Condeixa e Miranda do Corvo, foi recentemente alvo de um conjunto de obras que implicaram a correcção do traçado e o alargamento da via para o dobro. Terá sido este alargamento que no sector Vila Seca-Lamas se tornou responsável pelos *movimentos de terreno* que, desde então, se têm vindo a verificar. Este sector da estrada localiza-se numa frente de costeira, muito próximo do contacto “cornija-talude” (fig. 3). Os materiais presentes são sobretudo as bancadas dolomíticas sinemurianas das “Camadas de Coimbra” (tal como

(19) Segundo a informação que recolhemos junto de fontes da J.A.E. e através de cálculos baseados na geometria e volumetria relacionadas com este movimento de terrenos, o volume total de material deslocado deverá aproximar-se dos 2750 m³. A sua dimensão espacial afectou toda a largura da E.N. 342 e pode limitar-se pelas cotas dos 245m e dos 235m, aproximadamente.

Fig. 3 - Esboço geomorfológico do sector Vila Seca-Lamas da E.N. 342.

Legenda: 1 - Ponto cotado (em metros); 2 - Cimo e base de vertente; 3 - Vertente rectilínea de declive forte; 4 - Vertente rectilínea de declive moderado; 5 - Rechã; 6 - Nível de aplanamento dos 300m ou superior; 7 - Nível do fundo das depressões, actualmente, embutido na Plat. Almalaguês; 8 - Portela; 9 - Cornija de relevo monoclinal; 10 - Frente da costeira (cornija e talude); 11 - Sentido da inclinação dos níveis aplanados; 12 - Depressão de bordadura cársica; 13 - Fundo aplanado da depressão de bordadura cársica; 14 - Valeiro em V; 15 - Valeiro dissimétrico; 16 - Valeiro de fundo plano; 17 - Cicatriz de deslizamento recente; 18 - Massa rochosa deslizada; 19 - Desabamento recente; 20 - Talude de origem antrópica; 21 - Estrada nacional.



foram definidas por A.F.SOARES, 1985) e o topo do "Grés de Silves" constituído pela série quimio-detrítica hetangiana das "Camadas de Pereiros", definidas por P. CHOFFAT (1904), G.S. CARVALHO (1946) e Ch. PALAIN (1975), entre outros. As bancadas dolomíticas alternam, de um modo geral, com leitos margosos de cor cinzenta, embora estes materiais possam também apresentar uma coloração amarela ou mesmo avermelhada. As inúmeras fendas e diáclases presentes em alguns sectores das bancadas dolomíticas favorecem a infiltração da água; uma vez acumulada nos níveis margosos inferiores, plásticos, impermeáveis e, por vezes, muito espessos, a água pode contribuir para alterar as propriedades tenso-deformacionais, particularmente, em determinados sectores das vertentes aumentando, assim, a probabilidade de afse produzirem situações de instabilidade. A considerável espessura, por vezes de ordem métrica, de alguns sectores margo-argilosos traduz-se por uma grande capacidade de retenção de água que, uma vez saturados, poderão comportar-se como um fluido criando situações de instabilidade.

Antes do alargamento, aquele sector da estrada era mais sinuoso e assentava num substrato rochoso que se caracteriza pela existência de uma bancada de calcário dolomítico relativamente espessa e coerente, a poucos metros de profundidade. Esta característica

poderá, de facto, ajudar a explicar a ausência de importantes manifestações de instabilidade anteriores ao alargamento da estrada. Mas as correcções efectuadas implicavam que parte da via deixasse de assentar sobre o substrato dolomítico, pelo que a solução encontrada passou pela construção de um aterro para suportar a secção externa da estrada. Esta intervenção implicaria, naturalmente, importantes alterações à morfodinâmica das vertentes afectadas directamente pelo alargamento da estrada, pelo que se tornava imperativo garantir boas soluções de drenagem, em particular, nos sectores em que o traçado da estrada atravessasse linhas de água. Foi, precisamente, nestes sectores que as soluções encontradas para a drenagem, essencialmente, no que diz respeito às águas infiltradas, viriam a revelar-se insuficientes e/ou deficientes uma vez que, episódios meteorológicos com valores de precipitação relativamente elevados conduziram à ruptura das condições de equilíbrio da estrutura que suportava a estrada E. N. 342. Os movimentos de terreno que se verificaram acabaram por destruir a própria estrada, ao Km 8,4, a toda a largura e numa extensão de aproximadamente 100 metros (fig. 4).

A permeabilidade em grande do afloramento dolomítico terá favorecido as condições de infiltração, e a maior quantidade de água infiltrada no solo reflectiu-se no próprio balanço *stress efectivo-resistência*

efectiva, particularmente, nos sectores da vertente onde os espaços intersticiais possam apresentar maior desenvolvimento e/ou sejam mais frequentes.

A diferenciação interna de *facies* que caracteriza as “Camadas de Coimbra” é um dos aspectos principais para avaliar a importância da morfologia desta área onde se localiza a estrada. A alternância de bancadas com diferentes graus de competência reflecte-se na diferenciação da própria morfologia das vertentes da frente de costeira, cujo perfil apresenta, por vezes, uma concavidade que, geralmente, corresponde ao sector da vertente que se encontra ao nível da própria estrada. Para montante, nas bancadas dolomíticas, os declives são geralmente mais acentuados, traduzem-se por um sector de perfil convexo, por vezes saliente na topografia, em consequência da erosão do suporte basal margo-argiloso.

4.2.2. Factores extrínsecos ao material rochoso

De entre os vários factores externos às vertentes responsáveis pelas condições de instabilidade que estiveram na origem do movimento de terrenos de 1993, destacamos a importância das características da precipitação e da actividade humana. Este *movimento de terrenos* não pode, contudo, ser lido enquanto somatório dos efeitos individuais de cada um dos factores envolvidos, devendo antes equacionar-se como um resultado complexo do efeito multiplicador das interações que se estabeleceram entre todos eles. Mas para que se verifiquem alterações importantes nas propriedades tenso-deformacionais das partículas sólidas é geralmente necessária a presença de água. A precipitação surge, assim, como um factor de grande importância, na medida em que é a grande responsável pela introdução de água na dinâmica dos sistemas-vertente. Sabe-se (até empiricamente) que a ocorrência de *movimentos de terreno* está correlacionada com valores críticos de precipitação intensa e/ou abundante. Para atingir os propósitos deste pequeno ensaio, procurámos adaptar algumas metodologias utilizadas por outros autores, concretamente, no que diz respeito à utilização de determinados índices que pretendem individualizar, ainda que de forma discutível, a importância da precipitação para o desencadear de *movimentos de terreno*. É, talvez mais a este nível que nos interessa analisar as metodologias e os critérios que permitiram obter esses índices, e não tanto os seus valores, em primeiro lugar, porque tratamos apenas de um caso, logo, a limitação de dados inviabiliza um tratamento estatístico mas, também, porque os índices propostos não podem ter validade universal, devendo limitar-se a sua utilização para as áreas estudadas em concreto como, aliás, referem os próprios autores.

Constituindo o agente responsável pela introdução do factor “água” nos sistemas-vertente, facilmente se compreende que a precipitação⁽²⁰⁾ seja um elemento importante para a compreensão da dinâmica hidrogeológica destes sistemas. Por outro lado, também as actividades humanas podem funcionar como factores que desencadeiam situações de instabilidade nas vertentes, não só pela frequência com que alteram a sua morfologia e a própria estrutura, mas, principalmente, porque estas mesmas alterações conduzem à ruptura das condições naturais de equilíbrio morfodinâmico das vertentes. Porque o caso concreto aqui apresentado denuncia a importância destes dois tipos de condicionalismos extrínsecos ao material rochoso, vamos procurar analisar com algum detalhe os aspectos que consideramos nucleares da sua importância.

- As características da precipitação

A análise que seguidamente se apresenta, procura averiguar as relações existentes entre o *movimento de terrenos* ocorrido em Maio e Novembro de 1993 na E. N. 342, ao Km 8,4, e as características da precipitação. Para este fim, recorremos a informação relativa a índices e parâmetros utilizados por outros autores, previamente apresentados. Embora conscientes da prudência que se impunha, principalmente, a nível das conclusões apresentadas, procurámos adaptar alguns desses índices ao estudo concreto do principal *movimento de terrenos* ocorrido nesta área. Esta abordagem, que nos mereceu um relativo distanciamento imposto por um estudo feito *a posteriori*, sendo de natureza retrospectiva, não pôde ser enriquecida, por exemplo, com informação piezométrica. Esta limitação e o reduzido número de dados disponíveis em relação a outros *movimentos de terreno* que têm vindo a afectar a mesma área inviabilizaram um estudo comparativo e o tratamento estatístico dos dados que, provavelmente, permitiriam realçar alguns valores de precipitação e definir possíveis coeficientes com ela relacionados.

Os postos que compõem o quadro I são os mais próximos da área em estudo e pareceram-nos, por isso, a escolha mais adequada para a recolha dos dados relativos à precipitação. Salientamos, no entanto, que a diferença de altitudes que se verifica entre o posto de Degracias, o de Condeixa e o do Instituto

(20) A precipitação resulta num incremento do conteúdo da composição do rególito, que pode originar o aumento das pressões intersticiais para valores próximos do limiar crítico necessário para desencadear situações de instabilidade nas vertentes (Gerald G. GARLAND e Mervin J. OLIVIER, 1993, p. 165).

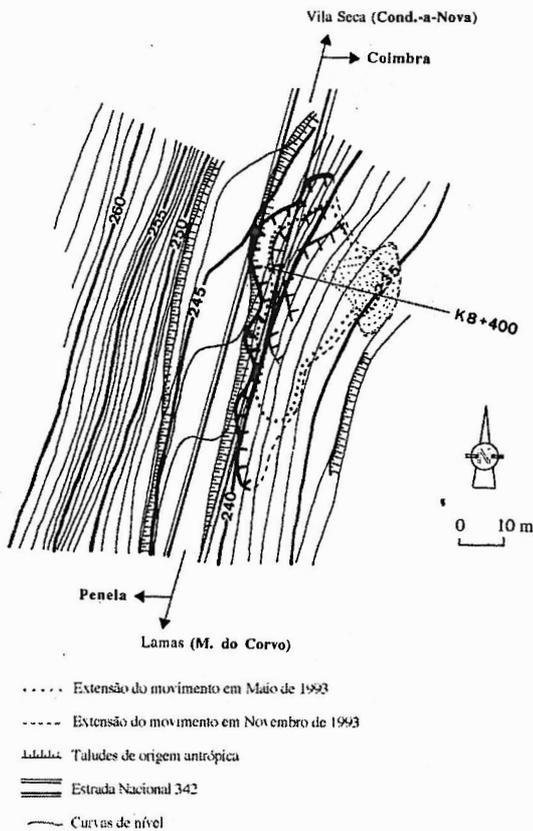


Fig. 4 - Localização do movimento de terrenos principal (Maio e Novembro de 1993), Km 8+400 da E.N. 342.

Geofísico da Universidade de Coimbra (I.G.U.)⁽²¹⁾, apesar de significativa, não inviabilizava, em princípio, as conclusões finais sendo, até, com as devidas ressalvas, mais um elemento a ter em conta na comparação de valores. Salientamos, também, que o posto do I.G.U. foi utilizado, fundamentalmente, como elemento de controlo.

Começamos por analisar os valores registados nos dias que imediatamente antecederam o movimento de terrenos no dia 28 de Maio.

Os quantitativos absolutos constituem valores significativos mas, por si só, não parecem ser suficientes para justificar o desencadear de *movimentos de terreno*; a precipitação terá talvez sido mais importante pelas características da sua distribuição ao longo do ano, num clima com características mediterrâneas que se caracteriza pela irregularidade do seu regime pluviométrico. Ocorrendo preferencialmente em determinadas alturas do ano, a importância da precipitação, enquanto factor de instabilidade das vertentes, é consideravelmente aumentada, quando

| POSTOS DIAS | Degracias Precipitação (mm) | Condeixa Precipitação (mm) | I.G.U. Precipitação (mm) |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 23 | 8,2 | 4,7 | 3,9 |
| 24 | 24,3 | 18,5 | 20,3 |
| 25 | 6,5 | 5,5 | 2,8 |
| 26 | 13,3 | 9,0 | 13,1 |
| 27 | 22,0 | 11,5 | 17,9 |
| Total dasérie | 74,3 | 59,2 | 58,0 |
| Total de Maio | 174,4 | 114,7 | 156,6 |
| Normais (Maio) 1961-90 | - | - | 77,3 |
| Precipitação acumulada entre 1 de Abril e 28 de Maio | 355,8 | 254,2 | 299,2 |

Quadro I - Registo da precipitação verificada entre os dias 23 e 28 de Maio de 1993, em Degracias, Condeixa e Coimbra (I.G.U.).

os valores acumulados são suficientemente elevados e/ou anormais para a época e, sobretudo, quando sucedem a um longo período de dias secos como, aliás, é o caso.

Uma análise mais detalhada dos dados relativos às características da precipitação que antecedeu o movimento de terrenos de Maio (episódio pluvioso), permite identificar valores acumulados significativos, não só a nível da série de dias de chuva mas também, e de forma ainda mais evidente, desde o dia 1 de Abril⁽²²⁾. Desta análise ressalta, igualmente, o valor da precipitação de Maio de 1993 que, para o I.G.U., correspondeu ao dobro do valor normal para este mês, no período (1961-90). Sendo um mês anormalmente pluvioso, a série de dias de chuva anterior ao movimento de terrenos foi, também, uma situação anormal para a época. Por outro lado, o valor de precipitação referente ao episódio pluvioso é pouco inferior ao valor normal para o total do mês (1961-90) o que reforça a sua condição de excepção para esta altura do ano. Pensamos ainda que estas condições meteorológicas ganham algum significado enquanto factor de instabilidade das vertentes, se pensarmos que sucedem a um longo período de dias secos, ou pelo menos, dias em que a precipitação registada foi

(22) Iniciámos a contagem da precipitação a partir do dia 1 de Abril de 1993, na medida em que os meses anteriores, não sendo propriamente "meses secos" foram, no entanto, meses em que se registaram valores de precipitação muito inferiores aos valores normais (1961-90). Por exemplo, em Março de 1993 o I.G.U. registou um total de 20,9mm, quando o valor normal para este mês, no período considerado, foi 88,5mm. Salientamos também que neste mês, apenas no dia 13 o valor de precipitação foi superior a 5mm (6,7mm) e que, no mesmo mês, houve 20 dias em que não ocorreu precipitação. Mas se recuarmos até Fevereiro e, mesmo, até Janeiro, verificamos que entre o dia 1 de Janeiro e o dia 31 de Março, houve 70 dias sem precipitação, interrompidos por curtas séries de dias em que choveu pouco, tendo sido apenas registados 5 dias com valores superiores a 5mm.

(21) Os postos considerados localizam-se a 331m, 102m e 139,6m de altitude, respectivamente.

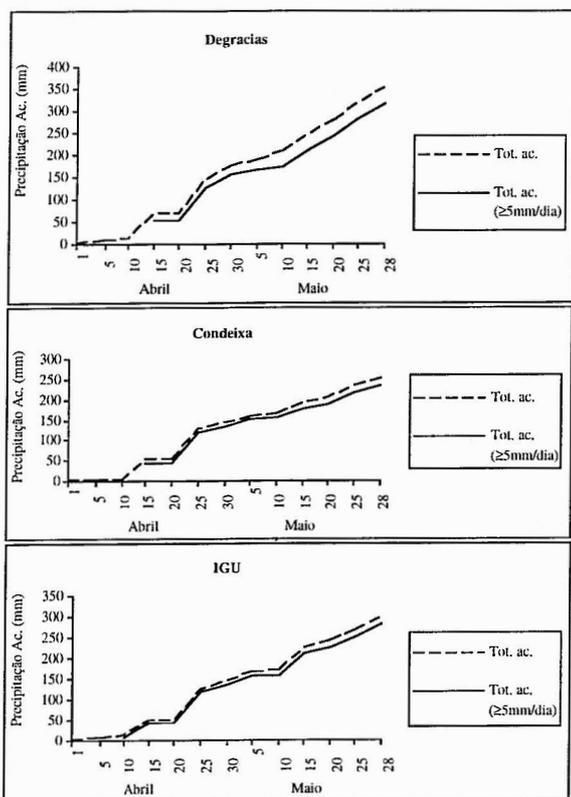


Fig. 5 - Evolução da precipitação acumulada entre o dia 1 de Abril e o dia 28 de Maio.

pouco significativa e quase sempre inferior a 5mm/dia (fig. 5). De acordo com os estudos de J. P. MÉNEROUD (1983) desenvolvidos no (já referido) “Arco de Nice”, este valor poderá estar relacionado com respostas rápidas da piezometria que poderão traduzir-se por variações igualmente rápidas das pressões intersticiais criando, deste modo, condições de instabilidade na vertente.

Se pensarmos em adaptar os coeficientes definidos em 1977 por GUIDICINI e IWASA⁽²³⁾ (cfr. *coeficiente do evento e coeficiente cíclico*), a análise do quadro II permite constatar alguns factos curiosos; por exemplo, a precipitação registada na série de dias que imediatamente antecedeu o movimento de terrenos (PS, 23-28 de Maio), apresenta resultados muito inferiores a 12% da precipitação anual em todos os postos considerados (Degracias - 5,2%; Condeixa - 6,0% e IGU - 5,6%). No entanto, parece-nos mais importante comparar aquele valor com a precipitação acumulada nos meses de Abril e Maio (1961-90), na medida em que poderá retratar (talvez melhor) a situação de excepção do valor registado nesta série

(23) Ainda que esta adaptação constitua, apenas, um ensaio metodológico que ajuda a realçar a importância de alguns dados da precipitação!

de dias de chuva. O resultado sobe, desde logo, para 34,3%, o que reflecte a relativa importância da intensidade da precipitação registada nos dias imediatamente anteriores ao movimento de terrenos. Esta importância é consideravelmente acrescida se pensarmos em termos de precipitação acumulada entre 1 de Abril e 28 de Maio, destacando-se os 177% da relação entre o valor acumulado neste período e o valor normal para o posto do IGU, referente aos meses de Abril e Maio (1961-90).

| PRECIPITAÇÃO (mm) | Degracias 1993 | Condeixa 1993 | IGU | |
|----------------------------------|----------------|---------------|--------|-----------------|
| | | | 1993 | Normais (61-90) |
| Anual (PAn) | 1438 | 981,3 | 1046,1 | 1016,4 |
| Acumulada (PAc) pós período seco | 355,8 | 254,2 | 299,2 | 169* |
| Série pluviosa (PS) | 74,3 | 59,2 | 58,0 | |
| (PAc / PAn) (%) | 24,7 | 25,9 | 28,6 | |
| (PS / PAn) (%) | 5,2 | 6,0 | 5,6 | |
| (PAc / PAc Nor. 61-90) (%) | | | | 177 |
| (PS / PAc Nor. 61-90) (%) | | | | 34,3 |

PAn - Precipitação anual
 PAc - Precipitação acumulada
 PS - Precipitação da série pluviosa
 * Correspondente aos meses de Abril e Maio

Quadro II - Características da precipitação relativa ao movimento de terrenos de 28 de Maio de 1993

Se os valores da precipitação ocorridos na série de dias que antecedeu o movimento de terrenos de 28 de Maio, por si só, não chegam para justificar a ocorrência deste fenómeno, isto é, se o efeito “intensidade de precipitação” não é suficiente para explicar o *movimento de terrenos*, já o efeito da “precipitação acumulada” parece ter tido grande importância. Os valores acumulados desde o dia 1 de Abril verificaram-se após um longo período de tempo em que os quantitativos de precipitação foram pouco significativos e muito abaixo dos valores normais para a época. Nestas condições, a existência de um “período seco” pode assumir grande significado em termos do grau de coesão dos materiais. Embora a precipitação possa, de início, conferir-lhes alguma consistência, ultrapassados os valores limiar específicos de cada sector das vertentes, poderão ocorrer subidas rápidas dos valores da piezometria e, numa situação próxima da *quantidade crítica normal*⁽²⁴⁾, poderá ter-se estabelecido um novo jogo de forças que terá

(24) Recorde-se que J. P. MÉNEROUD (1983) propôs um valor de 300mm. Porque não dispomos de dados que permitam definir índices específicos para esta área e tendo em conta que os estudos desenvolvidos por este Autor foram realizados sob condições de clima mediterrâneo, recorremos a estes valores, não como verdadeiros índices mas, apenas, como mais um elemento que poderia ajudar a individualizar o contributo da precipitação para a ocorrência dos movimentos de terreno em análise.

criado situações de instabilidade que a nova dinâmica hidrogeológica das vertentes resultante das alterações antrópicas não conseguiu controlar.

No dia 28 de Novembro a reactivação do fenómeno de Maio apresenta também algumas características particulares que possibilitam a sua relação com a precipitação (quadro III). Regista-se, por um lado, a existência de um quadro meteorológico semelhante ao que, em Maio, caracterizou a primeira fase do movimento de terrenos, ou seja, uma série de dias com valores elevados de precipitação, no seguimento de um período de dias de chuva que se inicia em 7 de Setembro⁽²⁵⁾, e que sucede a um longo período seco, agora, com temperaturas elevadas visto que correspondem principalmente aos meses de Junho, Julho e Agosto.

| POSTOS | Degracias | Condeixa | I.G.U. |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| DIAS | Precipitação (mm) | Precipitação (mm) | Precipitação (mm) |
| 1 | 10,8 | 8,9 | 6,1 |
| 2 | 57,5 | 28,5 | 24,6 |
| 3 | 24,7 | 24,5 | 27,4 |
| 4 | 12,3 | 5,0 | 6,3 |
| 5 | 8,0 | 6,0 | 7,5 |
| 6 | 25,5 | 28,7 | 25,1 |
| Total da série | 138,8 | 101,6 | 97,0 |
| Total de Nov. | 222,2 | 151,2 | 156,8 |
| Normais (Novembro) 1961-90 | - | - | 128,9 |
| Precipitação acumulada entre 7 de Setembro e 6 de Novembro | 642,8 | 465,2 | 486,3 |

Quadro III - Registo da precipitação verificada entre os dias 1 e 6 de Novembro de 1993, em Degracias, Condeixa e Coimbra (I.G.U.)

Ao contrário da situação verificada em Maio, os valores absolutos da precipitação registada na série de dias pluviosos (1-6 de Novembro) parecem suficientemente importantes para criar condições de instabilidade nas vertentes, embora neste caso, os valores da precipitação acumulada desde o dia 7 de Setembro tenham também grande importância. Deve ainda acrescentar-se que os valores de precipitação registados no episódio pluvioso foram sempre superiores a 5mm/dia (fig. 6) e ocorreram após um período de cerca de 15 dias, em que praticamente não choveu, factor que também não pode ser negligenciado.

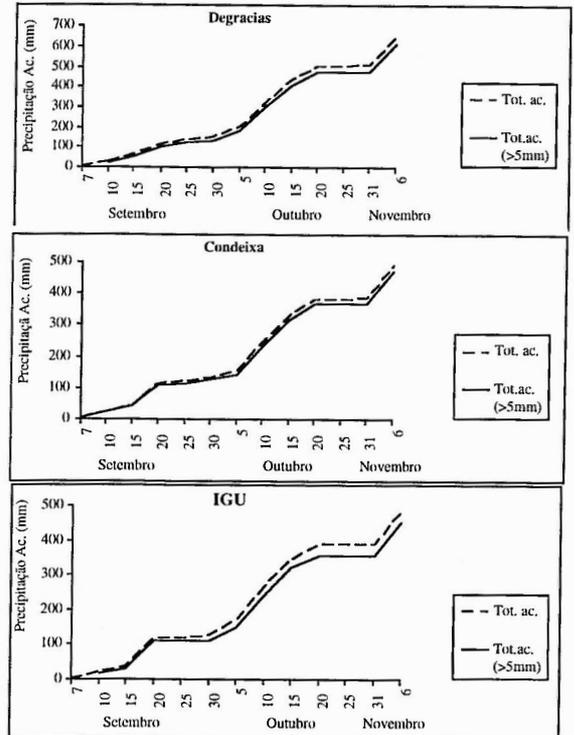


Fig. 6 - Evolução da precipitação acumulada entre 7 de Setembro e 6 de Novembro de 1993.

A análise do quadro IV permite confirmar a importância de ambos os factores relacionados com a precipitação (intensidade e efeito da precipitação acumulada). Destacamos, por exemplo, o elevado valor da precipitação ocorrida na série pluviosa de 1 a 6 de Novembro que, no entanto, nos postos considerados corresponde sempre a valores inferiores a 12% (cfr. *coeficiente do evento* proposto por GUIDICINI e IWASA); quando comparado com o valor normal relativo aos meses de Setembro, Outubro e Novembro (1961-90), para o I.G.U., aquele valor representa já cerca de 35,5% da precipitação registada. Mas, na medida em que o movimento de terrenos se verificou logo no início de Novembro, se compararmos aquele valor com a precipitação normal, apenas relativa aos dois meses (Setembro e Outubro), o resultado sobe, quase para o dobro (67,3%), o que traduz bem a importância do efeito "intensidade da precipitação" ocorrida no episódio pluvioso que imediatamente antecedeu o movimento de terrenos.

No que diz respeito à precipitação acumulada entre o dia 7 de Setembro e o dia 6 de Novembro (cfr. *coeficiente cíclico* proposto por GUIDICINI e IWASA, atrás referido), os valores do quadro IV confirmam a situação de excepção que caracteriza este período de tempo. Se considerarmos os meses de Setembro, Outubro e Novembro (período húmido que antecede

(25) Identificado de acordo com os mesmos critérios utilizados na situação referente a Maio.

o movimento de terrenos) a precipitação acumulada entre 7 de Setembro e 6 de Novembro, no posto do IGU, representa 178,1% do valor normal; mas se considerarmos apenas os meses de Setembro e Outubro (dado que se trata apenas de seis dias de Novembro), verificamos que essa relação sobe para 337,5%. Nestas condições, se aceitarmos como referência o valor de 300mm que, sobretudo a nível do tipo de respostas que se podem produzir em termos de piezometria, em alguns casos parece constituir um valor crítico (J. P. MÉNEROUD, ob. cit, p. 99) verificamos que, consoante os postos, este valor terá sido atingido entre os dias 10 e 20 de Outubro (cfr. fig. 5); tendo eventualmente provocado uma subida importante dos valores da piezometria, esta situação não conduziu, no entanto, à ocorrência de movimentos em massa.

| PRECIPITAÇÃO (mm) | Degracias 1993 | Condeixa 1993 | IGU | |
|--|-------------------|------------------|----------------|-----------------|
| | | | 1993 | Normais (61-90) |
| Anual (PAn) | 1438 | 981,3 | 1046,1 | 1016,4 |
| Acumulada (PAc) pós período seco | 642,8 | 465,2 | 486,3 | 273* 144,1** |
| Série pluviosa (PS) | 138,3 | 101,6 | 97 | |
| (PAc / PAn) (%) | 44,7 | 47,4 | 46,5 | |
| (PS / PAn) (%) | 9,6 | 10,4 | 9,3 | |
| (PAc / PAc Nor. 61-90) (%) | | | 178,1 337,5 | |
| (PS / PAc Nor. 61-90) (%) | | | 35,5 67,3 | |

PAn- Precipitação anual

PAc- Precipitação acumulada

PS - Precipitação da série

* Correspondente aos meses de Setembro, Outubro e Novembro

** Correspondente apenas aos meses de Setembro e Outubro

Quadro IV - Características da precipitação relativa ao movimento de terrenos de 6 de Novembro de 1993.

Este facto, que aparentemente não concorda com os estudos anteriormente referidos, poderá ser justificado com o conceito de *quantidade crítica modificada* proposto pelo mesmo Autor. Admitimos que a precipitação ocorrida entre o dia 17 de Setembro e o dia em que foram atingidos os 300mm (que, por hipótese, poderá corresponder à *quantidade crítica normal*) possa ter fragilizado alguns sectores das vertentes da área, uma vez que este valor aparece geralmente correlacionado com picos importantes no comportamento da piezometria. No entanto, o intervalo de tempo compreendido entre os dias 20 e 31 de Outubro, poderá ter funcionado como "período refractário" que permitiu repor, ainda que de forma pouco significativa, as condições de equilíbrio nas vertentes da área, em termos de pressões intersticiais e, eventualmente, dos próprios níveis freáticos. Só quando recorremos ao conceito de *quantidade crítica modificada* conseguimos explicar a ocorrência do movimento de terrenos, apenas, quando se voltaram a registar novos e elevados volumes de precipitação

que caracterizaram a série de dias francamente pluviosos que se seguiu (138, 8mm em Degracias, 101, 6mm em Condeixa e 97, 0mm no IGU, cfr. quadro IV). Deverão ter-se originado novos picos piezométricos suficientemente importantes, capazes de originar aumentos bruscos das pressões intersticiais, expondo as vertentes a importantes condições de *stress efectivo*. Uma vez ultrapassado o limiar de *resistência efectiva* a resposta de alguns sectores das vertentes traduziu-se pela libertação do excesso de massa bem como de forças que localmente se estabeleceram e que a vertente não conseguiu dissipar.

Em síntese, o reduzido volume de dados disponíveis tornou difícil a determinação de coeficientes de precipitação relacionados com a ocorrência de *movimentos de terreno*, válidos para o caso em estudo. Também a impossibilidade de aplicar directamente outros índices propostos por alguns autores, limitou o tratamento estatístico dos dados, embora tenhamos recorrido a informação disponibilizada por vários estudos previamente apresentados. Ainda que circunscrita ao estudo de um caso concreto pensamos, a validade factual da precipitação para a compreensão dos condicionalismos de ordem climática que poderão ter criado condições de instabilidade nas vertentes, parece não deixar dúvidas.

- Alterações antrópicas aos sistemas-vertente

As actividades humanas encontram-se também entre os principais factores susceptíveis de criar condições de instabilidade e desencadear *movimentos de terreno* mais ou menos importantes. "A construção de edifícios nas vertentes, as actividades mineiras, a construção de barragens, entre outros, provocam a variação dos estados tenso-deformacionais que, inicialmente, caracterizam os materiais" (M. FERRER GIJÓN, na obra de F. J. CARCEDO AYALA *et al.*, 1987, p. 175 e seg.). Por outro lado, alguns dos exemplos mais importantes de *riscos* complexos, decorrentes das actividades humanas, consistem na aplicação de cargas sólidas estáticas (material de enchimento para aterros) para suporte de infra-estruturas, por exemplo, rodo e ferroviárias. O peso dos materiais de enchimento que, normalmente, servem de suporte a estradas construídas em áreas morfológicamente acidentadas, pode não provocar situações de ruptura imediata nas vertentes, mas interfere, seguramente, no regime natural do escoamento e nas relações que ele desenvolve com a litologia da área. Neste sentido, o material alóctone altera a pressão dos fluidos intersticiais, nomeadamente, a pressão da água nos poros e outros interstícios do solo ou da rocha, e a sua presença reflecte-se no aumento do próprio peso suportado pela estrutura original da

vertente. “Meses ou mesmo anos mais tarde, ambas as consequências podem originar deslizamentos” (B. A. BOLT *et al.*, 1975, p. 156). Deve ainda reflectir-se sobre a importância das potenciais alterações que a colocação de cargas estáticas impõe à geometria das vertentes e à própria circulação rodo e ferroviária (quer através do peso dos veículos quer das vibrações provocadas pela própria circulação) factores que incrementam de forma significativa as condições de instabilidade, logo, a probabilidade de ocorrência de *movimentos de terreno*. O caso em estudo constitui um exemplo desta importância, em termos de condicionalismos que contribuem para o desencadear de *movimentos de terreno*, que se podem resumir basicamente aos seguintes aspectos:

- alterações ao perfil das vertentes;
- aplicação de cargas estáticas (materiais de enchimento) - peso dos materiais alóctones e respectivo jogo de forças que se estabelecem;
- alterações à dinâmica geomorfológica, principalmente à escala local;
- alterações ao funcionamento hidrogeológico;
- peso e vibrações produzidas pela própria circulação rodoviária.

5. Cartografia de riscos

As manifestações de instabilidade apresentadas caracterizam este espaço físico como particularmente sensível às consequências dos *movimentos de terreno*. O acompanhamento dos fenómenos, que temos vindo a efectuar desde 1993, permitiu-nos identificar e cartografar áreas com diferentes graus de *risco*, através da adaptação da metodologia utilizada no **Plano ZERMOS**. Esta metodologia encontrou na

informação geomorfológica (previamente construída) e hidrográfica, um complemento cartográfico importante.

5.1. Adaptação da metodologia utilizada no Plano ZERMOS ao troço Vila Seca-Lamas da E. N. 342

Os exemplos que acabamos de apresentar constituem situações de *risco* para as populações, embora, neste caso, a actividade humana se posicione a montante e a jusante dos processos que conduzem a este tipo de manifestações naturais. Não se pretende, no entanto, construir uma cartografia de *riscos naturais*, em geral; a área-amostra escolhida interessa-nos sobretudo porque se encontra particularmente exposta a *riscos de movimentos de terreno* e, neste sentido, permitiu-nos identificar áreas mais instáveis, mais sensíveis e, porventura, mais vulneráveis⁽²⁶⁾ a estes fenómenos.

Como já referimos, para cartografar as áreas de *risco de movimentos de terreno* recorreremos à metodologia utilizada no **Plano ZERMOS**, mas procurámos adaptar esta metodologia em função de algumas das insuficiências que foram apontadas por alguns autores (M. L. RODRIGUES, J. L. ZÊZERE, C. R. MACHADO, 1993)⁽²⁷⁾. Optámos, portanto, por incluir informação cartográfica complementar, concretamente, um esboço geomorfológico (cfr. fig. 3) e cartografia aplicada a construções lineares (fig. 8), já utilizada por MENERAUD (1978) e JONES *et al.* (1983), referidos na obra de D. BRUNSDEN e D. B. PRIOR (1984, p. 563). Esta metodologia viria a permitir identificar áreas da E. N. 342 mais vulneráveis aos *movimentos de terreno* tendo em conta as características morfológicas e

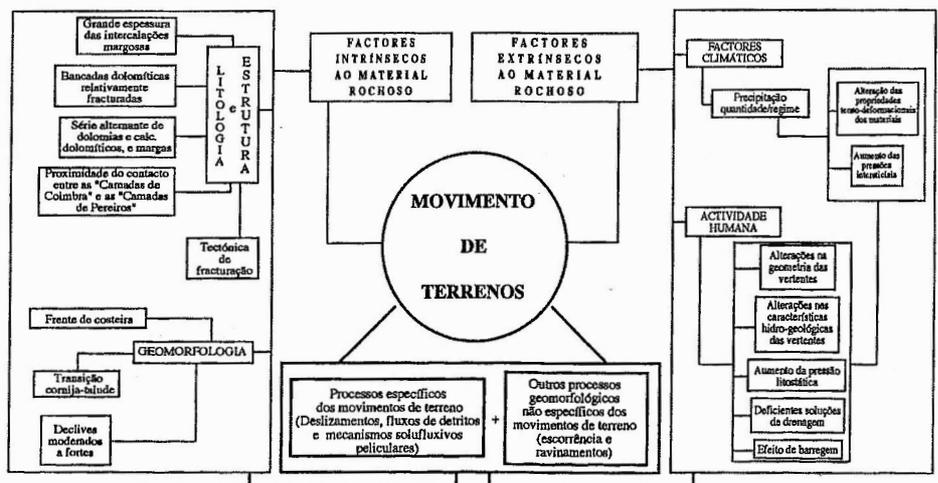


Fig. 7 - Esquema conceptual dos factores envolvidos no movimento de terrenos que em Maio e Novembro de 1993 destruiu a E.N. 342 ao K8+400.

hidrográficas da área, em particular, o modo como se distribuem os sectores de interflúvio e de vale.

O cruzamento desta informação com outro tipo de dados, por exemplo, a distribuição dos declives e a análise das características geológicas, permitiu construir um modelo com diferentes *classes e áreas de risco* para o Homem e para as suas actividades, posteriormente cartografadas, aproximadamente, na escala 1/15 000 (fig. 9). Estabelecemos, assim, uma classificação hierarquizada que prevê cinco classes de risco: a classe I (risco fraco) caracteriza-se pela ausência de manifestações de instabilidade e, por isso, engloba áreas não expostas a *movimentos de terreno* ou às suas consequências; são áreas geralmente aplanadas que apresentam declives fracos a muito fracos.

Os riscos moderados ou potenciais apresentam-se sub-divididos em três classes constituindo, assim, as classes II, III e IV. Na classe II foram englobadas áreas que actualmente não se encontram expostas a *movimentos de terreno*, mas onde subsistem algumas dúvidas sobre a estabilidade das vertentes. Na classe III considerámos as áreas com declives fracos a moderados, que apresentam características favoráveis à instabilidade estando, por isso, expostas a movimentos, embora, de reduzida importância geomorfológica. A classe IV corresponde às áreas cujo contexto geomorfológico se conjuga com áreas de taludes antrópicos, com declives moderados a fortes, áreas de contacto litológico e/ou estrutural, e áreas atravessadas por linhas de água, todos eles factores cuja conjugação torna mais provável a ocorrência de *movimentos de terreno* de amplitude e intensidade variáveis, particularmente, deslizamentos e desabamentos.

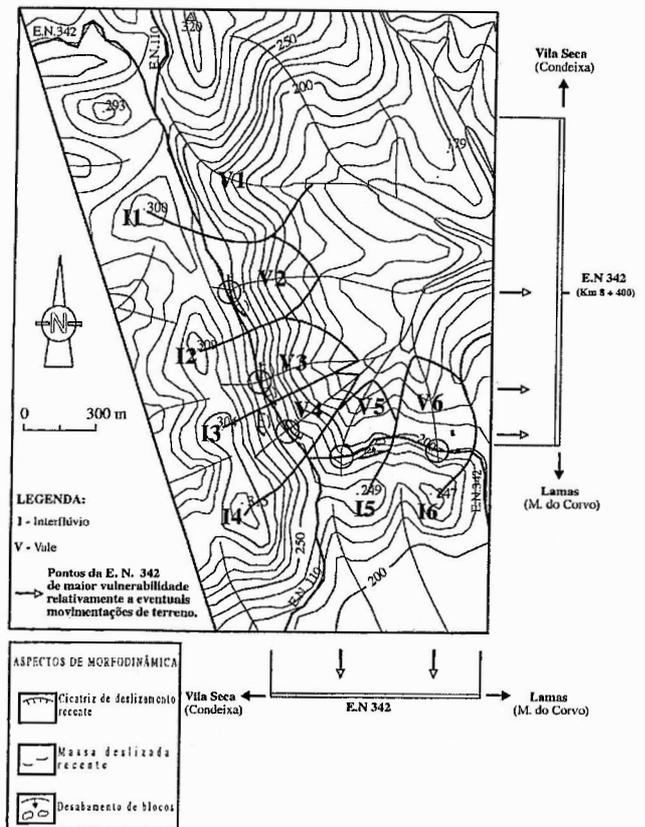


Fig. 8 - Identificação de áreas provavelmente mais vulneráveis aos efeitos de eventuais movimentos de terreno, na estrada nacional 342, para o sector em estudo.

Finalmente, a classe V (de riscos fortes), engloba todas as áreas que apresentam as características da classe anterior e sectores onde as vertentes apresentam manifestações actuais ou antigas de *movimentos de terreno* e/ou fortes sinais de instabilidade que sugerem a eminência de uma movimentação total ou parcial da vertente.

Em jeito de conclusão, a metodologia utilizada permitiu identificar diferentes espaços com diferentes graus de risco cuja classificação resulta sempre de uma solução de compromisso entre os diversos factores e critérios considerados. As áreas mais sensíveis aos *movimentos de terreno* e, por isso, classificadas como *áreas de risco forte* apresentam características geomorfológicas e hidrológicas particulares, que se conjugam com declives moderados a fortes relativos a áreas de cornija e/ou taludes antrópicos, e definem uma dinâmica hidrogeológica dos sistemas-vertente particularmente instável. É nestas áreas que a E. N. 342 se apresenta mais exposta aos *movimentos de terreno*, sendo também aí que ela se apresenta mais vulnerável às suas consequências.

Sendo um dos elementos mais marcantes da paisagem, a vinha sublinha a importância que, de um

(26) De acordo com VARNES (1984), citado por J. HARTLÉN e L. VIBERG (1989) o conceito de *vulnerabilidade* está relacionado com o grau de perda de um elemento ou grupo de elementos em risco, resultante da ocorrência de um dado fenómeno natural com determinada magnitude. Pode quantificar-se segundo uma escala que varia entre "zero" (sem danos) e "um" (perda total).

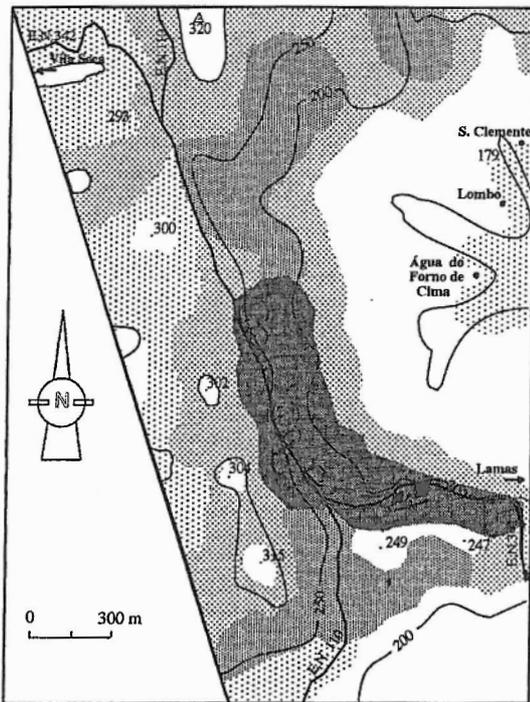
(27) Nesta obra, os autores apresentam um estudo comparativo da aplicação de quatro metodologias de avaliação e cartografia de *riscos naturais*, utilizadas em alguns países europeus, onde apontam algumas das principais virtudes e insuficiências de cada um dos modelos considerados. Relativamente ao Plano ZERMOS, os autores referem, por exemplo, que a inexistência de uma cartografia geomorfológica de base inibe uma interpretação completa da zonagem dos *riscos*, uma vez que é impossível conhecer quais os processos de evolução que determinam os graus de risco moderados e potenciais; apontam ainda como limitação à avaliação dos *riscos*, o facto de excluir informação relativa aos processos de natureza hidrológica. Como principais virtudes os autores referem o facto de se tratar de cartografia elaborada a grande escala, cuja leitura e utilização, acessíveis a técnicos não muito familiarizados com questões ligadas aos processos geomorfológicos, a tornam numa metodologia bastante expressiva e de fácil utilização na gestão do território.

6. Síntese final

Sendo uma área que apenas recentemente despertou interesse à maioria dos investigadores actualmente empenhados no estudo destas matérias, as questões relacionadas com os *riscos naturais*, em geral, e com os *riscos de movimentos de terreno*, em particular, permitem (diríamos que obrigam) a um trabalho multi e interdisciplinar que, se por um lado, enriquece a abordagem dos problemas devido à possibilidade de se conjugarem diferentes interpretações dos mesmos fenómenos, por outro lado, conduz a situações de imprecisão na utilização de muitos dos termos e conceitos. Neste trabalho, procurámos alertar para esta realidade que tem levantado sérios problemas aos próprios investigadores e, estamos certos, tem vindo a retardar a consciencialização comum da própria importância e utilidade que estes estudos podem assumir a nível do Planeamento local. Procurámos discutir alguns termos e conceitos frequentemente utilizados no âmbito dos *riscos naturais*, em sentido lato, mas também no âmbito específico dos *riscos de movimentos de terreno*. Foi nosso objectivo alertar apenas para a utilização (que consideramos menos pacífica) de alguns desses termos.

Sabíamos que os *movimentos de terreno* ocorrem na dependência de diversos factores, procurámos demonstrá-lo e, acima de tudo, pretendemos identificar grupos de factores que normalmente influenciam a relação estabilidade/instabilidade das vertentes. Tentámos, no entanto, ir mais longe. Porque a precipitação é, sem dúvida, um dos principais requisitos (se não mesmo o principal) para que ocorram *movimentos de terreno*, como ensaio meramente metodológico, procurámos adaptar alguns índices e valores limiar definidos por outros autores ao estudo de um caso concreto. Sempre estivémos, porém, conscientes do perigo de extrapolar dados que nunca poderão ser considerados universais devido à infinita possibilidade de conjugação dos diversos factores envolvidos.

As várias manifestações de instabilidade que algumas das vertentes da área têm vindo a evidenciar, sempre no mesmo contexto morfológico e estrutural, climático e hidrológico, constituem uma importante fonte de *riscos naturais* alguns deles materializados já, pelos efeitos destruidores de três *movimentos de terreno* cuja acção está, ainda hoje, bem evidente na paisagem. A Estrada Nacional 342, a principal via rodoviária que liga Condeixa a Miranda do Corvo foi a infra-estrutura mais afectada e, por isso, a mais vulnerável também, embora algumas actividades agrícolas, por exemplo as que se relacionam com a produção vinícola, tenham ficado igualmente comprometidas.



Classes de risco de movimentações de terreno:

- | | |
|-----|------------------------|
| I | Risco fraco |
| II | Risco moderado a fraco |
| III | Risco moderado |
| IV | Risco moderado a forte |
| V | Risco forte |

ASPECTOS DE MORFODINÂMICA

- | | |
|--|----------------------------------|
| | Cicatriz de deslizamento recente |
| | Massa deslizada recente |
| | Desabamento de blocos recente |

Fig. 9 - Mapa de riscos de movimentos de terreno aplicado à E.N. 342, sector Vila Seca-Lamas (Adaptação da metodologia do Plano ZERMOS, 1974-79).

modo geral, as actividades agrícolas representam para as populações, na medida em que denunciam alguns dos elementos do seu principal modo de vida. Porque estas mesmas actividades estão bem marcadas na paisagem, mesmo em áreas consideradas de maior *risco de movimentos de terreno*, impunha-se o alertar para a possibilidade de ocorrência destes fenómenos naturais bem como a identificação das áreas mais expostas, missão que procurámos cumprir com esta curta referência.

No extremo oposto, encontram-se áreas com declives fracos e morfológicamente deprimidas, ou cimos de vertente geralmente aplanados e mais afastadas de situações de contacto litológico, cujas vertentes não apresentam sinais de instabilidade.

A actividade humana não pode deixar de ser também referida, na medida em que se vai tornando cada vez mais evidente a sua influência nos sistemas-vertentes. As alterações impostas à morfologia das vertentes, entre outros aspectos, conjugam-se com os efeitos de outros factores, criando situações de instabilidade que, em muitos casos, culmina na ocorrência de *movimentos de terreno* mais ou menos destruidores, que põem inclusivamente em risco a própria vida humana.

Prevenir e prever ou, se se preferir, prever para prevenir, são duas faces do grande objectivo que qualquer agente do planeamento deve perseguir: a segurança das populações. A Cartografia de riscos, em ambos os processos, poderá dar um forte impulso no sentido de alcançar aquele objectivo, principalmente quando é feita antes de se verificarem as situações de crise, embora aprender com o passado, também aqui, possa constituir uma filosofia a seguir no sentido da disponibilização de informação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - Audiovisuais

KAMMEM, Glenn e ROBINSON, Peter (1992) - "Earth revealed", cap. "Mass wasting", produzido para The Corporation for Community College Television, 1992.

2 - Artigos e livros consultados

BLOOM, Arthur L. (1978) - *Geomorphology. A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 503 p.

BOLT, B. A. et al., (1975) - *Geological Hazards. (Earthquakes, Tsunamis, Vulcanoes, Avalanches, Landslides and Floods)*. Springer-Verlag, Heidelberg, 303 p.

BRUNSDEN, D. e PRIOR, D. B. (1984) - *Slope Instability*. John Wiley e Sons, 603 p.

CARCEDO AYALA, F. J. et al., (1987) - *Riesgos Geológicos*. Inst. Geol. y Min. de España, Madrid, 33 p.

CARCEDO AYALA, F. J. et al., (1991) - *Manual de Ingeniería de Taludes*. Inst. Geol. y Min. de España, Madrid, 456 p.

CARVALHO, G. S. (1946) - *As formações geológicas mais antigas da Orla Meso-Cenozóica Ocidental de Portugal - algumas observações e a provável origem daquelas formações*. Dissertação de Doutoramento, Coimbra, 127 p..

CHOFFAT, P. (1904) - "L' infralias et le Sinemurien au Portugal". *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, V, p. 49-114.

CUNHA, L. J. S. (1988) - *As serras calcárias de Condeixa-Sicó-Atvaizere. Estudo de Geomorfologia*. Diss. de Doutoramento, Coimbra, 329 p.

FAUGÈRES, L. (1990) - "Géographie Physique et Risques Naturels". *Bull. Assoc. Géogr. Fran.*, Paris, 2, p. 89- 98.

FERREIRA, A. B. (1993) - "Geomorfologia e Ambiente. Contributo metodológico". *Estudos de Geografia Física e Ambiente*, Lin. Acç. de Geog. Fís., C.E.G., Rel. 32, Lisboa, p. 4-10.

FLAGEOLET, J. C. (1988) - *Les mouvements de terrain et leur prévention*. Masson, Paris, 222 p.

GARLAND, G. G. e OLIVIER, M. J. (1993) - "Predicting landslides from a rainfall in a humid, sub-tropical region". *Geomorphology*, 8, Amsterdam, p. 165-173.

GOMES SANTOS, J. (1996) - *A Depressão Marginal. Elementos para a caracterização geomorfológica do sector Coimbra-Penela e análise de riscos de movimentos de terreno*. Diss. de Mestrado, Coimbra, 214 p.

HARTLÉN, J. and VIBERG, L. (1989) - "General report: Evaluation of landslide hazard". *Rel. Conf. Intern.*, p. 1037- 1057.

MÉNEROUD, J. P. (1983) - "Relations entre la pluviosité et le déclanchement des mouvements de terrain". *Bull. liaison Labo P et Ch*, 124, p. 89-100.

PALAIN, Ch. (1975) - *Une série detritique terrigène, les 'Grés de Silves'. Trias et Lias inférieur du Portugal*. Thèse Universitaire de Nancy, 503 p. (pol.).

REBELO, F. (1981) - "A acção humana como causa de desabamentos e deslizamentos. Análise de um caso concreto". *Biblos*, 57, p. 629-644.

REBELO, F. (1995) - "Os conceitos de risco, perigo e crise e a sua aplicação ao estudo dos grandes incêndios florestais". *Biblos*, Coimbra, LXXI, p. 511-527.

RIBEIRO, O. (1949) - *Le Portugal Central*. Livret-guide de l' excursion C du Congrès Int. de Géog., Lisboa, 180 p..

SOARES, A. F., ROCHA, R. B. e MARQUES, J. F. (1985) - "Contribuição para o estudo geológico de Coimbra". *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, p. 41-71.

TRICART, J. (1992) - "Dangers et risques naturels et technologiques". *Annales de Géographie*, 565, Paris, p. 257-289.

VARNES, D. J. (1978) - "Slope movements, Types and Processes". *Landslides-Analysis and control: Transportation Research Board Special, Report 176*, Washington, p. 11-33.