

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA
Coordenação

A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 1 • GEOLOGIA DE ENGENHARIA



Coimbra • Imprensa da Universidade

EVOLUÇÃO TEMPORAL DE TALUDES NATURAIS E DE ESCAVAÇÃO

ANTÓNIO LUÍS DE ALMEIDA SARAIVA¹ e PEDRO GOMES CABRAL SANTARÉM ANDRADE²

PALAVRAS-CHAVE: taludes, instabilidade, classificação, caracterização.

KEY WORDS: slopes, unstability, classification, characterization.

RESUMO

O desencadear da instabilização de um talude, (natural, escavação ou aterro) é, por norma, o resultado da acção de um conjunto variado de factores entre os quais se pode referir a água como agente condicionante e desencadeante, a par, entre outros, da atitude das descontinuidades e da geometria do talude, da intensidade e homogeneidade/heterogeneidade do grau de alteração, da litologia, da intensidade de compartimentação e das características das descontinuidades, e da capacidade de desintegração dos materiais constituintes (solos e/ou rochas).

Neste trabalho analisam-se várias situações em que se tem verificado o início da instabilização em taludes naturais e de escavação em litologias diferenciadas (granitos, xistos, metagrauvaques, calcários, etc.), bem como as origens da instabilização e as respectivas evoluções temporais dos mesmos no IP3, no IC8, na EN17 e em Frades, Régua e Sagres que em alguns casos têm originado modificações muito acentuadas, bem como as respectivas causas.

¹ Departamento de Ciências da Terra, 3000-272 Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Correio electrónico: asaraiva@ci.uc.pt.

² Departamento de Ciências da Terra, 3000-272 Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Correio electrónico: pandrade@ci.uc.pt.

ABSTRACT: How the natural and the excavated slopes degrade with time

Slope instability occurrence (natural, excavation and landfill slopes) is usually the result of a varied set of factors such as: water as a conditioning and inducing agent, orientation of discontinuities, slope configuration, intensity and homogeneity/heterogeneity of the weathering degree, lithology, discontinuities parameters and block size and the weakening or disintegration of the slope's composing materials (soils and/or rocks) when exposed to weathering processes.

The authors analyse several situations that have led to stability problems in natural and excavation slopes in different lithologies (granites, schists, metagraywaques, limestones, etc.). Also, they analyse stability problems and their causes and the slopes' chronological evolution in IP3, IC 8, EN17, EN234, Frades, Régua and Sagres that, in some cases, are responsible for great changes.

1. INTRODUÇÃO

A instabilização de taludes tem ou pode ter consequências importantes quer nas pessoas quer nos bens (figuras 1 a 4).



Fig. 1 – Deslizamento no Cabril (Janeiro de 2001).



Fig. 2 – Deslizamento na estrada de acesso à ETAR de Miranda do Corvo (Abril de 2001).



Fig. 3 – Deslizamento de Aldriz (Maio de 2001).



Fig. 4 – Deslizamento na estrada Régua-Pinhão (Janeiro de 2003).

Em fins de 2000 e até Maio de 2001 ocorreu, em Portugal, um intenso período de precipitação que teve como consequência o desencadear de numerosas manifestações de instabilidade que originaram perdas económico/financeiras significativas porque afectaram numerosas vias de comunicação (principalmente estradas), provocaram a destruição de habitações e um número significativo de mortes. Neste ultimo caso podem referir-se os deslizamentos ocorridos em:

- Ariz: Originou uma morte;
- Azinheira: Originou três mortes;
- Frades: Originou quatro mortes (figura 5).



Fig. 5 – Deslizamento em Frades (Dezembro de 2000).

Em alguns casos a instabilidade processa-se na sequência da modificação das condições de equilíbrio dos taludes naturais. Uma tal situação pode desenvolver-se durante ou após a realização de escavações, algumas das quais, especialmente nas vias de comunicação, podem atingir grandes alturas.

2. MOVIMENTAÇÃO DOS TERRENOS

Em função da velocidade e da morfologia da movimentação dos terrenos podem considerar-se os seguintes tipos de movimentos (VARNES, 1978):

- Desprendimentos;
- Basculamentos;
- Deslizamentos rotacionais e translacionais;
- Fluxo
- Extensões laterais (raros em Portugal);

A velocidade a que se processa a movimentação dos terrenos pode ser classificada em (TURNER & SCHUSTER, 1996):

358

| Movimentação | Velocidade | Designação |
|---------------------|------------|----------------|
| Extremamente rápida | 5 m/s | Desmoronamento |
| Muito rápida | 3 m/min | |
| Rápida | 1,8 m/hora | Escorregamento |
| Moderada | 13 m/mês | |
| Lenta | 1,65m/ano | Fluência |
| Muito lenta | 16 mm/ano | |
| Extremamente lenta | | |

2.1. DESMORONAMENTOS

Os desmoronamentos consistem na queda de blocos de rochas que podem ter dimensões muito variáveis e ocorrer quer em taludes muito escarpados, quer em falésias. A movimentação dos blocos desprendidos pode processar-se por ressaltos, rolamento ou por deslizamentos e desenvolver-se a velocidades elevadas (superiores a 100 Km/h).

É possível considerar os desmoronamentos primários e os secundários. Aqueles resultam do “desligamento” de blocos são a pouco alterados devido à acção da compartimentação e estes envolvem a movimentação de “fragmentos” que sempre estiveram fisicamente desligados da falésia e apenas nela alojados.

Nos maciços rochosos os desmoronamentos dão origem à queda de blocos que podem apresentar dimensões variáveis. Podem ser originados pela intensa fracturação dos maciços rochosos ou pela erosão diferencial que é um dos factores potencialmente responsáveis pela formação de consolas (figura 6) que originam um equilíbrio instável.

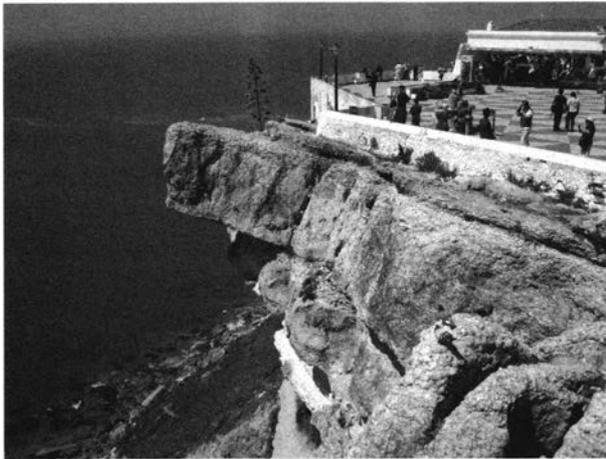


Fig. 6 – Formação de uma consola no Sítio (Agosto de 2002).

O avanço preferencial da erosão no nível menos resistente implica uma concentração progressiva de tensões nos níveis superiores. Assim, caso estes sejam pouco resistentes, ou se apresentem acentuadamente fracturados (figura 7), a ruptura pode processar-se por flexão e/ou tracção com o conseqüente basculamento dos blocos individualizados. No entanto, caso o nível se apresente muito fracturado e a matriz rochosa seja resistente, o basculamento é apenas desencadeado pela excentricidade do peso.

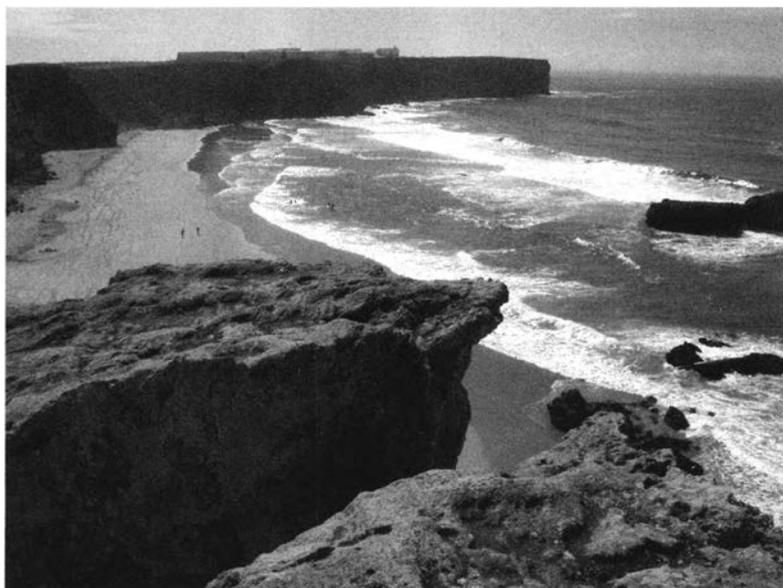


Fig. 7 – Fractura de tracção em Sagres (Setembro de 2002).

Deve anotar-se que a concentração de tensões no bordo do nível débil subjacente pode originar o desenvolvimento de um assentamento diferencial que pode implicar o desencadear de deslizamentos em cunha e a queda do bloco por ruptura na base.

2.2. BASCULAMENTOS

O basculamento ocorre por acção das forças que têm tendência a provocar a rotação dos blocos em redor de um ponto situado abaixo do centro de gravidade. O basculamento pode desencadear-se devido à acção do peso dos blocos, pressão da água nas diaclases e à movimentação de blocos adjacentes. O basculamento pode desenvolver-se quer em rochas, quer em solos, e afectar volumes muito significativos. Desenvolve-se, com frequência, nas rochas que apresentam uma foliação penetrativa acentuada, como é o caso das rochas xistentas (figura 8).

Podem considera-se as seguintes variantes:

- Basculamento flexural;
- Basculamento de blocos;
- Basculamento de blocos e flexural;
- Mecanismos secundários de basculamento.



Fig. 8 – Basculamento em Cardigos (Agosto de 2002).

2.2.4. CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA DE BASCULAMENTOS

Para que possa ocorrer um basculamento do tipo flexural é necessário que previamente já se tenham desencadeado movimentos entre os planos de foliação do maciço. Tal acontecerá quando a perpendicular aos planos de foliação tiver uma inclinação inferior a ϕ_j (ângulo de atrito). Se esta condição existir, o basculamento ocorrerá se $(90-\delta)+\phi_j < \alpha$ (δ representa o pendor da foliação e α a inclinação da superfície do talude) (GOODMAN, 1989). Deve anotar-se que para o desencadear do basculamento é necessário que a direcção da superfície do talude e a das superfícies de foliação tenham um afastamento que não ultrapasse os 30° .

3. DESLIZAMENTOS

Os deslizamentos podem ser do tipo rotacional (circular) e do tipo translacional (planar e em cunha).

3.1. DESLIZAMENTOS CIRCULARES

Neste tipo de deslizamentos a superfície ao longo da qual se dá a ruptura tem, em corte, uma forma que na generalidade das situações é côncava e, em planta, uma forma em arco (figura 9). No entanto devido à ocorrência de eventuais superfícies de anisotropia a forma pode ser diferenciada. Este tipo de movimentos



Fig. 9 – Início de um deslizamento circular na EN 17 (Janeiro de 2001).

pode ocorrer em solos argilosos homogéneos, solos arenosos ou em maciços rochosos intensamente diaclasados (de um modo aleatório) ou alterados em que as pressões intersticiais da água são suficientemente elevadas para originar a ruptura.

3.2. DESLIZAMENTOS TRANSLACIONAIS

A movimentação processa-se como consequência da ruptura ao longo de superfícies planares. A movimentação pode ocorrer ao longo de uma única superfície (normalmente deslizamentos planares, figura 10) ou ao longo da recta de intersecção entre dois planos (deslizamentos em cunha, figuras 11 a 13).

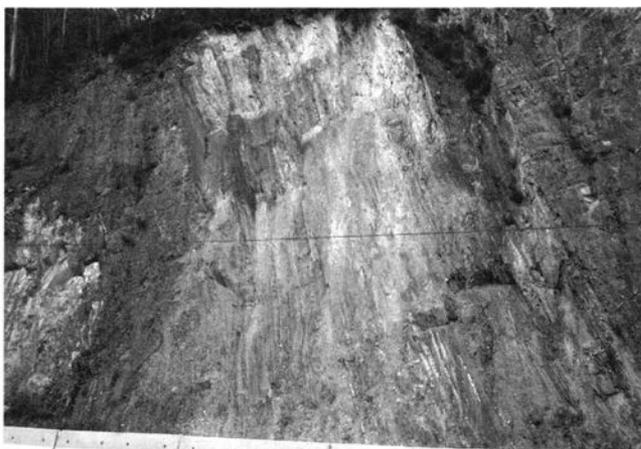


Fig. 10 – Deslizamento planar no IP3 (Agosto de 2002).

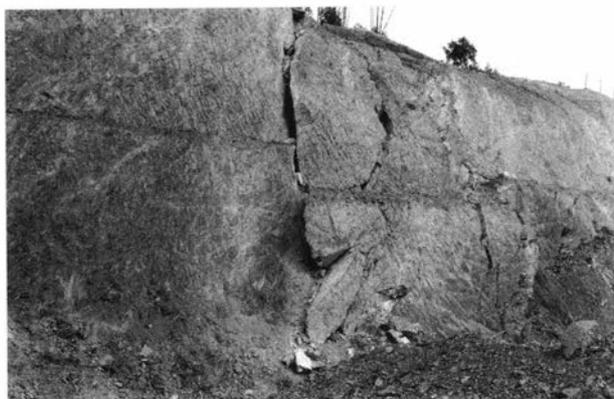


Fig. 11 – Fase inicial de um deslizamento em cunha (Nó da Raiva, IP3, 1995).



Fig. 12 – Fase intermédia de um deslizamento em cunha (Nó da Raiva, IP3, 1995).



Fig. 13 – Fase final de um deslizamento em cunha (Nó da Raiva, IP3, 1995).

Neste último caso, e em determinadas situações, a movimentação pode processar-se ao longo da descontinuidade que evidencia a inclinação mais elevada. As superfícies de deslizamento podem ser planares, em escadaria ou poligonais.

Um outro tipo de deslizamentos são os que englobam componentes de deslizamentos circulares e planares. São constituídos por superfícies acentuadamente não circulares formadas pela combinação de uma parte planar, curva ou em escadaria e por uma base plana. Geralmente evidenciam a presença de heterogeneidades que muitas vezes são materializadas por um nível pouco resistente ou por uma interface entre o domínio meteorizado e o não meteorizado.

3.3. FLUXOS

Os movimentos que se enquadram nesta categoria podem ser, entre outros, os fluxos de detritos (figura 14), os fluxos de solos e os fluxos de fragmentos rochosos.

Em algumas classificações também se enquadram neste tipo de movimentos os fenómenos de “creep” e de solifluxão. Neste tipo de movimentos (fluxos) a água desempenha, geralmente, um papel primordial no desencadear da instabilização do maciço que passa a ter um comportamento de um líquido viscoso. A superfície ao longo da qual se desenvolve a ruptura geralmente não é preservada. A velocidade com que se processa a movimentação é similar à de um líquido viscoso.



Fig. 14– Fluxo de detritos (Coimbra, 1993).

4. BIBLIOGRAFIA

CRUDEN, David M. & VARNES, David, J. (1996) – Landslide Types and Processes. In Special Report 247: Landslides. Investigation and Mitigation (TURNER, A. KEITH & SCHUSTER, ROBERT L. eds.), Transportation Research Board, National Research Council, pp. 36-75.

GOODMAN, R. E. (1989) – Introduction to Rock Mechanics. 2nd edition. John Wiley & Sons.

VARNES, David J. (1978) – Slope Movement Types and Processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (R. L. SCHUSTER and R. J. KRIZEK, eds.), Transportation Research Board, National Research Council, pp. 11-33.