



P
**ARA DESENVOLVER
A TERRA**
MEMÓRIAS E NOTÍCIAS
DE GEOCIÊNCIAS
NO ESPAÇO LUSÓFONO

Quinta-Ferreira, M., Barata, M. T.,
Lopes, F. C., Andrade, A. I.,
Henriques, M. H., Pena dos Reis, R.
& Ivo Alves, E.

Coordenação

CARACTERIZAÇÃO DA INSTABILIDADE DE UMA VERTENTE NA ÁREA URBANA DO LUBANGO, ANGOLA

A SLOPE INSTABILITY CHARACTERIZATION ON LUBANGO'S URBAN AREA, ANGOLA

G. N. Gonçalves¹, P. S. Andrade² & M. Quinta-Ferreira²

Resumo – Efetuou-se um estudo sobre as condições da instabilidade de uma vertente na área do bairro “A Luta Continua”, situado na cidade do Lubango em Angola. Analisaram-se as diferentes situações de instabilidade, designadamente as quedas de blocos rochosos. Na área estudada verifica-se a presença de depósitos de vertente e, nas cotas mais elevadas, afloram quartzo-arenitos de cores esbranquiçadas e arenitos de tonalidades cinzentas e avermelhadas. Caracterizaram-se os blocos rochosos relacionados com as situações de instabilidade, em termos de volumetria e de litologia. Definiram-se as trajetórias de queda dos blocos rochosos através da utilização do programa informático RocFall. Procedeu-se à definição de medidas de proteção ou de mitigação face aos processos de instabilização.

Palavras-chave: Processos de instabilidade; Vertentes; Queda de blocos; Quartzo-arenitos, Lubango; Angola.

Abstract – A study of the slope instability conditions of the quarter “A Luta Continua”, in the city of Lubango in Angola, was carried out. The slope movements, namely rockfalls, were analysed. Debris deposits occur on the studied area; quartz-sandstones and grey and reddish sandstones outcrop on the upper part of the slope. The volume and the lithology of the rockfall blocks were determined. The rockfall paths were analyzed using the RocFall software. Some stabilization and remediation procedures were defined.

Keywords – Instability processes; Slopes; Rockfalls; Quartz-sandstones; Lubango; Angola.

¹ Mestre pela Universidade de Coimbra e Universidade Privada de Angola; ndaendelao@hotmail.com

² Departamento de Ciências da Terra. Centro de Geociências. Largo Marquês de Pombal. Universidade de Coimbra. 3000-272 Coimbra. Portugal; pandrade@dct.uc.pt; mqf@dct.uc.pt

1 – Introdução

444

Os estudos dos fenómenos de instabilidade de taludes e vertentes apresentam-se como de grande importância, tornando-se necessário conhecer os aspetos morfológicos e as respetivas dimensões das situações de instabilidade. Para que se possa efetuar a sua previsão e prevenção, devem compreender-se os mecanismos que originam as instabilidades.

A província da Huíla, onde se localiza a cidade de Lubango, corresponde a uma região planáltica em que as cotas podem atingir mais de 2000 metros. Os movimentos nos taludes com consequências nefastas estão, muitas vezes, relacionados com a ocorrência de chuvas e com as modificações originadas pela ação humana. A área urbana do Lubango, devido às suas características morfológicas e condições geológicas e geotécnicas, apresenta zonas de declive elevado, que podem ser geradoras de situações de instabilidade. Na cidade do Lubango existem muitas construções que se localizam nas vertentes, podendo verificar-se movimentos que provoquem prejuízos consideráveis e eventuais vítimas.

Na área de estudo (Figs 1 e 2), localizada no Bairro “A Luta Continua” podem observar-se diversas situações de instabilidade, designadamente as quedas de blocos rochosos, que tendem a ser mais intensas na época de maior precipitação.

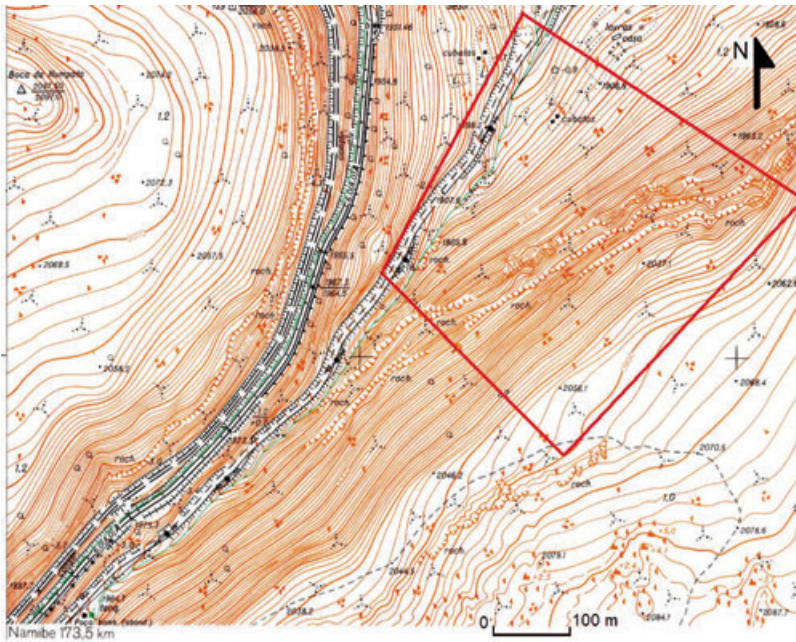


Fig. 1 – Localização da área estudada.

2 – Enquadramento geográfico e geológico

A cidade do Lubango situa-se na província da Huíla, que por sua vez se localiza no sudoeste do território Angolano. Verifica-se a existência de duas estações: a das chuvas

e a seca. A primeira ocorre entre os meses de Outubro e Abril e corresponde ao período de temperaturas mais elevadas. Nesta estação as temperaturas médias diárias variam entre 18° e 21°C e a precipitação apresenta valores entre os 600 e os 1200 mm. A estação seca decorre entre Maio e Setembro, durante a qual os valores de precipitação são reduzidos ou mesmo nulos (SINFIC, 2007).



Fig. 2 - Panorâmica da vertente estudada e do bairro “A Luta Continua”.

Na área de estudo verifica-se a existência de depósitos de vertente, bem como de quartzo-arenitos e arenitos pertencentes ao Grupo Chela de idade precâmblica. Observaram-se nas imediações da área estudada e, a uma cota mais baixa, a presença de granitos, quase sempre, com um grau de alteração elevado e de aspeto arenizado, os granitos são subjacentes às formações do Grupo Chela e de idade anterior.

Os depósitos de vertente ou de cobertura que se situam na área de trabalho encontram-se na base da encosta estudada. A origem destes depósitos está associada aos processos erosivos e aos movimentos de instabilidade das formações rochosas que se encontram a cotas mais elevadas. Os depósitos são constituídos por material de granulometria e composição muito variada, desde quartzo-arenitos, vulcano-arenitos, arenitos a conglomerados. Os blocos rochosos de maior dimensão apresentam-se envolvidos numa matriz de material arenoso a argiloso.

Os depósitos de vertente podem sofrer processos erosivos muitas vezes relacionados com escavações que são realizadas na base da vertente.

Os quartzitos, de acordo com VALE (1971) ou quartzo-arenitos segundo CORREIA (1976), da formação Tundavala, correspondem a materiais rochosos de elevada resistência, de cores esbranquiçadas a acinzentadas e de idade precâmblica. Os quartzo-arenitos são constituídos na sua quase totalidade por quartzo, sendo a percentagem de feldspatos e de outros minerais menor que 5%. Os arenitos possuem tonalidades rosadas, acastanhadas ou avermelhadas e correspondem a arenitos feldspáticos e líticos, diferenciando-se dos quartzo-arenitos em termos de composição, maturidade textural e consequente grau de resistência. Constata-se que as formações quartzo-areníticas revelam, de modo

geral, uma maior resistência do que as formações areníticas. Verifica-se também a presença de rochas vulcanoclásticas.

Os processos de instabilidade estão também muito relacionados com a estratificação de pendor horizontal a sub-horizontal e pela fracturação existente, verificando-se essencialmente a queda de blocos rochosos.

3 – Metodologia

Para a execução do presente trabalho, procedeu-se à identificação, na área urbana de Lubango, de um local em que se verificam, de modo frequente, situações de instabilidade como a queda de blocos.

Elaborou-se um questionário dirigido à população do bairro “A Luta Continua” abordando as situações de instabilidade de vertentes e de outras situações de risco. O inquérito teve como objetivos definir o grau de exposição, conhecimento e consciência relativamente às situações de ocorrência de instabilidades, por parte dos habitantes da área estudada, tendo sido apresentados em GONÇALVES (2011).

Efetuiu-se a caracterização de 105 blocos rochosos instabilizados, que se encontravam na vertente adjacente ao bairro “A Luta Continua”. A caracterização incluiu a identificação e a localização dos blocos rochosos, a determinação do tipo litológico e a definição volumétrica. Os blocos rochosos foram enquadrados nas seguintes classes volumétricas (m^3): $<0,05$; $0,05-0,1$; $0,1-0,5$; $0,5-1,0$; $1,0-5,0$ e $>5,0$.

A análise de queda dos blocos rochosos foi efetuada recorrendo ao programa informático RocFall, desenvolvido pela ROCSCIENCE (2002), que possibilita a definição do trajeto de queda de blocos rochosos. Na utilização do programa informático RocFall há que definir os perfis da vertente ou do talude a estudar, o ponto de origem de queda dos blocos e os parâmetros das superfícies dos materiais envolvidos nas situações de instabilidade.

4 – Avaliação da blocometria

As dimensões dos blocos rochosos quartzíticos que resultaram de situações de instabilidade podem ser superiores a $5 m^3$, no entanto as dimensões mais comuns variam entre $0,1$ e $0,25 m^3$ (Fig. 3).

Os blocos rochosos areníticos que estão associados aos movimentos de instabilidade, apresentam uma dimensão mais frequentes entre $0,05$ e $0,1 m^3$, sendo também relativamente comuns os volumes entre $0,25$ a $0,5 m^3$, registando-se a ausência de blocos de arenitos para as classes $1,0 - 5,0 m^3$ e $>5 m^3$.

Verificou-se a presença de um maior número de blocos de quartzo-arenitos em relação aos blocos de arenitos. A volumetria dos blocos quartzo-areníticos tende a ser mais elevada que a dos blocos areníticos, o que se pode relacionar com a maior resistência dos quartzo-arenitos, pois os arenitos tendem a fragmentar-se mais facilmente no decorrer das trajectórias de queda. É também de salientar que o espaçamento das descontinuidades nos quartzo-arenitos é maior do que nos arenitos.

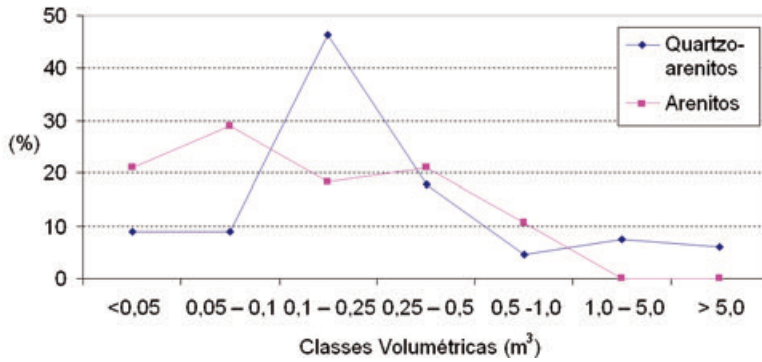


Fig. 3 – Representação dos valores percentuais das classes volumétricas dos blocos rochosos dos quartzo-arenitos e dos arenitos, em relação ao total de blocos.

5 – Utilização do Rocfall

Na análise efetuada com o RocFall utilizaram-se 4 perfis topográficos (AB, CD, EF e GH) de orientação NW-SE, com um afastamento entre perfis, na perpendicular, de aproximadamente 129 metros (Fig. 4). Nos perfis, do topo para a base, afloram os arenitos, os quartzo-arenitos que correspondem às zonas com maiores declives (Figs. 5 e 6), e os depósitos de vertente na base.

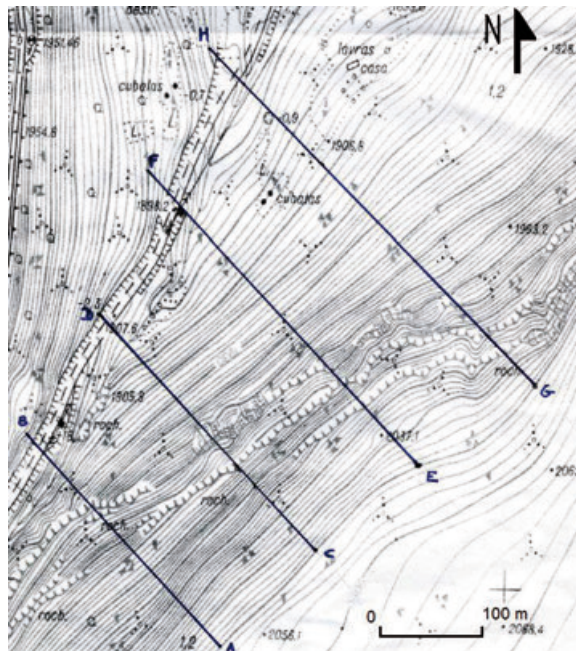


Fig. 4 – Localização dos perfis topográficos (AB, CD, EF e GH).

Nos diferentes perfis observou-se que a parte superficial dos depósitos de vertente é tendencialmente côncava e tem pendores compreendidos entre 15° a 40°, respectivamente no perfil GH e no perfil AB.

Definiram-se vários locais de origem da queda de blocos rochosos, quer para os arenitos, quer para os quartzo-arenitos, de maneira a estabelecer as possíveis trajetórias de queda dos blocos rochosos.

De acordo com os pesos específicos e as volumetrias mais comuns considerou-se para os blocos de arenitos e de quartzo-arenitos, respetivamente, a massa de 240 kg e de 500 kg.

Na Tabela 1 são apresentados os valores utilizados para os diferentes parâmetros necessários no programa Rocfall, nomeadamente o coeficiente de restituição normal (Rn), o coeficiente de restituição tangencial (Rt) e o ângulo de atrito (ϕ°) para os diferentes materiais litológicos existentes no local (arenitos, quartzo-arenitos, depósitos de vertentes e materiais aluvionares).

Tabela 1 - Valores de Rn, Rt e ϕ° dos materiais presentes na área estudada.

Material	Rn	Rt	ϕ°
Arenito	0,4	0,9	32
Quartzo-arenito	0,42	0,92	35
Depósitos de vertente	0,4	0,85	28
Depósitos aluvionares e solo	0,3	0,6	30

Nas Figs. 5 e 6, apresenta-se o perfil topográfico AB utilizado no RocFall, de modo a estabelecer as trajetórias prováveis da queda de blocos rochosos, respetivamente de arenito e de quartzo-arenito. Verificou-se que as trajetórias dos blocos têm aproximadamente as mesmas distâncias na horizontal, ultrapassando ligeiramente, em ambas as situações, a base da encosta, onde se situa uma linha de água. O pendor elevado da vertente no perfil AB influencia de modo determinante as trajetórias.

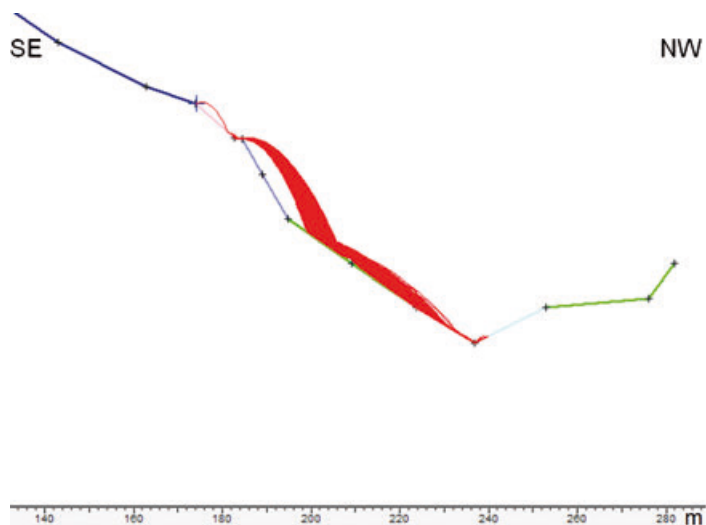


Fig. 5 - Trajetória dos blocos de arenito no perfil AB.

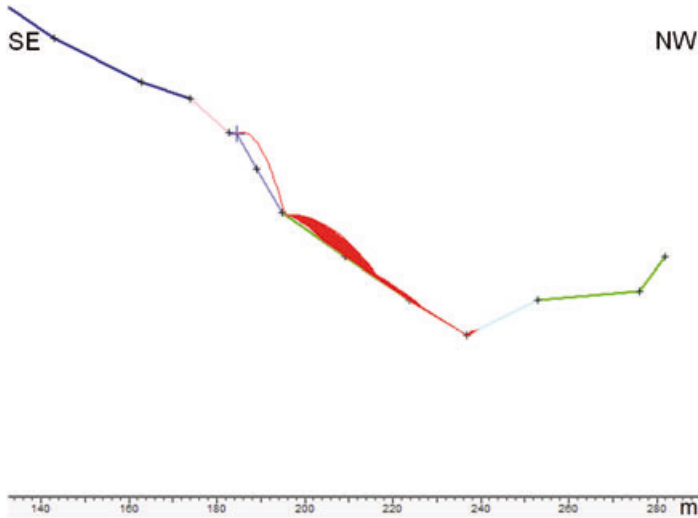


Fig. 6 - Trajetória dos blocos de quartzo-arenito no perfil AB.

Nos perfis de pendores mais elevados e de menor extensão horizontal, como os perfis AB (Figs. 5 e 6) e CD, verificou-se que os blocos rochosos podem intersectar ou ficarem muito próximos da linha de água, podendo atingir construções pertencentes ao bairro “A Luta Continua”.

Verifica-se que as situações de instabilidade em resultado da queda de blocos rochosos colocam em perigo as habitações e as pessoas na zona estudada, designadamente junto aos perfis AB e CD.

6 – Considerações finais

Efetuuou-se a caracterização litológica e volumétrica de 105 blocos rochosos que sofreram instabilização na vertente onde se localiza o bairro “A Luta Continua”, no Lubango, em Angola. Cerca de 63,8% dos blocos caracterizados correspondem quartzo-arenitos. A volumetria destes últimos é tendencialmente superior à dos blocos areníticos. Estes últimos têm, apesar de uma dispersão considerável, uma maior concentração na classe volumétrica de 0,05-0,1 m³. Os quartzo-arenitos possuem um maior número de blocos na classe volumétrica de 0,1-0,25 m³.

Procedeu-se à utilização do programa informático RocFall em 4 perfis da área estudada. Nos perfis que se localizam na parte Sul da área considerada (AB e CD), verificou-se que o pendor da vertente é mais acentuado e constatou-se que as trajetórias de queda dos blocos rochosos alcançam, ou ficam muito próximas, da linha de água situada na base da vertente, podendo deste modo atingir as habitações existentes nesta zona do bairro “A Luta Continua”.

De modo a permitir a ocupação humana na zona urbana de Lubango, nas áreas adjacentes às vertentes, devem estabelecer-se medidas protetoras ou de estabilização de vertentes tais como a colocação de redes de proteção metálicas e a utilização de

pregagens ou ancoragens. Estas medidas podem ser complementadas com muros de contenção dinâmicos.

450

O estabelecimento de políticas de ordenamento de território, com a regulamentação da ocupação dos terrenos em função dos riscos existentes, e a eventual proibição da ocupação humana das áreas mais vulneráveis, adjacentes às vertentes com fortes evidências de instabilidade, é fundamental para um desenvolvimento equilibrado das zonas urbanas.

É igualmente importante a realização de ações pedagógicas e de sensibilização das populações, de modo a fomentar a auto proteção, pois que a escassez de recursos, a falta de habitações e o desconhecimento dos riscos, contribui para a ocupação indevida de áreas de elevada vulnerabilidade.

Agradecimentos – Este trabalho foi financiado pelo Estado Português através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projecto PEst-OE/CTE/UI0073/2011 do Centro de Geociências.

Referências Bibliográficas

- CORREIA, H. (1976) - O Grupo Chela e a formação Leba como novas unidades litoestratigráficas resultantes da redefinição da "Formação da Chela" na região do planalto da Humpata (Sudoeste de Angola). *Boletim da sociedade Geológica de Portugal*, vol. XX (I-II), p. 65- 130.
- GONÇALVES, G.N. (2011) – Avaliação dos processos de instabilização da vertente do bairro "A Luta Continua". Tese de Mestrado em Geociências – Ambiente e Ordenamento de Território. DCT, Universidade de Coimbra.
- ROCSCIENCE (2002) – RocFall software for risk analysis of falling rocks on steep slopes. RocScience Inc.
- SINFIC (2007) - Plano de desenvolvimento da província da Huíla, Caracterização Ambiental. Sistemas de Informação Industriais e Consultoria (SINFIC).
- VALE, F.S. (1971) - Folha 336 – Sá da Bandeira, escala 1: 100 000. Direcção provincial dos Serviços de Geologia e Minas, Luanda.