



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**Os Taludes na Região Envolvente da Barragem do Biópio
(Angola). Algumas Considerações**

Alexandre da Silva

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Julho, 2014

Orientador científico:

Prof. Doutor António Luís Saraiva *

*** Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra**

Agradecimentos

Diante das circunstâncias da vida, e de tudo quanto Deus tem feito, por nós tenho a honra de agradecer pelo seu amor e carinho, ao abençoar esta Direcção da Universidade de Coimbra (U. C), e o corpo docente do Departamento de Ciências da Terra (DCT), em conjunto com a Direcção da Universidade Privada de Angola (UPRA), actual Instituto Superior Politécnico Tundavala (ISPT), que tiveram a genial ideia em levar para Angola homens do bem, cheios de vontade e responsabilidade pelo trabalho, que nunca pouparam esforços, de transmitir seus conhecimentos.

Este curso de Mestrado em Geociências, na área de Ambiente e Ordenamento do Território, é algo muito importante para nós Angolanos tendo em conta a imagem estrutural com que o País se encontra devido ao conflito armado. As ferramentas adquiridas na Universidade de Coimbra serão um contributo para o bem da reconstrução nacional.

Quero agradecer à minha família, esposa e filhos, que sempre estiveram ao meu lado, torcendo para que tal facto fosse realidade. Aos meus colegas de trabalho, e fundamentalmente a minha ex-colega, Graciana Nené Vindes actualmente, Mestre pela Universidade de Coimbra e de igual modo, ao Departamento de Ciências da Terra, que sempre encorajou-me a continuar.

Está obra só foi possível graças a dedicação incondicional e empenho do meu orientador, Professor Doutor António Luís Almeida Saraiva. Agradeço, também, o apoio dos funcionários da biblioteca, da área técnica de informática e dos serviços administrativos.

Coimbra, Julho de 2014

Alexandre da Silva

Resumo

No contexto, em análise estão os condicionantes geológicos e geotécnicos de escorregamentos, desmoronamentos e quedas de blocos, que proporcionam a apreciação de cada um dos factores envolvidos nos processos de estabilidade de taludes nas encostas do rio Catumbela a jusante do aproveitamento hidroeléctrico do Biópio. É um tema da actualidade, reflecte factores adversos em torno de problemas Ambientais e Ordenamento. Justificativos condicionados por muitas causas, o clima, a litologia e as estruturas das rochas, a morfologia, as acções antrópicas, biológicas e outros.

O objectivo em estudar esta área foi o de estudar e caracterizar os diversos factores envolvidos nos processos de instabilização dos taludes na região envolvente da barragem do Biópio.

Chegou-se à conclusão que os níveis de riscos na área em estudo, estão divididos em quatro categorias: riscos débeis, médios, elevados e muito elevados. É assim que os serviços Administrativos e públicos devem velar pela manutenção e segurança das populações em zonas de riscos, devem desenvolver campanhas de sensibilização em torno da Educação Ambiental e Ordenamento a fim de prevenir situações de danos materiais e humanos.

Palavras-chave

Estabilidade; Taludes; Barragens

Abstract

In the context under consideration are the geological and geotechnical conditions of landslides, mudslides and falling blocks, which provide an assessment of each of the factors involved in the processes of slope stability on the slopes of Catumbela river downstream of the hydroelectric Biópio. It is a topical issue around reflects adverse environmental factors and spatial problems. Conditioned by supporting many causes, climate, lithology and structures of rocks, morphology, anthropogenic, biological and other actions.

The objective of studying this area is to study and characterize the various factors involved in the processes of destabilization of slopes in the surrounding area of the Biópio dam.

Came to the conclusion that the risk levels in the study area are divided into four categories: weak, medium, high and very high risk. This is how the Administrative and public services must ensure the maintenance and security of populations in risk areas, should develop awareness campaigns on Environmental Education and Planning in order to prevent situations of material and human damage.

Key words: Stability, Slope, Dams.

Índice

i

Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
1. Introdução.....	1
1.1. Localização de Camuringue nome antigo, actualmente Comuna da Catumbela Povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio	1
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Objectivos gerais	2
1.2.2. Objectivos específicos	2
1.3. Estrutura do trabalho	2
1.4. Barragem do Biópio	3
2. Caracterização física e geológica da área em estudo.....	6
2.1. Clima	6
2.2. Geomorfologia	7
2.3. Enquadramento geológico da área em estudo.....	8
2.3.1. Geologia regional.....	8
3. Barragens nos principais rios de Angola. Caracterização social e económica	10
3.1. Tipologia urbana e desenvolvimento de movimentos, riscos geológicos e influência do tipo de material	12
3.2. Características geográficas, económicas e sociais da Comuna da Catumbela, - Povoação do Biópio- açucareira 1º de Maio.....	13
3.3. Riscos geológicos e hidrogeológicos na área da povoação- do Biópio- açucareiro 1º de Maio.....	17
3.4. Riscos geológicos, acção antrópica e acção biológica, tipologia perigosidade e desenvolvimento de movimentos	18
3.4.1. Risco Geológico.....	20
4. Considerações sobre a estabilidade de taludes e vertentes.....	23
4.1. Classificação dos tipos deslizamentos e estabilidades de taludes e/ ou vertentes.....	23
4.1.1. Morfologia e tipo de deslizamentos.....	24
4.1.2. Desmoronamentos.....	25
4.1.3. Tombamento.....	28
4.1.4. Deslizamentos	30

v

4.1.4.1. Deslizamento planar	32
4.1.4.2. Deslizamento em cunha.....	33
4.1.5. Espalhamento	34
4.1.5.1. Espalhamento Lateral	35
4.1.6. Escoamento	35
4.1.6.1. Fluxo de detritos	36
4.1.6.2. “Lahars” (Fluxo de Detritos Vulcânicos)	36
4.1.6.3. Avalanche de Detritos	37
4.1.6.4. Fluxo de Terra.....	37
4.1.7. Fluxos Lentos de Terra (Rastejos - Creep)	38
4.2. Medidas de estabilização de taludes e vertentes	39
4.2.1. Medidas de estabilização	40
4.2.3. Drenagem	40
4.2.4. Vegetação.....	43
4.2.5. Muros de suporte	44
4.2.6. Muros de pedras e de gabiões.....	45
4.2.7. Ancoragens e Pregagens.....	47
4.2.8. Terra armada e betão projectado	49
5. Estudo de estabilidade de vertentes na área da Comuna da Catumbela- Povoação do Biópio -Açucareira 1º de Maio.....	52
5.1. Caracterização dos taludes.....	52
5.2. Considerações sobre a caracterização dos taludes e medidas protectoras e de estabilização dos taludes.....	62
5.3. Propostas.....	66
6. Referências Bibliográficas.....	67

Índice de figuras

	Página
Figura 1.1 - Ponte da povoação do Biópio-Açucareira 1º de Maio.	1
Figura 1.2 - Ponte sobre o rio Catumbela, Povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.	1
Figura 1.3 - Barragem hidroeléctrica na povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.	3
Figura 1.4 - Casa das máquinas da barragem na povoação do Biópio Açucareira 1º de Maio S.A.R.L.	3
Figura 1.5 – Localização da barragem do Biópio.	4
Figura 2.1 - Clima da região.	7
Figura 2.2 – Extracto da Carta Geológica à escala 1:100000 folha 227/228 – Lobito com enquadramento da área estudada.	8
Figura 3.1 – Tipologia urbana e suburbana da área em estudo.	13
Figura 3.2 - Agricultura representando uns dos potenciais económicos da Povoação do Biópio-Açucareira 1º de Maio	14
Figura 3.3- Gado bovino no rio Catumbela acabando de beber água na povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.	15
Figura 3.4 - Fonte de economia para a população: gado caprino aviários.	16
Figura 3.5 - Análise de processos geodinâmicos.	19
Figura 3.6 – Esquema representativo de riscos e perigosidade.	21
Figura 3.7 – Seriação do nível de risco.	22
Figura 4.1 – Deslizamento em La Conchita, EUA, Dezembro de 2005 Markk Reid, U.S. Geological Survey, referido em Highland, L. M e Bobrowsky, P., 2008).	23
Figura 4.2 – Esquema tipo de um deslizamento circular e respectiva terminologia (Varnes, 1978 referido em Highland, L. M e Bobrowsky, F 2008).	24
Figura 4.3 – Esquema de um desmoronamento (Cruden and Varnes, 1996, referido em Highland e Bobrowsky, 2008).	25
Figura 4.4 – Desmoronamentos: a) primários (rochas e solos) e b) secundários (Hutchinson, 1988).	26
Figura 4.5 - Esquema de desmoronamentos por formação de uma consola.	26
Figura 4.6 – Consola no Sítio, Nazaré.	26
Figura 4.7 - Possíveis trajectórias dos blocos que se desprendem de um	28

talude	
Figura 4.8 - Tombamento em Fort St. John, British Columbia, Canadá (Bianchi Fasani, referido em Highland e Bobrowsky., 2008).	29
Figura 4.9 - Tombamento de blocos.	29
Figura 4.10 - Esquema de um deslizamento rotacional (Cruden e Varnes, 1996, referido em Highland e Bobrowsk., 2008).	30
Figura 4.11 - Deslizamento rotacional.	31
Figura 4.12 – Deslizamento translacional que ocorreu em 2001 no Vale do rio Beaton, British Columbia, Canada. (Réjean Couture, referido em Highland e Bobrowsky, 2008)	32
Figura 4.13 – Esquema de um deslizamento translacional (de blocos).	32
Figura 4.14 – Esquema de um deslizamento planar. Adaptado de Klich, 1999.	33
Figura 4.15 – Esquema de um deslizamento em cunha. (adaptado de Cruden e Varnes, 1996).	33
Figura 4.16 – Deslizamento em cunha na I-40, Tennessee, EUA (Moore, 1986).	34
Figura 4.17 – Esquema de um espalhamento lateral.	35
Figura 4.18 – Esquema de um fluxo de detritos.	36
Figura 4.19 – Esquema de uma avalanche de detritos	37
Figura 4.20 – Esquema de um fluxo de terra.	37
Figura 4.21 – Esquema de um creep.	38
Figura 4.22 – Esquema de um creep.	39
Figura 4.23 – Valetas drenantes nas Ómnias, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.	40
Figura 4.24 - Drenos na encosta da margem esquerda da barragem da Raiva. Créditos fotográficos A. Saraiva.	41
Figura 4.25 - Galeria drenante na encosta das Portas do Sol, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.	41
Figura 4.26 - Máscara drenante na A8. Créditos fotográficos A. Saraiva.	42
Figura 4.27 – Obras de estabilização na encosta das Portas do Sol, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.	42
Figura 4.28 - Muro ancorado (Coimbra).	44
Figura 4.29 - Muro ancorado. Praça da portagem A1 - Alverca. Créditos fotográficos A. Saraiva.	45
Figura 4.30 – Muro de pedras. Linha CF da Beira Baixa em Vila Velha de	45

Ródão. Créditos fotográficos A. Saraiva.	
Figura 4.31 - Muro de gabiões IP3, km 61. Créditos fotográficos A. Saraiva.	46
Figura 4.32 – Ancoragem (adaptado de Pinelo, 1980, referido em Mariana Rodrigues Carvalho, 2009).	47
Figura 4.33 – Cabeça de ancoragem sem protecção. Créditos fotográficos A. Saraiva.	48
Figura 4.34 – Muro ancorado em Entre-os-Rios. Créditos fotográficos A. Saraiva.	48
Figura 4.35 - Aplicação de betão projectado, por via húmida, numa caixa de falha.	50
Figura 4.36 - Betão projectado e drenos sub-horizontais (CREL).	50
Figura 5.1 – Localização dos taludes 3 a 9	52
Figura 5.2 - Talude 1 ao longo da estrada Lobito Sumbe e/ou Huambo.	53
Figura 5.3 - Talude 2 ao longo da estrada Lobito Sumbe e/ ou Huambo.	54
Figura 5.4 - Talude 3 ao longo da picada nas proximidades da ponte da povoação.	55
Figura 5.5 – Cones de dejecção no talude 3.	55
Figura 5.6 - Talude 4 junto à ponte da Povoação sobre o Rio Catumbela.	56
Figura 5.7 - Talude 4 junto à ponte da Povoação sobre o Rio Catumbela.	56
Figura 5.8 – Vista global do talude 5 nas imediações da zona urbana da Comuna da Catumbela Povoação do Biopio- Açucareira 1º de Maio.	57
Figura 5.9 – Talude 5.	57
Figura 5.10 - Talude 7 na zona de captação de água para a central hidroeléctrica.	58
Figura 5.11 - Talude 7 junto ao canal adutor para a central hidroeléctrica.	59
Figura 5.12 - Disjunção esferoidal em doleritos.	59
Figura 5.13 - Dobras nos gneisses..	60
Figura 5.14 -Talude 8 junto à barragem e canal de adução às condutas forçadas da central hidroeléctrica.	60
Figura 5.15 -Talude 9 junto à localidade de Camuringue da ponte.	61
Figura 5.16 - Instabilização devida à movimentação de blocos de rocha.	62
Figura 5.17 -Tipo de vegetação existente nos taludes.	64
Figura 5.18 - Tipos de instabilidade reconhecidas.	64
Figura 5.19 - Causas externas de instabilidade de taludes.	65

Índice de quadros

Quadro 1.1 - Dados técnicos dos grupos geradores.	4
Quadro 3.1 - Principais rios e respectivas barragens.	11
Quadro 4.1 – Classificação das velocidades dos deslizamentos.	25
Quadro 5.1 - Factores que influenciam os movimentos de massas.	63
Quadro 5.2 – Resumo de dados decorrentes da instabilização nos taludes estudados.	65

1. Introdução

1.1. Localização de Camuringue nome antigo, actualmente Comuna da Catumbela Povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio

A região onde se localiza a barragem do Biópio e na qual me propus realizar o trabalho de investigação científica, situa-se nas imediações do rio Catumbela. A jusante da barragem do Biópio há uma ponte com piso em madeira (figuras 1.1 e 1.2) e num estado a requerer obras de conservação/beneficiação.



Figura 1.1 - Ponte da povoação do Biópio-Açucareira 1º de Maio.



Figura 1.2 - Ponte sobre o rio Catumbela, povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.

De modo a obtermos informações consideradas relevantes sobre a área em estudo contactámos o Administrador Senhor José Francisco, o Soba Senhor Daniel Sessa Belchior e o Conselheiro para os assuntos sociais e económicos Senhor Domingos Fernando e ao mesmo tempo trabalhador, desde Julho de 1966 na empresa açucareira 1º de Maio, ex-Cassequel.

1.2. Objectivos

Pretendemos analisar no seu todo, a vivência das populações, a sua situação socioeconómica e estudar e caracterizar a instabilidade dos taludes da Comuna da Catumbela povoação do Biópio – Açucareira 1º de Maio, Ex- Camuringue da ponte.

A Universidade de Coimbra, através do Departamento de Ciências da Terra propôs-me este tema. Fiquei muito grato por ir desenvolver um trabalho numa área ainda não investigada.

Este trabalho tem por objectivo fazer uma abordagem geral a respeito de movimentos sobre taludes junto às encostas do rio Catumbela, na povoação do Biópio (comunidade de Camuringue).

1.2.1. Objectivos gerais

- Investigar as causas que estão na base da instabilidade de taludes nas encostas do rio Catumbela a jusante do aproveitamento hidroeléctrico do Biópio

1.2.2. Objectivos específicos

- Identificar soluções de mitigação dos impactos ambientais provocados pelos movimentos de terra e escorregamentos.
- Avaliar detalhadamente todos os factores evolutivos, naturais, biológicos e antrópicos em torno da estabilidade destes taludes.
- Caracterizar, de uma forma geral, os fenómenos na origem da instabilidade de taludes no povoado de Camuringue
- Descrever todos os aspectos evolutivos no processo de instabilidade de taludes.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos: o primeiro faz alusão à introdução e a características da barragem do Biópio, No segundo capítulo faz-se a caracterização física e geológica da área em estudo, no terceiro referências às barragens nos principais rios de Angola e a caracterização social e económica. No capítulo 4 tecem-

se considerações sobre a estabilidade de taludes e vertentes e no quinto capítulo uma análise da estabilidade de vertentes na área da Comuna da Catumbela- Povoação do Biópio -Açucareira 1º de Maio.

1.4. Barragem do Biópio

A barragem do Biópio (figura 1.3), bem como a central hidroeléctrica, foram construídas nos anos 50 pela empresa inglesa England Brush Electrical Engineering Ltd.



Figura 1.3 - Barragem hidroeléctrica na povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.

A central hidroeléctrica do Biópio está equipada com 3 grupos geradores (figura 1.4) com as características apresentadas no quadro 1.1.



Figura 1.4 - Casa das máquinas da barragem na povoação do Biópio-Açucareira 1º de Maio S.A.R.L.

Output K.V. A	562.5	Contract	Nº 0.1/ 4.4159
Power	0.8	Machine	Nº 441591
Speed	600	Frame	S. 5060
Volts	500	Ecitation Volts	83
Amps	650	Exciting Amps	81
Phases	D	Rating	C M R
Frequency	50	Specn	B.S.S. 2613/ 1957
Data		1965	

Quadro 1.1 - Dados técnicos dos grupos geradores.

A barragem tem uma altura de 2,55 m e um desenvolvimento do coroamento de 350 m. Devido ao facto de a central hidroeléctrica estar fora de serviço e de o rio levar um caudal significativo, o açude estava sendo galgado à data das visitas efectuadas. Na figura 1.5 apresenta-se a localização da barragem do Biópio.

Algumas informações relativas a esta barragem foram dadas, em 2013, pelo senhor Sérvulo Pereira Pina, Ex-Diretor da Açucareira 1º de Maio, actualmente responsável do Instituto de Desenvolvimento Industrial de Angola (I.D.I.A), na Província de Benguela nomeado pelo Despacho nº 43/09 ao abrigo do nº3 do artigo 114º, pelo Ministro da Industria, Geologia e Minas Joaquim David. Disse que, com a extinção da Açucareira, todo património da barragem passou a pertencer ao Instituto de Desenvolvimento Industrial de Angola (I.D.I.A).



Figura 1.5 – Localização da barragem do Biópio.

A pequena barragem de Camuringue que data dos anos 40, só entrou em funcionamento no ano de 1952 e tinha como objectivo o fornecimento de energia eléctrica às fábricas de açúcar, álcool, oficinas de bombagem, bairro do morro, Hospital de S. Pedro, bem como até as Bimbas arredores de Benguela. Mas no decorrer dos tempos a central hidroeléctrica foi sofrendo sucessivas paralisações..

O primeiro grupo gerador teve a sua paralisação no ano de 1992, o segundo em 2004 e finalmente o terceiro no ano de 2011. Este último foi sobrevivendo a algumas reparações que adiaram um pouco a sua saída de serviço.

2. Caracterização física e geológica da área em estudo

2.1. Clima

Segundo Thorntwaite, do ponto de vista climático, a região estudada fica quase totalmente incluída na região árida do sudoeste de Angola com clima mesotérmico ao longo da faixa litoral a sul de Benguela e megatérmico a norte desta cidade e em toda extensão interior.

Duma forma geral, o clima de Angola é fortemente influenciado por um conjunto de factores, dos quais se destacam a latitude (6°S a 18°S), a altitude, a orografia, a corrente fria de Benguela e as bacias hidrográficas do Zaire, Zambeze, Kwanza, Cubango e Cunene.

Segundo Koppen na sua classificação " Litoral Sul" reparte-se, fundamentalmente por dois tipos climáticos: BWh' (clima seco e desértico quente), correspondente à faixa litoral que se desenvolve a sul da Lucira, e BWh' (clima seco, desértico, muito quente) na restante área. A vasta superfície de fáceis desértica, o prolongamento do " Namib Dessert" do Sudoeste Africano, desenvolvem-se sensivelmente para oeste do meridiano da Lucira e prolonga-se até à fronteira sul, passando pelo Iona.

Nesta faixa ocidental a média das precipitações anuais é inferior a 100 mm e todos os meses do ano se podem considerar como sendo secos. A característica mais notável desta orla litoral desértica reside nos elevados valores da humidade relativa do ar (médias anuais excedendo os 70%) que são marcantes para sul do Coporolo e a sudeste do Biópio e até ao Cunene.

A estação de chuvas tem precipitações que não excedem os 350 mm. Quanto à temperatura média anual é de considerar que em grande parte a zona está envolvida nas isotermas dos 23°C e 24°C, registando-se os valores mais elevados a oriente duma linha que coincide sensivelmente com o meridiano do 12° 30'.

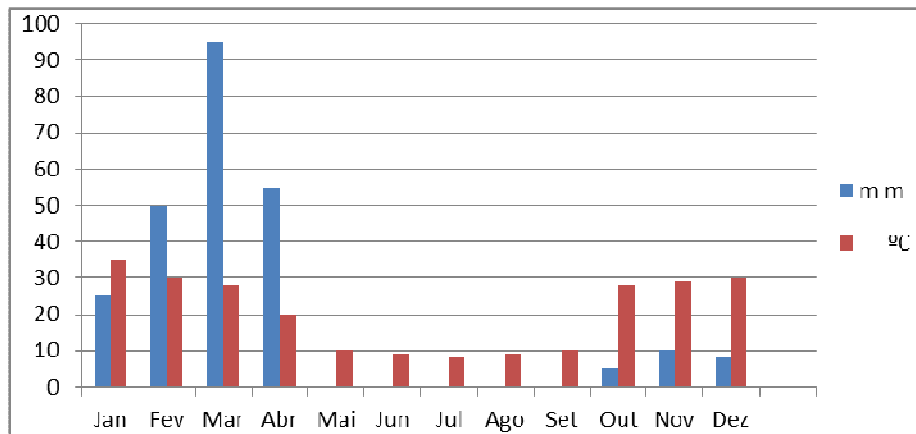


Figura 2.1 - Clima da região.

2.2. Geomorfologia

Em toda área em estudo, verificamos haver três zonas distintas: A faixa litoral, talhada em rochas sedimentares e que se estende ao longo da costa com desenvolvimento irregular, podendo atingir uma a duas dezenas de quilómetros. A outra situação mais para oriente, constituída por uma faixa, grosseiramente paralela à primeira, com largura compreendida entre quinze a vinte quilómetros, formada numa superfície em depressão (baixa dos gnaisses) é constituída por rochas do Complexo Metamórfico em que predominam gnaisses, migmatitos xistos e rochas vulcânicas do tipo doleritos, podendo encontrar-se alguns testemunhos de rochas gabróicas.

Uma terceira zona, mais para o interior, com largura aproximada de dez a quinze quilómetros, é constituída essencialmente por rochas eruptivas que se destacam entre o planalto antigo e a faixa metamórfica, caracteriza-se por um rejuvenescimento do relevo. É nestas zonas que se encontram as maiores altitudes da região. O tipo de rocha dominante é o granito de grão médio e grosseiro. As formações sedimentares que se estendem de Norte a Sul, ao longo do litoral de Angola, formam, no seu conjunto, uma planície marítima típica.

Duma forma geral, as formações costeiras terminam a Ocidente por uma escarpa abrupta, com cerca de 40 metros em média, sensivelmente uniforme interrompida na confluência com os vales de erosão que desembocam para o mar. Na região entre o Lobito e Benguela e outros locais, assim como no Biópio em menor extensão, formam-se baixas costeiras constituídas por terrenos planos que se elevam alguns metros apenas acima do nível do mar.

Além desta superfície, encontramos mais para a interior uma outra de altitude aproximada 500 metros acima do nível do mar. A extensão das formações cretácicas, é limitada para o interior, pela grande superfície em depressão, formada por rochas mais antigas que constituem o Complexo Metamórfico.

2.3. Enquadramento geológico da área em estudo

2.3.1. Geologia regional

Podemos considerar dentro da área das folhas nº 227/ 228 (Lobito), três zonas perfeitamente distintas dentro da geologia regional.

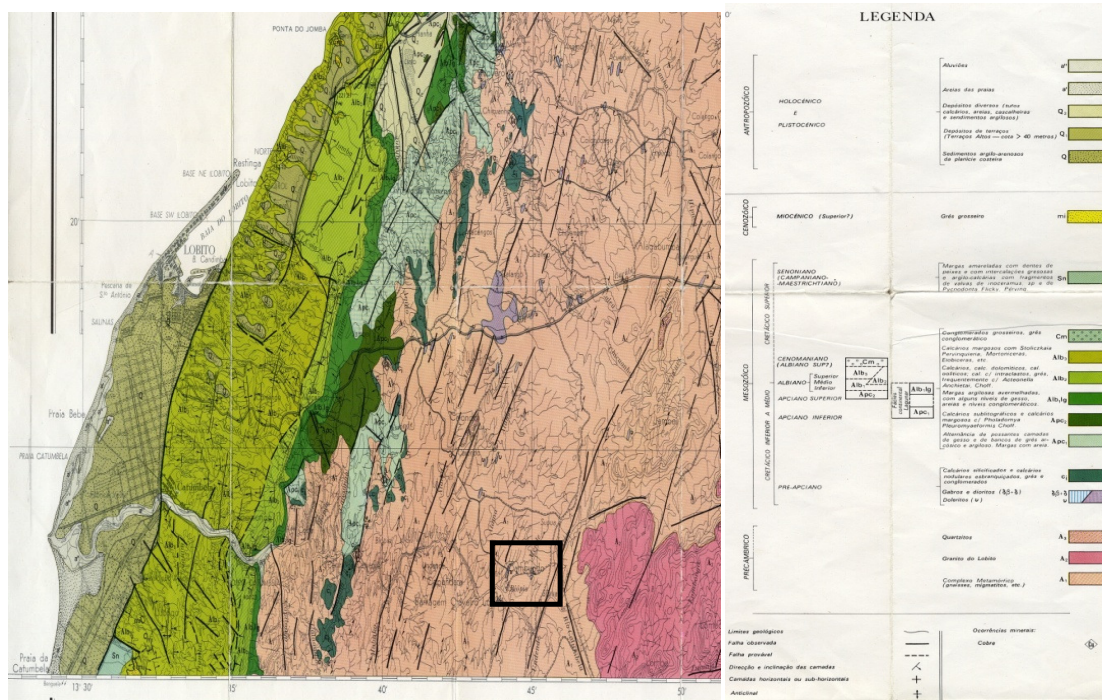


Figura 2.2 – Extracto da carta geológica à escala 1:100000 folha 227/228 – Lobito com enquadramento da área estudada..

A primeira constituída por uma faixa que estende-se de Norte a Sul da carta, junto a costa, formada por rochas sedimentares cujas idades vão de quaternário recente à base do Apciano.

A segunda zona que foi designada por Complexo Metamórfico, e que ocupa uma área abatida, situada entre as rochas graníticas da faixa oriental da carta e a ocidente, as rochas sedimentares. As rochas do Complexo Metamórfico formadas por gnaisses, granito-gnaissicos e xistos, foram consideradas de idade mais antigas dentro da geologia regional, provavelmente Précâmbrico. O Complexo Metamórfico está cortado

por numerosos diques de rochas dibásicas de direcção predominante NE-SW. Também nota-se a existência de corpos intrusivos de rochas de tipo gabros e dioritos. A idade destas rochas é incerta, mas consideramos serem Pré-Apicianas ou mesmo já Apicianas.

A terceira zona, formada pelos granitos da faixa oriental da carta, considera-se de idade compreendida entre a base do Apciano e a idade das rochas do Complexo Metamórfico.

3. Barragens nos principais rios de Angola. Caracterização social e económica

O território pode ser dividido em seis áreas geográficas:

- A faixa costeira;
- As zonas de transição para o interior;
- Os relevos intermédios;
- Os planaltos;
- A bacia do Zaire;
- A bacia dos rios Zambeze e Cubango. .

Aproximadamente 65% do território está situado a uma altitude entre 1000 e 1600 metros, com os pontos culminantes na região central: monte Moco (2620 metros, na província do Huambo) e o monte Meco (2583 metros). Os principais rios do país surgem do planalto central e correm em três direcções: o Atlântico (E-O), S-SE e Norte. As grandes bacias hidrográficas são cinco e correspondem:

Aos rios Congo (Zaire), Kwanza, Cunene, Cubango e Queve (sendo a bacia do Cubango a mesma que a do Zambeze). Devido ao relevo, a maior parte dos rios angolanos que desaguam no Oceano Atlântico não são navegáveis numa grande parte dos seus cursos. Angola tem feito o seu aproveitamento com a construção de barragens. Estas barragens destinam-se, fundamentalmente, à produção de energia eléctrica, tão necessária à modernização e industrialização do país. Também servem como reservatórios de água para a irrigação das culturas agrícolas, fornecimento de água às populações e ao aproveitamento turístico. O fornecimento de energia eléctrica é feito por três sistemas principais:

- Norte: que alimenta as províncias de Luanda, Bengo, Cuanza Norte, Malanje e Cuanza Sul
- Centro: que serve as províncias de Benguela, Huambo e parte do Bié
- Sul: que fornece Cuando Cubango, Huila e Namibe

As principais barragens e respectivos rios são (quadro 2.1):

- a) Capanda, no rio Kwanza, Província de Malanje;
- b) Cambambe e Laúca, no rio Kwanza, Província do Kwanza-Norte;
- c) Matala, no rio Cunene, província da Huila;
- d) Biópio e Lomaum, no rio Catumbela, província de Benguela;

- e) Mabubas, no rio Dande, província do Bengo;
- f) Luachimo, no rio Luachimo, na província da Lunda Norte e por último
- g) Gove, no rio Cunene, Província do Huambo.

A barragem do Gove, no rio Cunene, Província do Huambo, foi reabilitada e reinaugurada em Agosto de 2012, com um projecto desenvolvido pela COBA. Há mais de 20 anos que as cidades do Huambo e Bié são abastecidas de energia eléctrica produzida por grupos geradores térmicos, devido ao conflito armado que se impunha.

Barragem	Rio	Província	Nascente	Km	Foz
Biópio	Catumbela	Benguela	Ganda	240	Oceano Atlântico
Cambambe	Kwanza	Kwanza Norte	Bié	960	Oceano Atlântico
Capanda	Kwanza	Malanje	Bié	960	Oceano Atlântico
Gove	Cunene	Huambo	Huambo	1200	Oceano Atlântico
Laúca	Kwanza	Kwanza Norte	Bié	960	Oceano Atlântico
Lomaum	Catumbela	Benguela	Ganda	240	Oceano Atlântico
Luachimo	Luachimo	Lunda Norte			Rio Zaire
Ma bubas	Kwanza	Bengo	Bié	960	Oceano Atlântico
Matala	Cunene	Huíla	Huambo	1200	Oceano Atlântico

Quadro 3.1 - Principais rios e respectivas barragens.

Rio Kwanza - As barragens e os açudes permitem também a produção de energia eléctrica ao longo do rio. O projecto de construção da barragem de Capada, começou em Setembro de 1982, quando foi criado um consórcio formado pelas empresas Technomexport, da Rússia e Odebrecht do Brasil. As obras tiveram início em Fevereiro de 1987 e o seu término em janeiro de 2004, com dois dos quatro grupos geradores com uma potência de 260 MW de energia eléctrica, que permitiu reforçar o abastecimento de energia eléctrica a cidades de Luanda e Malanje, além da sede Municipal de Cacusso, onde se encontra implantado o empreendimento. Quando estiverem a funcionar os quatro grupos geradores previstos no projecto, a potência instalada deverá ser de 520 MW, permitindo um reforço dos sistemas já existentes no Centro e Sul do País, em que este aproveitamento hidroeléctrico ficará interligado.

Laúca - Localidade do Kwanza Norte. Está em construção um aproveitamento hidroeléctrico, na província do Kwanza Norte. Será a maior construída no País e terá a uma potência instalada de 2.067 MW. Vai gerar energia para o Norte e centro do País.

Ainda estão instaladas neste rio as barragens das Mabubas e de Cambambe, todas fornecendo energia eléctrica à cidade de Luanda e seus arredores.

Rio Catumbela, as centrais de Lomaum e Biópio, no rio Catumbela, servem as províncias do centro, como Benguela, Huambo e Bié. Segundo Paulo Cornélio Jesse (2009), Diretor Provincial da Energia e Águas, Geologia e Minas. Os trabalhos de reabilitação e ampliação das barragens hidroeléctricas do Lomaum e Biópio, na província de Benguela vão a bom ritmo. Neste momento, acrescentou-se, a província, um reforço que está com uma produção de 39 megawatts, mas a capacidade instalada é de 56 megawatts, sendo 18 da central térmica do Biópio, nove da central hídrica do Biópio e 30 megawatts na subestação da Quileva, no Lobito.

Não obstante as províncias do Leste possuírem rios como o Zambeze e o Luachimo, o seu aproveitamento hidroeléctrico é deficiente. Apenas se sabe da energia eléctrica produzida pelas empresas mineiras de diamantes de Catoca.

Rio Cunene. A principal fonte de energia do Sul está na central de Matala, situada sobre o mesmo rio. A barragem do Gove no Huambo, concluída em 1975, actualmente reabilitada tem uma potência instalada de 60 MW, entrou em funcionamento em 2012. A barragem da Matala, situa-se a 225 km a jusante da barragem do Gove, que foi concluída em 1954, e que foi reabilitada com uma potência de 51MW, entrou em funcionamento em 2010.

3.1. Tipologia urbana e desenvolvimento de movimentos, riscos geológicos e influência do tipo de material

Em qualquer parte da superfície terrestre a gravidade «empurra» continuamente os materiais para níveis inferiores. Os problemas que apresenta a estabilidade de taludes, tanto naturais como de escavação, tem sido objecto de análises em vários domínios da actividade humana e com especial atenção por vezes incluídos a engenharia civil.

A influência do tipo de material e a sua natureza intrínseca mantêm uma estreita relação com o tipo de instabilidades que podem produzir-se, condicionando e podendo estimar-se de antemão a susceptibilidade de cada material, a que se desenvolve um movimento determinado.

A instabilidade pode desenvolver-se quer em maciços rochosos quer em maciços terrosos. No primeiro grupo a estabilidade é muito condicionada pela fracturação e

pelas suas características. Os solos constituem um agregado de partículas sólidas com diferente grau de consolidação, que podem desenvolver-se «in situ» formando uma cobertura de mosaicos rochosos e /ou pode haver sofrido um certo transporte, os efeitos produzidos por movimentos indesejados do terreno.

A respeito da tipologia urbana (figura 3.1), na prática temos dois tipos de construção, a



Figura 3.1 – Tipologia urbana e suburbana da área em estudo.

saber o modernismo e o típico tradicional. Uma grande parte das habitações foram construídas em zonas de risco, principalmente aquelas com material de palmeiras por baixo das vertentes e/ou taludes, tal como se observa nas imagens.

3.2. Características geográficas, económicas e sociais da Comuna da Catumbela, Povoação do Biópio- açucareira 1º de Maio

A Comuna da Catumbela Povoação do Biópio, situa-se numa região montanhosa atravessado pelo rio Catumbela a sudoeste da sede da cidade do Lobito e tem características urbanísticas muito desfasadas, pois as suas casas estão construídas desordenadamente, não obedecendo aos critérios de urbanização; o terreno é totalmente acidentado pelo relevo com declives, escarpas e vertentes por vezes acentuadas. Os materiais de construção são diversificados desde o “pau-a-pic”, adobe até ao bloco.

Economicamente a localidade é pobre, as actividades principais alicerçam-se na agricultura e na pecuária. Na faixa periférica do interior, a criação de gado bovino está essencialmente ligada à vida local. A tribo do grupo étnico Umbundo, de largas

tradições pastoris, manifesta uma adaptação aos condicionalismos do meio ambiente que é verdadeiramente notável. A maior parte dos povos são pastores, outras tribos bantus disseminaram-se muito esparsamente pela zona do Litoral Sul, quase que se concentrando no interior. Às áreas sob influência dos vales dos rios principais (umbundos do rio Balombo até ao Cabo da Santa Maria e hereros desde este ponto até ao Cunene).

No aspecto agrícola (figura 3.2) há que atender que as áreas de possível utilização agrícola são muito restritas, a bem dizer confinadas às manchas aluviais do rio Catumbela. Estes são locais privilegiados quanto ao seu potencial agrícola, verdadeiros oásis. Os terrenos verdejantes implantados num meio extremamente árido e ressequido, são susceptíveis de proporcionar elevadas produções unitárias, desde que a exploração agrícola se possa apoiar no regadio, aliás facilmente alimentável a partir de abundantes mananciais aquíferos, que ocorrem a maior ou menor profundidade.



Figura 3.2 - Agricultura representando uns dos potenciais económicos da Povoação do Biópio-Açucareira 1º de Maio.

Alguns dos mais importantes núcleos de culturas regadas da região em estudo, estão estabelecidos nesta zona agrícola: cana sacarina, bananeiras, milho e outros produtos agrícolas, nas baixas aluviais do Catumbela.

Dignos de menção são os centros urbanos do Lobito e Benguela, e bem assim a orla marítima compreendida entre as duas primeiras cidades, pela sua elevada

concentração populacional, constituindo interessantes pólos de atracção presentemente em fase de franco desenvolvimento.

A prática da transumância é tradicional no maneio do gado, encaminhando e distribuindo as suas manadas, nos períodos de seca, pelas áreas melhor providas quanto a recursos aquíferos e pascigosos.

No sector empresarial, a pecuária tem adquirido nos últimos anos acentuada retracção na área, tendo aí falido diversos empresários que se dedicavam essencialmente à criação de gado bovino e caprino (figuras 3.3 e 3.4) em regime extensivo, ficando mais confinado ao gado caprino dada a expressividade montanhosa, desértica e árida da região. Não possui indústrias, nem mesmo os bens de serviços básicos e as populações são obrigadas a deslocarem-se a grandes distancias para as capitais sede entre Lobito ou Catumbela, na procura desses serviços.



Figura 3.3 - Gado bovino no rio Catumbela acabando de beber água na Povoação do Biópio- Açucareira 1º de Maio.

Por falta de estradas em bom estado, as populações de Camuringue deslocam-se através de transportes privados, com acesso a picadas, os famosos moto-táxis «vulgo cupapatas». Na ausência do «Cupapata», tem-se como alternativa a caminhada, em direcção à estrada nº 100 que liga as províncias do Sumbe e Huambo, a uma distância de aproximadamente 4,7 km. A população vive momentos difíceis sem precedentes, precisa de uma intervenção do poder Administrativo, de modo a atenuar este mal.



Figura 3.4 - Fonte de economia para a população: gado caprino aviários.

Tomando em linha de conta que os solos da zona, duma maneira geral, possuem consideráveis limitações, como por exemplo falta de espessura, abundante pedregosidade, excesso de sais, dificuldades ou até impossibilidade de beneficiamento com o regadio, limitações esta que as tornam impróprios ou, quando muito de elevado condicionamento para utilização agrícola, compreender-se-á o elevado interesse que oferecem estas baixas fluviais, lembrando oásis implantados num meio excepcionalmente agreste.

Os solos aluviais têm predominância de texturas finas nas baixas do Balombo, Cubal da Hanha e Catumbela, enquanto nas de todos os outros rios, imediatamente a sul os solos com textura média e grosseira são os mais representativos.

Nas baixas aluvionares, exceptuando um pouco no Catumbela, o solo agrícola reduz-se frequentemente a delgada ou delgadas camadas de materiais finos, intercaladas por outras de textura grosseira, ou mesmo estas afloram constituindo manchas improdutivas

No entanto, quaisquer que sejam a sua espessura, os sedimentos são quase sempre enriquecidos por quantidades abundantes de minerais primários, de diversa

composição mineralógica, constituindo tal facto largo manancial de reserva nutritivas de plantas. Daí estes solos, quando dominados por sedimentos finos, caracterizam-se, dum modo geral, pelo seu elevado nível de fertilidade.

Os barros negros, são solos essencialmente argilosos, de cor negra ou pardo- escura, muito pegajosos e plásticos, em geral espessos, muito duros e fendilhando quando secos, estão representados no saliente sudeste em correspondência com os afloramentos de rochas básicas do complexo Gabro-Anortítico.

A aridez climática é causa duma sobreposição da alteração física sobre a química, pelo que, mesmo em relação às áreas de relevo favorável, aí se nos deparam solos de fraca espessura e quase sempre providos de abundante material rochoso fragmentado. Em contrapartida, a meteorização das rochas Básica, dando origem a um material impregnado de carbonato de cálcio, mas onde ainda distinguem-se a estrutura da rocha, é bastante intensa e profunda.

Quanto à vegetação, estão representados os principais agrupamentos vegetais que se distribuem na zona Litoral Sul. O factor que imprime maior carácter, no meio vegetal é o clima que pela acentuada aridez transmite-lhe fácies xerofítica muito notável, com larga dominância de espécies de folhagem reduzida e caduca, destacando-se a representação das espinhosas. Este rigor climático atinge a sua máxima expressão em toda a orla sudoeste. Aí se nos deparam espécies e associações vegetais típicas dos meios desérticos, onde apenas verificam-se condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal durante um reduzidíssimo período do ano, e fora dele a planta sobrevive em estado de aparente dominância, mercê da adaptação dos diversos órgãos à extrema secura do meio.

3.3. Riscos geológicos e hidrogeológicos na área da povoação- do Biópio-açucareiro 1º de Maio

A respeito de riscos hidrogeológicos, a água constitui um agente natural de maior incidência como factor condicionante e desencadeaste na aparição de instabilidade. Podem actuar de forma contínua com desigual importância, segundo a intensidade da corrente, produzindo escavações no sopé dos taludes que diminuem ou eliminam o seu suporte na base e incrementam o esforço de corte nos materiais. A acção dos rios incrementa-se notavelmente quando se modificam as condições normais do caudal e geometria. Assim, durante as fortes precipitações, a água aumenta seu poder erosivo e a sua escavação devido o carácter esporádico e tumultuoso.

As correntes intensas do rio também contribuem na modelação das escarpas costeiras, actuando como um factor instabilizador dos mesmos. Durante os períodos de turbulência, ou vagas sucessivas produz-se uma só escavação no sopé das escarpas.

O violento choque da queda com fragmento de pedras contra a encosta, produz uma degradação da estabilidade própria, dependendo da competência dos materiais. Também se produzem vibrações que podem ser um factor condicionante da estabilidade através de descontinuidades.

As águas subterrâneas, consideram-se como tais, as correntes e níveis subterrâneos e a água distribuída no interior da rede de fracturação de um maciço rochoso de forma intersticial nos solos, que condicionam a estabilidade dos mesmos. Exercem uma serie de dissoluções e outras mudanças físico- químicos no terreno, que diminuem as características resistentes dos mesmos. A chuva, constitui um factor desencadeante de instabilidades, contribuindo ao aumento de acções de diversos factores condicionantes: meteorização, acção de águas subterrâneas. O impacto das gotas de chuva sobre os solos produz salpicaduras que levantam e deixam cair as partículas, tendendo a transporta-las a seus níveis inferiores de vertente. Consequentemente, origina-se um terramoto sem a causa predominante de taludes.

3.4. Riscos geológicos, acção antrópica e acção biológica, tipologia perigosidade e desenvolvimento de movimentos

A actividade humana derivada por si, constitui uma das causas com grande incidência nos movimentos de taludes.

As escavações constituem um dos factores que mais contribuem para a instabilidade. Necessitam de um detalhado estudo que garantam a estabilidade de taludes criados. Produzem uma variação de estado de equilíbrio do terreno, traduzindo-se em subsidências, descalces de potenciais superfícies de deslizamento, desequilíbrio de massas.

A actividade biológica não constitui um factor determinante na estabilidade dos taludes, apesar de que condiciona, de forma notável, a acção de outros factores, que podem originar movimentos dos taludes. Há uma especial inter-relação que exerce a vegetação, nos seus aspectos positivos e negativos. A cobertura vegetal, e suas raízes ajuda manter a estabilidade dos taludes porque servirá de união entre os componentes dos solos.

A drenagem é o mecanismo de defesa e atenua a degradação superficial do mesmo, dificultando a acção de outros factores. No seu aspecto negativo, existem raízes capazes de desagregar o terreno e deslocar blocos de magnitude consideráveis devido a seus efeitos mecânicos em grutas e fissuras, actuando de modo em cunhas.

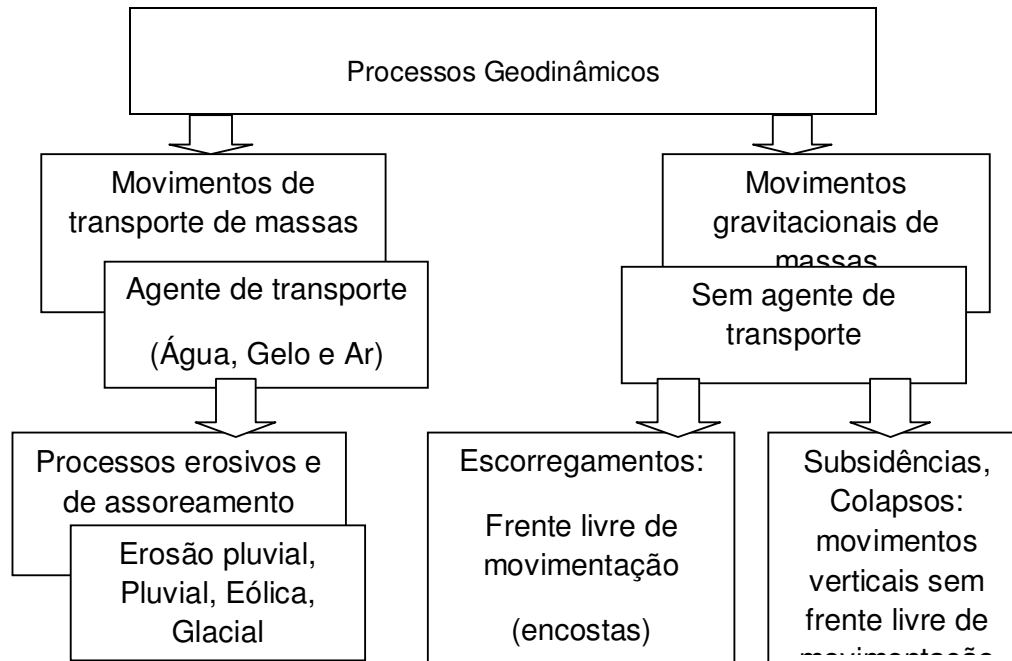


Figura 3.5 - Análise de processos geodinâmicos.

A desflorestação de certos taludes incide adversamente no regime de água nas capas mais superficiais, contribuindo na actuação de outros factores desestabilizadores.

A actividade de organismos animais, contribui em menor medida para o desencadear de instabilidades. Sobrecargas é factor condicionante dos movimentos que modificam o tornam natural em que produz-se desta acção. É o resultado do incremento de peso, devido a diversos tipos de construções, sobre o terreno natural. Bem como assim, a construção muito preenchida e terraplanagens, grande aprovisionamento de materiais de diversa índole.

Também pode produzir-se pelo peso da água infiltrada nos terrenos, como consequência de fugas em condições escapados, canais, e depósitos. O efeito produzido é geralmente um incremento do esforço do corte do terreno e quando se trata de solos com alto conteúdo em argila, origina-se um aumento da pressão intersticial. Desta forma modificam-se as condições de equilíbrio existentes no terreno, podendo dar-se diferentes tipos de movimentos. Existe uma relação de dependência

entre os distintos tipos de movimentos e suas consequências. Sim o emprego, desta dependência tem que materializar-se e aparecem conceitos como de riscos e perigosidades.

3.4.1. Risco Geológico

Pode ser definido como "situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não" (Cerri,1993) ". Os riscos geológicos são associados aos processos geológicos que podem estar relacionados predominante à geodinâmica interna ou externa.

Risco: Condição potencial de ocorrência de um acidente;" os fenómenos naturais não são riscos"; (risco geológico ou outra natureza) é o perigo potencial para a vida do homem e para suas propriedades." Perigo; qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade; a tendência moderna é substituir o termo por ameaça. Análise de Riscos: Metodologia que permite identificar uma ameaça, caracterizar e estimar sua importância com finalidade de definir alternativas de gestão do processo. A avaliação de risco compreende: identificação da ameaça; caracterização do risco; avaliação da exposição; estimativa de custo; definição de alternativa de gestão.

Nos movimentos de taludes há uma série de factores que influem nas consequências que podem originar. Destes factores são explícitos no esquema que se segue, de um modo geral destacam-se a velocidade, volume e frequência com que se produzem os movimentos dependendo de: pendente do talude; forma da rotura da superfície propriedades físicas dos materiais frequência com que podem aparecer determinados movimentos depende da repetitividade das circunstâncias que favoreçam as instabilidades.

O risco supõe a possibilidade de que se produza uma instabilidade, devido a determinadas circunstâncias. A perigosidade consiste em avaliar as consequências dessas instabilidades, a nível humano ou material.

Não é fácil apreciar o nível de risco para cada fenómeno. Normalmente quando coexistem vários tipos de fenómenos, se tratará de identificar o que tenha maiores riscos. Os níveis de riscos há que se apreciar avaliando todos os parâmetros determinantes de sua estabilidade: topografia, descontinuidades, hidrologia, etc.

Também há que compreender a possibilidade do movimento, a trajectória mais provável e os antecedentes da zona. Uma apreciação completa do nível de risco tem de compreender várias observações de possíveis fenómenos e sempre tenderá a carácter

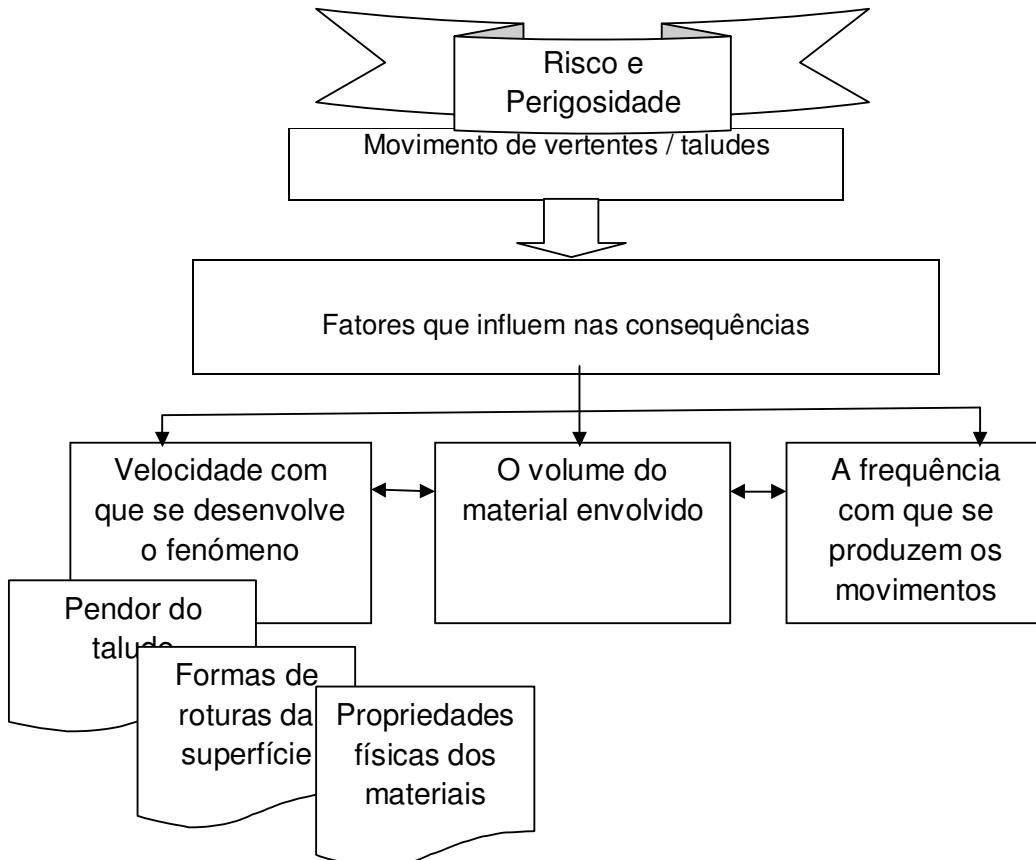


Figura 3.6 – Esquema representativo de riscos e perigosidade.

subjectivo. Os níveis de riscos podem dividir-se em quatro categorias: riscos débil, mediano, elevado e muito elevado.

O estabelecimento de um ou de outro nível de risco há-de basear-se em tabelas de síntese que facilitam e contemplam de forma sistemática os diferentes parâmetros. Os danos possíveis em questões humanas apresentam diversos níveis.

Também depende da velocidade com que se produza o movimento, e dos volumes envolvidos. Geralmente existe uma relativa inter-relação entre estes três aspectos. O

seguimento sistemático de um determinado movimento permite analisar a sua evolução e proporciona uma importante informação sobre sua perigosidade.

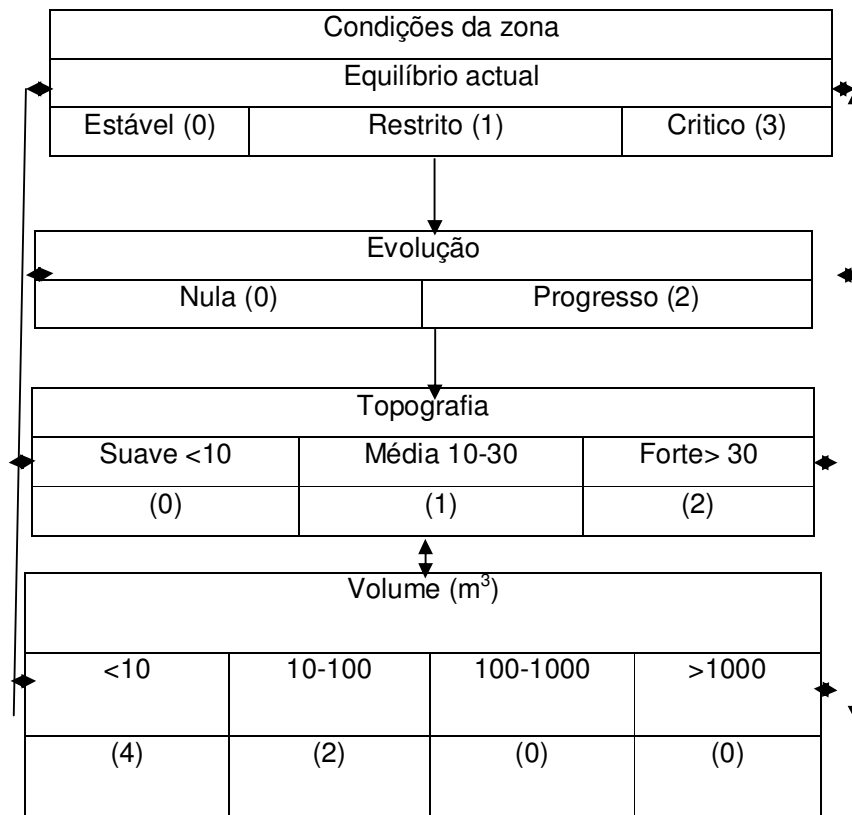


Figura 3.7 – Seriação do nível de risco.

4. Considerações sobre a estabilidade de taludes e vertentes

Talude natural é um declive abrupto, de altura variável, patente na paisagem, formado por acção dos agentes da natureza. Talude de escavação é todo o talude que resulta de uma escavação. A formação e história dos movimentos está frequentemente influenciado pelo factor tempo. É importante distinguir que o grau de actividade apresenta um determinado tempo de movimento. Podem distinguir-se os movimentos activos, potenciais e fósseis segundo o grau de crescimento de actividade. Estes últimos são os que não podem reativar-se em baixas condições climatológicas e morfológicas actuais.

Seguidamente há que identificar-se o tipo de movimento que se desenvolve devido a diversidade de movimentos nos taludes descrevem-se uma série de características, que os acompanham e permitem o seu reconhecimento, a superfície por onde desliza-se. O material deslizado pode estar aproximadamente em sua postura original, estando formada sua zona de acumulação por fragmentos de rochas de tamanho variável. O material apresenta-se muito distorcido na cabeça e sem signos de rotação, cujos pés apresentam rugas na superfície.

4.1. Classificação dos tipos deslizamentos e estabilidades de taludes e/ ou vertentes

Deslizamento (figura 4.1) é um termo genérico, que é utilizado para descrever o movimento de descida do solo, de rochas e material orgânico, sob acção da gravidade.



Figura 4.1 – Deslizamento em La Conchita, EUA, Dezembro de 2005 (Mark Reid, U.S. Geological Survey, referido em Highland e Bobrowsky, 2008).

Existem outros termos que são usados em alternativa ao termo “deslizamento”, e que incluem movimentos de massa, ruptura do talude, etc.

4.1.1. Morfologia e tipo de deslizamentos

Num deslizamento (figura 4.2) é possível distinguir-se várias partes, embora nem todas desenvolvam de igual forma nos diferentes tipos de deslizamentos. Os diferentes tipos de movimentos apresentam certos rasgos morfológicos que ajudam na sua identificação e estão condicionados pela classe de material e disposição do mesmo.

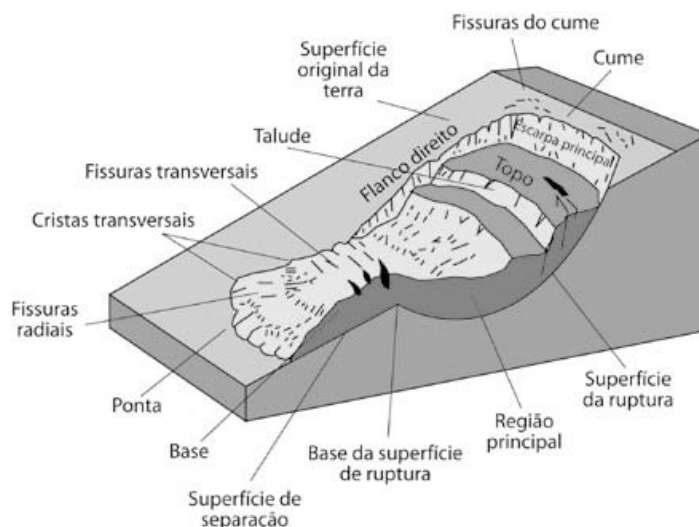


Figura 4.2 – Esquema tipo de um deslizamento circular e respectiva terminologia (Varnes, 1978 referido em Highland e Bobrowsky, 2008).

Um deslizamento é um movimento de descida de rocha, solo, ou ambos, em declive, que ocorre na ruptura de uma superfície — ruptura curva (escorregamento rotacional) ou ruptura plana (escorregamento translacional) — na qual a maior parte do material se movimenta como uma massa coerente ou semicoerente, com pequena deformação interna. Deve observar-se que, em alguns casos, os deslizamentos podem envolver outros tipos de movimentos, tanto no desencadeamento da ruptura ou posterior a ele, se as propriedades são alteradas durante o movimento do material.

Deslizamentos podem ser classificados em diferentes tipos com base na categoria de movimento e no tipo de material envolvido. Resumidamente, o material de uma massa deslizada é rocha ou solo (ou ambos). O tipo de movimento descreve a mecânica interna de como a massa se desloca: desmoronamentos (queda), tombamento (toppling), escorregamento, espalhamento ou escoamento.

A velocidade a que podem ocorrer as movimentações são variáveis. Cruden & Varnes (1996) adoptaram a seguinte classificação (quadro 4.1):

Classificação	Velocidade
Extremamente rápida	> 5m/s
Muito rápida	3 m/min – 5 m/s
Rápida	1,8 m/h – 3 m/min.
Moderada	1,3 mm/mês – 1,8 mm/h
Lenta	1,6 mm/ano – 1,3 mm/mês
Muito lenta	16 mm/ano – 1,6 mm/ano
Extremamente lenta	< 16mm/ano

Quadro 4.1 – Classificação das velocidades dos deslizamentos.

4.1.2. Desmoronamentos

Os desmoronamentos (figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6) consistem na queda de blocos de rochas que podem ter dimensões muito variáveis e ocorrer quer em taludes muito escarpados, quer em falésias.

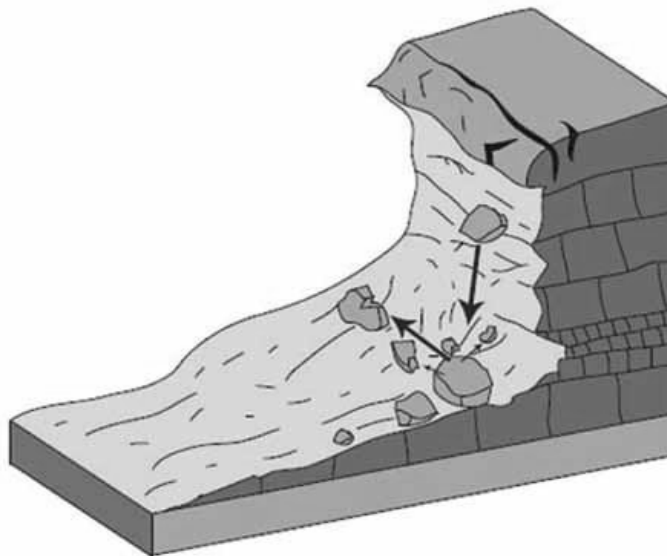


Figura 4.3 – Esquema de um desmoronamento (Cruden and Varnes, 1996, referido em Highland e Bobrowsky, 2008).

Um desmoronamento inicia-se com a separação do solo ou da rocha, ou de ambos, de um talude com uma inclinação muito elevada, ao longo da sua superfície, na qual

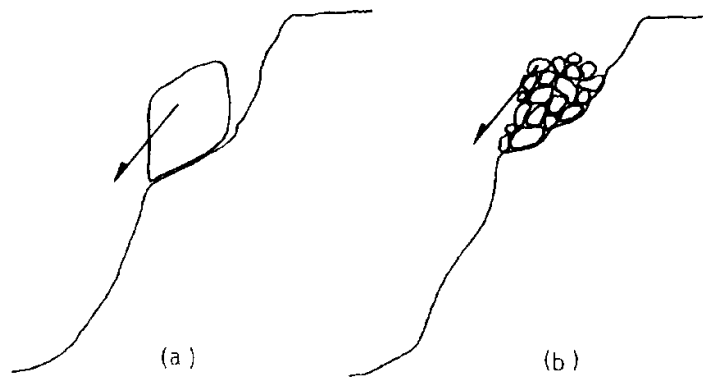


Figura 4.4 – Desmoronamentos: a) primários (rochas e solos) e b) secundários (Hutchinson, 1988).

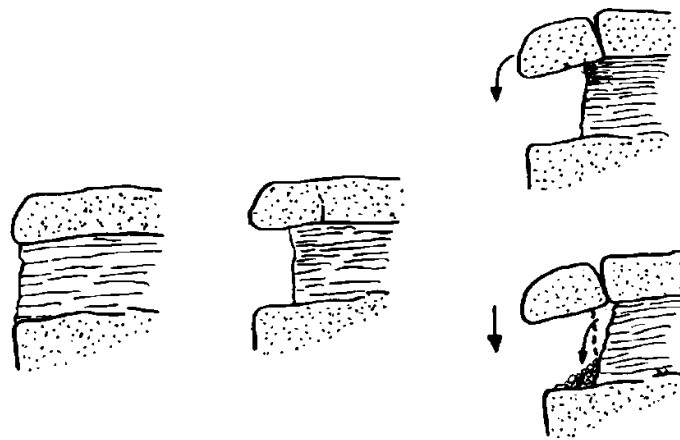


Figura 4.5 - Esquema de desmoronamentos por formação de uma consola.



Figura 4.6 – Consola no Sítio, Nazaré.

tenha ocorrido pouco ou nenhum deslocamento por cisalhamento. Posteriormente, o material vem abaixo, principalmente por queda, salto ou rolamento. O desmoronamento implica a existência de movimentos repentinos para baixo, de rocha ou terra, ou ambas, que se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos. O material que desce, geralmente acumula-se na base dos taludes num ângulo menor que o ângulo da queda, causando saltos. A massa em queda pode fracturar aquando do impacto, pode iniciar um rolamento em taludes mais íngremes e pode continuar até a cota mais baixa do terreno.

Um desmoronamento inicia-se com a separação do solo ou da rocha, ou de ambos, de um talude com uma inclinação muito elevada, ao longo da sua superfície, na qual tenha ocorrido pouco ou nenhum deslocamento por cisalhamento. Posteriormente, o material vem abaixo, principalmente por queda, salto ou rolamento. O desmoronamento implica a existência de movimentos repentinos para baixo, de rocha ou terra, ou ambas, que se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos.

Os desmoronamentos de blocos em maciços terrosos ou rochosos são normalmente governados por descontinuidades ou por acção da erosão quando se está na presença de camadas com resistências diferenciadas.

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, a ruptura pode processar-se por flexão e 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.

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.

Em função da inclinação do talude, os trajectos dos blocos resultantes dos desmoronamentos podem ser diferenciados (figura 4.7).

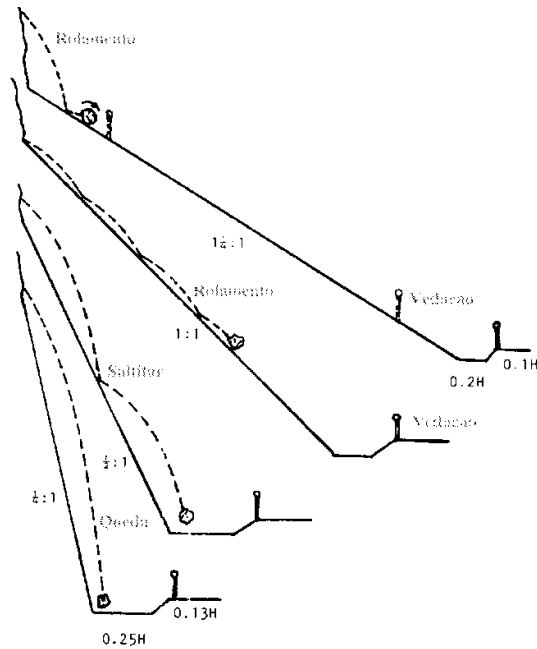


Figura 4.7 - Possíveis trajetórias dos blocos que se desprendem de um talude.

O volume de material em uma queda pode variar substancialmente, de rochas individuais ou torrões de solo a blocos maciços com milhares de metros cúbicos de volume.

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).

4.1.3. Tombamento

Um tombamento (toppling) (figuras 4.8 e 4.9) é identificado por uma rotação frontal de uma massa de solo ou rocha para fora do talude, em torno de um ponto, ou eixo, situado abaixo do centro de gravidade da massa deslocada. Os tombamentos são, às vezes, originados por acção da gravidade que actua sobre o material na parte superior da massa deslocada.

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 desenvolver-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 de 100 m^3 a mais de 1000 m^3 .



Figura 4.8 - Tombamento em Fort St. John, British Columbia, Canadá (Bianchi Fasani, referido em . Highland e Bobrowsky, 2008).

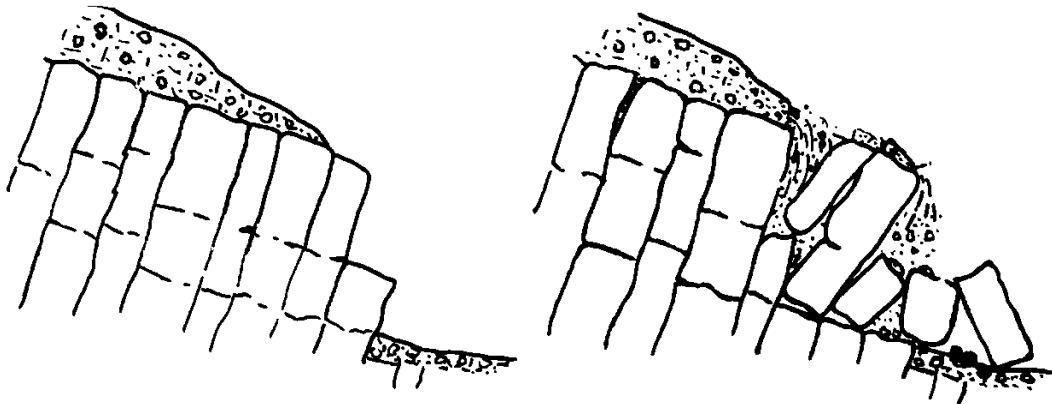


Figura 4.9 - Tombamento de blocos.

A velocidade varia de extremamente lenta a extremamente rápida, às vezes com aceleração durante o movimento, dependendo da distância do deslocamento.

O “toppling” pode desenvolver-se em maciços rochosos muito fracturados em que as fracturas permitem a formação de blocos prismáticos com uma altura significativamente superior e que por isso ficam com um centro de gravidade muito alto.

4.1.4. Deslizamentos

Nos deslizamentos, a massa de terreno desloca-se para fora e para baixo, ao longo de uma superfície mais ou menos plana ou suavemente ondulada, com pequenos movimentos de rotação. Podemos considerar a existência dos designados deslizamentos rotacionais e os deslizamentos translacionais

Os deslizamentos rotacionais (figuras 4.10, 4.11 e 4.12) são um tipo de deslizamento em que a superfície de ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) e o movimento de deslocamento é rotacional em torno de um eixo paralelo ao alinhamento do talude. A massa deslocada pode, sob certas circunstâncias, mover-se de modo relativamente coerente ao longo da superfície de ruptura e com pouca deformação interna. O topo do material deslocado pode mover-se quase que verticalmente para baixo e a parte superior desse material pode inclinar-se para trás em direção ao talude. Se o escorregamento for rotacional e possuir vários planos de movimento paralelos e curvos, é chamado “slump”.

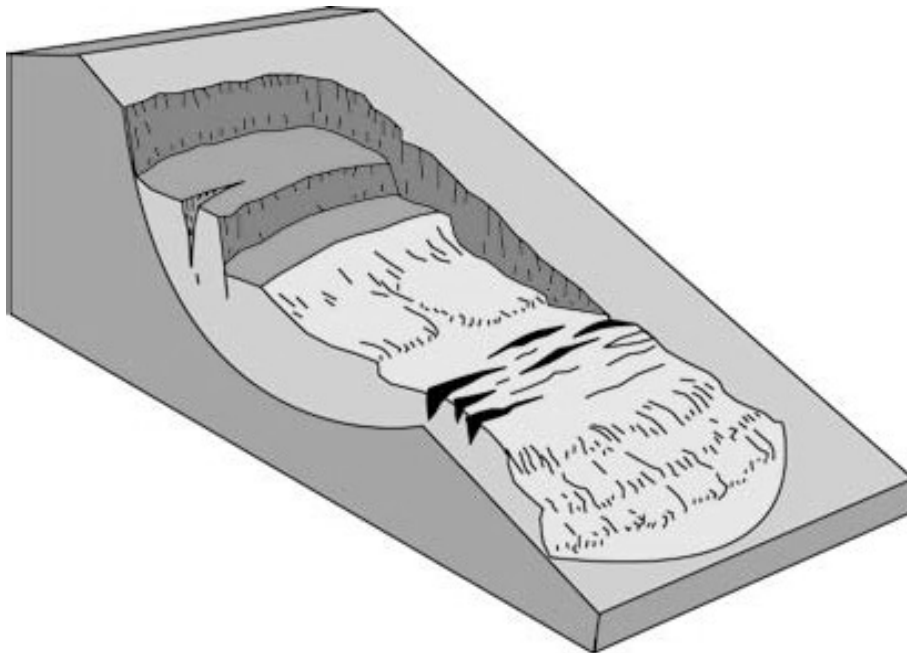


Figura 4.10 - Esquema de um deslizamento rotacional (Cruden e Varnes, 1996, referido em Highland e Bobrowsky, 2008).

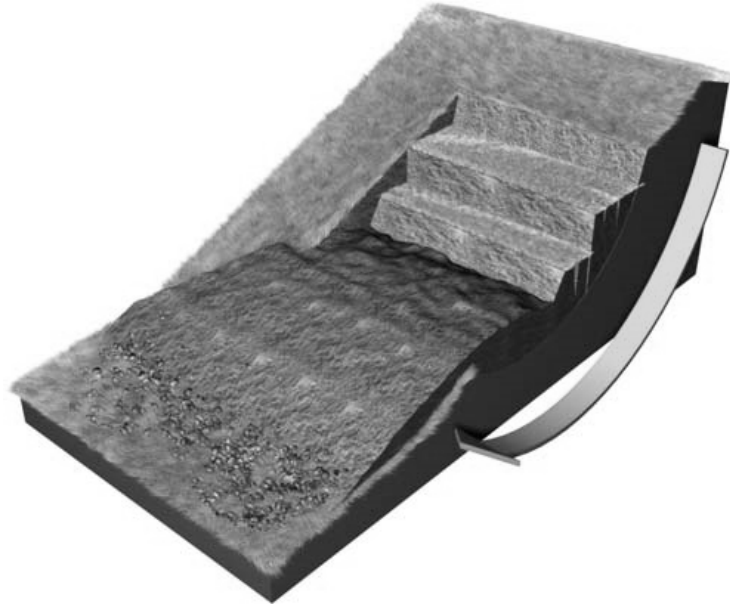


Figura 4.11 - Deslizamento rotacional.

Ocorre mais frequentemente em materiais homogêneos, sendo o tipo de movimentação mais frequente nos aterros.

A movimentação pode processar-se a velocidades com valores inferiores a 0.3 metros/5 anos, passando por valores da ordem de 1,5 metros/mês (moderadamente rápida a rápida).

Nos deslizamentos translacionais (figuras 4.12 e 4.13) a movimentação desenvolve-se para fora, ou para baixo e para fora, ao longo de uma superfície relativamente plana, com pequeno movimento rotacional ou inclinação para trás. Esse tipo de deslizamento pode progredir em distâncias consideráveis. Os deslizamentos translacionais comumente ocorrem ao longo de superfícies de descontinuidades tais como falhas, diaclases, estratificação, xistosidade ou contacto entre rocha e solo em que a resistência ao corte é reduzida.

O movimento pode ser inicialmente vagaroso (1,5 metros por mês), mas há muitos em velocidade moderada (1,5 metros por dia) ou extremamente rápido.



Figura 4.12 – Deslizamento translacional que ocorreu em 2001 no Vale do Rio Beaton, British Columbia, Canada. (Réjean Couture, referido em Highland e Bobrowsky, 2008).

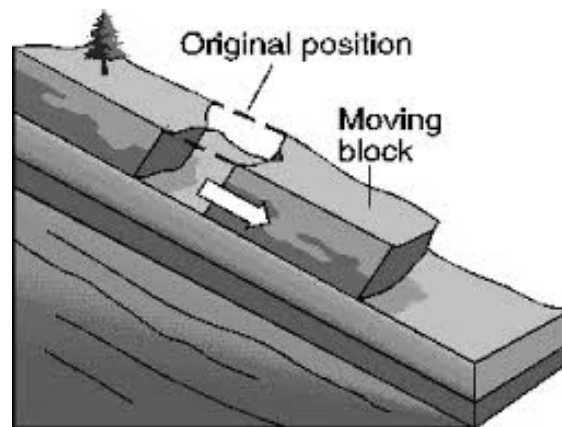


Figura 4.13 – Esquema de um deslizamento translacional (de blocos).

4.1.4.1. Deslizamento planar

O deslizamento planar quando a ruptura se dá numa superfície pré-existente que pode ser uma superfície de estratificação, uma junta diaclase, uma falha, etc. A condição básica é a presença de uma descontinuidade mergulhando a favor do talude e com a

mesma direcção, cumprindo a condição na qual o ângulo de mergulho do talude seja maior do que da descontinuidade e este por sua vez maior que o ângulo de atrito interno (ϕ). Na figura 4.14 é apresenta-se um esquema deste tipo de rotura.

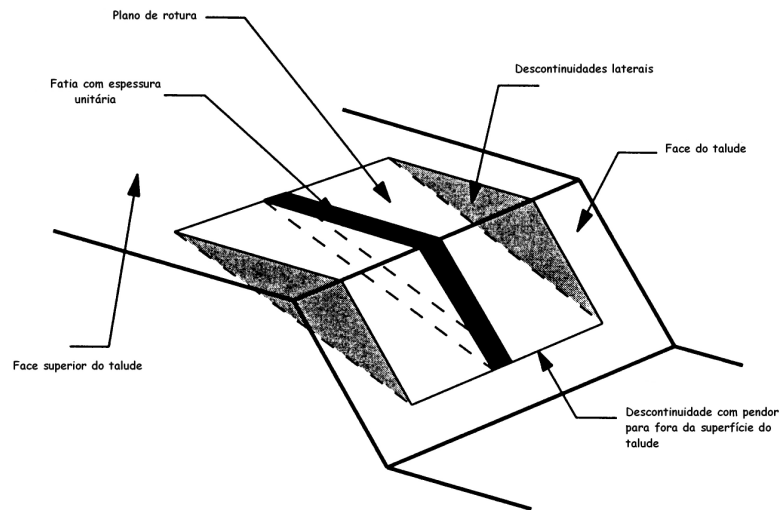
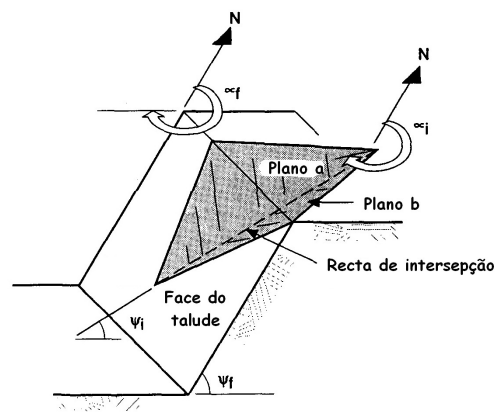


Figura 4.14 – Esquema de um deslizamento planar. Adaptado de Klich, 1999.

4.1.4.2. Deslizamento em cunha

Neste tipo de deslizamento (figuras 4.15 e 4.16), os blocos desprendidos deslizam ao longo do diedro formado por dois planos definidos por superfícies de descontinuidade de diferentes famílias cuja linha de intersecção tem inclinação para fora da face do talude.



a) Vista tridimensional de um deslizamento em cunha

Figura 4.15 – Esquema de um deslizamento em cunha (adaptado de Cruden e Varnes, 1996).



Figura 4.16 – Deslizamento em cunha na I-40, Tennessee, EUA (Moore, (1986)

4.1.5. Espalhamento

Uma extensão de uma massa de material coesivo, formada por solo ou rocha, combinada a um generalizado afundamento da superfície da massa fracturada de material coesivo para uma camada inferior, de material menos rígido. Espalhamentos podem ser o resultado de liquefacção do material menos rígido.

4.1.5.1. Espalhamento Lateral

Ocorre, geralmente, em taludes com baixa inclinação ou em terrenos planos, especialmente onde exista uma camada superior de rocha ou solo que ao aumentar sua extensão mova-se para cima de uma camada menos rígida e mais fraca. Tais rupturas são comumente acompanhadas de um afundamento generalizado em direção a essa camada inferior. A camada menos rígida (figura 4.17), em determinadas condições, pode ser espremida para cima e para dentro da fissura que divide os blocos rochosos. Em espalhamentos de terra, a camada superior estável estende-se ao longo da camada inferior mais fraca que flui, após uma liquefação ou deformação plástica. Se a camada inferior for relativamente grossa, o bloco partido da camada superior poderá afundar, virar, girar, desintegrar, liquefazer ou até mesmo fluir.

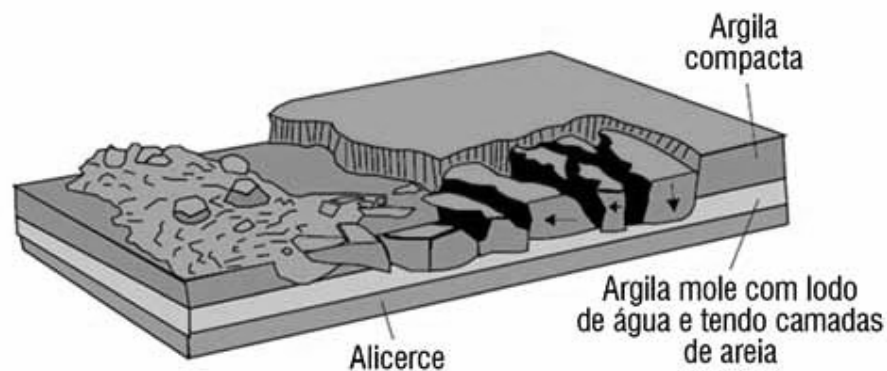


Figura 4.17 – Esquema de um espalhamento lateral.

4.1.6. Escoamento

Escoamento é um movimento espacialmente contínuo no qual as superfícies de cisalhamento têm vida curta.

Neste tipo de instabilização, a massa que se desloca tem um comportamento semelhante ao de um líquido viscoso. Há, com frequência, uma mudança gradativa de escorregamentos para escoamentos, dependendo da quantidade de água presente, da mobilidade e da evolução do movimento.

4.1.6.1. Fluxo de detritos

É uma forma rápida de movimento de massa, em que o solo solto e as rochas, e por vezes, material orgânico, se misturam à água e formam lama que escoam pelo talude abaixo. O fluxo de detritos (figura 4.18) é, informalmente e inapropriadamente, chamado de escoamento de lama devido à grande quantidade de partículas finas que nele podem estar presentes. Ocasionalmente, quando um escoamento rotacional ou translacional ganha velocidade e a massa interna perde a coesão ou ganha água, pode mudar para um fluxo de detritos. O fluxo de detritos pode causar mortes, pois é extremamente rápido e passível de ocorrer sem qualquer tipo de alerta.

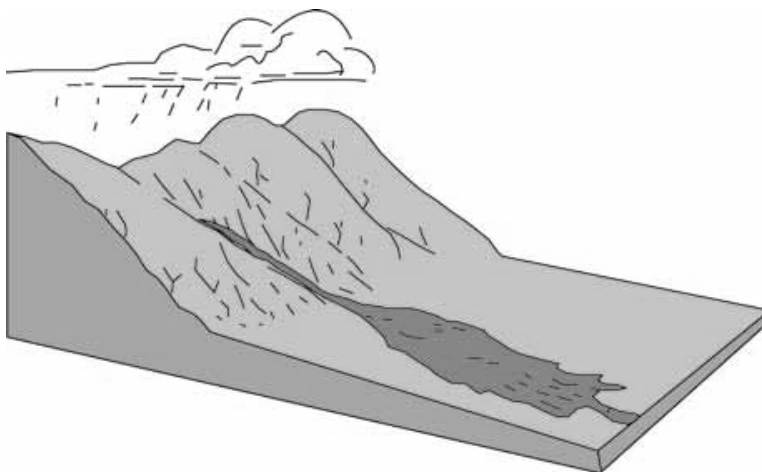


Figura 4.18 – Esquema de um fluxo de detritos.

4.1.6.2. “Lahars” (Fluxo de Detritos Vulcânicos)

A palavra “lahar” é um termo Indonésio que significa escoamento de lama vulcânica. Esse tipo de escoamento origina-se nos taludes de vulcões e é um tipo de fluxo de detritos. Um “lahar” movimenta o material conhecido por “tefra” ou piroclasto (partículas sólidas expelidas para a atmosfera nas erupções vulcânicas) e outros fragmentos.

4.1.6.3. Avalanche de Detritos

As avalanches de detritos (figura 4.19) são essencialmente grandes, extremamente rápidas e frequentemente formam escoamentos em taludes abertos e são formadas quando uma encosta instável se rompe e os fragmentos resultantes são rapidamente transportados para longe. Em alguns casos, a neve e o gelo irão contribuir para o movimento, se houver água suficiente, e o deslizamento poderá tornar-se um fluxo de detritos e (ou) num “lahar”.

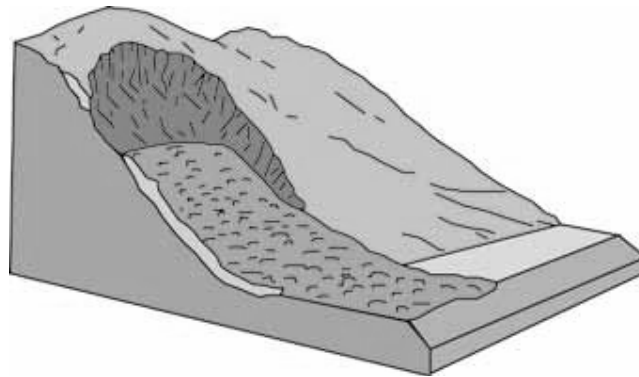


Figura 4.19 – Esquema de uma avalanche de detritos.

4.1.6.4. Fluxo de Terra

Os fluxos de terra (figura 4.20) podem ocorrer em taludes com inclinações suaves e moderadas, geralmente em solo de granulação fina, como de argila ou silte, mas também em camada de rochas argilosas, sujeitas à acção do tempo. A massa num fluxo de terra movimenta-se como um fluido plástico e viscoso com intensa deformação interna. A argila marinha susceptível (argila rápida) quando desestabilizada

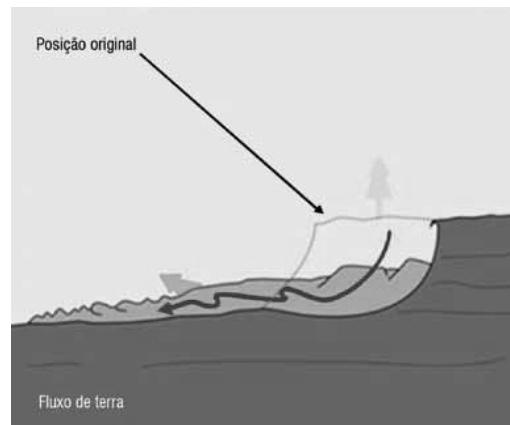


Figura 4.20 – Esquema de um fluxo de terra.

é muito vulnerável e pode perder toda a resistência de cisalhamento com a mudança de seu teor em água e liquefação repentina, destruindo potencialmente enormes áreas e escoando por vários quilômetros. Os fluxos de terra podem ser desde muito vagarosos (rastejos) a rápidos e catastróficos. Os fluxos de terra muito vagarosos, bem como formas específicas restritas ao hemisfério norte em ambientes glaciais, são discutidos mais adiante.

4.1.7. Fluxos Lentos de Terra (Rastejos - Creep)

Rastejo (creep) (figuras 4.21 e 4.22) é o nome informal dado ao fluxo lento de terra e consiste num movimento vagaroso, imperceptível e contínuo, para baixo do solo que forma o talude. Esse tipo de deslocamento é causado por tensão de cisalhamento interna suficiente para causar deformação, mas insuficiente para causar rupturas.

Geralmente, existem três tipos de rastejo: (1) sazonal, no qual o movimento ocorre no interior e no fundo do solo afectado por alterações sazonais, em sua mistura e temperatura; (2) contínuo, no qual a tensão de cisalhamento contínua excede a resistência do material; e (3) progressivo, no qual os taludes atingem o ponto de ruptura gerando outros tipos de movimentação do terreno.

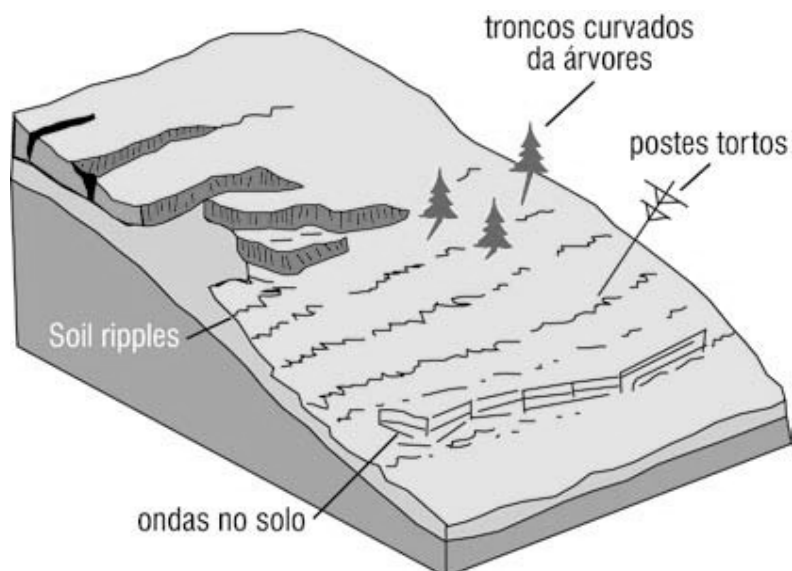


Figura 4.21 – Esquema de um creep.

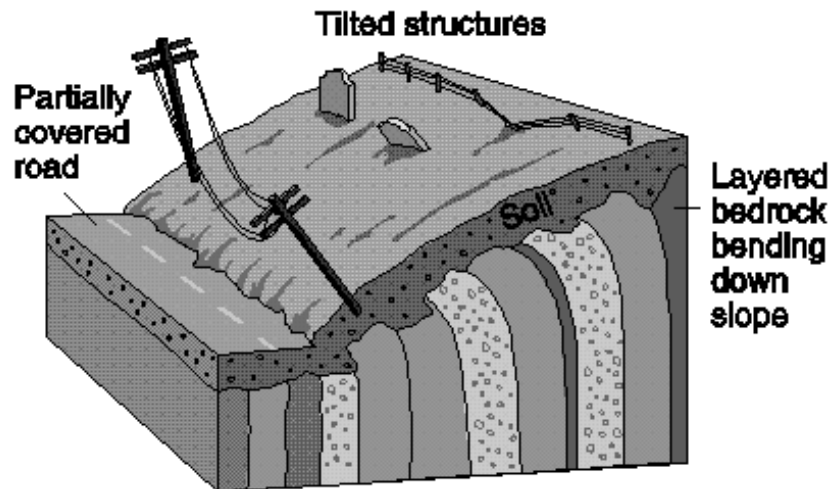


Figura 4.22 – Esquema de um creep.

4.2. Medidas de estabilização de taludes e vertentes

Num talude estão representadas as forças resistentes e as instabilizadoras e da sua relação de importância depende o equilíbrio de um bloco de rocha de peso W , com uma superfície potencial de deslizamento de área A e com inclinação ψ_p para fora do talude.

Segundo Hoek & Bray (1977), a resistência ao corte no plano de deslizamento é definida pela coesão, c , e pelo ângulo de atrito, ϕ , da superfície das fracturas, admitindo que o maciço rochoso obedece à lei de Mohr-Coulomb. O incremento das forças que se opõem à instabilização pode ser assegurado pelo aumento da força normal, N , ou pela redução da pressão da água existente nas fracturas. As forças instabilizadoras podem ser reduzidas diminuindo o peso, w , do bloco da rocha ou igualmente reduzindo a pressão da água. Estes conceitos básicos, decorrentes da análise da estabilidade, estão na base da estabilização dos taludes em maciços rochosos/rochas.

As medidas de estabilização visam reduzir ou eliminar a possibilidade que ocorrerem quedas de blocos. Incluem, por isso, quer medidas de reforço ou consolidação do talude, quer as medidas de correcção do próprio talude (saneamento, reperfilamento).

4.2.1. Medidas de estabilização

Existem diversas técnicas de reforço ou estabilização de taludes em rochas/solos visando impedir a queda de blocos ou o desmoronamento de massas rochosas desagregadas.

4.2.3. Drenagem

a) Drenagem superficial (figura 4.23): tem como finalidade evitar a infiltração da água no maciço e o efeito erosivo do escoamento de água na superfície do talude. Esta medida permite recolher as águas superficiais ou provindas dos dispositivos de drenagem internas e transportá-las para fora do talude. As formas mais utilizadas para a drenagem superficial são as valetas instaladas na crista, nas banquetas e na base do talude. Este sistema de drenagem permite a recolha de grande parte da água antes desta se infiltrar no maciço.



Figura 4.23 – Valetas drenantes nas Ómnias, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.

b) Drenagem interna (figuras 4.24, 4.25, 4.26 e 4.27): visa rebaixar o nível freático de certas zonas críticas de estabilidade do maciço, recolhendo a água para fora do talude. Os dispositivos mais utilizados de drenagem interna são: os drenos sub-horizontais, as galerias drenantes, as máscaras drenantes.

Os drenos sub-horizontais são furos feitos no interior do maciço com pequeno diâmetro (6.3-15 cm) e reduzida inclinação ($5-10^{\circ}$) e feitos a partir da superfície do talude com espaçamento médio compreendido entre 7 e 30 m (10-15 m é o mais

frequente); têm a sua principal aplicabilidade em taludes com alturas não muito elevadas.



Figura 4.24 - Drenos na encosta da margem esquerda da barragem da Raiva. Créditos fotográficos A. Saraiva.



Figura 4.25 - Galeria drenante na encosta das Portas do Sol, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.



Figura 4.26 - Máscara drenante na A8. Créditos fotográficos A. Saraiva.

As galerias drenantes são um sistema muito dispendioso, mas de grande eficácia, pelo que a sua aplicação só deverá ser efectivada em situações muito particulares, como aconteceu na encosta das Portas do Sol em Santarém.



Figura 4.27 – Obras de estabilização na encosta das Portas do Sol, Santarém. Créditos fotográficos A. Saraiva.

4.2.4. Vegetação

Segundo Salomão & Iwasa (1995), a cobertura vegetal é um dos factores determinantes e é considerada uma defesa natural do solo. A cobertura vegetal protege o terreno contra o impacto directo das gotas da chuva, pois dispersa e quebra a energia contida nas águas que escoam superficialmente.

Segundo Kruedener, citado por Coelho (2005), a vegetação é incorporada na construção civil como um método de controlo dos processos erosivos. Tanto em taludes naturais como artificiais, ela actua como protecção e reforço destas obras. O emprego destas técnicas, aplicadas à construção civil, recebe o nome de bioengenharia de solos. A importância da vegetação na estabilidade de taludes e encostas é facilmente notada quando esta é suprimida, pois a partir disso os processos erosivos vão aumentando de intensidade.

Segundo Pereira (2005), vários factores devem ser analisados no momento de se escolher quais espécies vegetais a usar na área degradada. Estes factores são: edáficos, climáticos e ambientais.

- a) O factor edáfico corresponde à adaptação das espécies as condições do solo da região, como pH, a fertilidade natural, a salinidade, a textura, a toxidez, a drenagem e a matéria orgânica.
- b) O clima é o factor mais importante, pois não pode ser reproduzido artificialmente, assim deve-se atentar para a tolerância a secas, geadas défices hídricos da região, precipitação, temperatura, e humidade.
- c) Dentro do factor ambiental, há uma serie de outros factores importantes como: longevidade, produção de biomassa, crescimento e efeitos paisagísticos, fixação de nitrogénio, palatabilidade da fauna, dormência das sementes e biodiversidade.

Segundo Barros e Paulino (2006), destacam-se dois tipos de raízes: as pivotantes e as fasciculadas. As pivotantes possuem uma raiz principal, geralmente maior que as demais, que penetra verticalmente no solo. Da raiz principal derivam-se, lateralmente, outras raízes. Já as raízes fasciculadas são constituídas de um conjunto de raízes finas, originadas de um único ponto.

Segundo Coelho (2005), algumas raízes atuam como “ancoragens” promovendo a estabilização de grandes massas de solos, residuais onde há diferenças significativas da resistência ao cisalhamento em profundidade. Ocorre uma transferência de tensões de cisalhamento do solo para as raízes, proporcionando assim uma redução na

erodibilidade do solo e um aumento na estabilidade do talude ou encosta. Este efeito varia em função de alguns factores:

- Capacidade de resistência à tração das raízes;
- Propriedades de interface entre as raízes e o solo.

4.2.5. Muros de suporte

Para todos os tipos de muros de contenção, é essencial uma drenagem adequada ao longo de toda estrutura, pois a pressão muito alta da água sobre o solo pode acumular-se por trás da parede levando à sua rotura.

A drenagem pode ser assegurada apenas por meio de preenchimentos de material graúdo e material de fundação. Os gabiões, por exemplo, podem ser usados como drenagem, no encontro de duas encostas onde a água de escoamento superficial convergiria.

Em função dos objectivos a atingir podem considerar-se os muros de:

- Sustimento. Após a construção preenche-se o espaço que vai desde o muro até ao terreno natural por exemplo com aterro;
- Contenção. Para a sua construção é necessário escavar o terreno natural que será instável sem o muro. Estes muros podem ser ancorados (figuras 4.28 e 4.29).
- Revestimento. Têm como finalidade principal proteger o talude da erosão.



Figura 4.28 - Muro ancorado (Coimbra).



Figura 4.29 - Muro ancorado. Praça da portagem A1 - Alverca. Créditos fotográficos A. Saraiva.

4.2.6. Muros de pedras e de gabiões

Os muros de pedras são constituídos pelo aglomerado de pedras resistentes que são colocadas umas sobre as outras de modo a constituir um conjunto como o apresentado na figura 4.30.



Figura 4.30 – Muro de pedras. Linha CF da Beira Baixa em Vila Velha de Ródão. Créditos fotográficos A. Saraiva.

Os gabiões (figura 4.31) têm forma de um prisma rectangular e são constituídos por um enchimento de fragmentos de material resistente e durável contido numa armação de uma rede metálica hexagonal galvanizada de dupla ou tripla torsão.



Figura 4.31 - Muro de gabiões IP3, km 61. Créditos fotográficos A. Saraiva.

Os gabiões têm tido uma utilização muito frequente devido a alguns factores de entre os quais se pode referir:

- Fácil adaptação à topografia do terreno;
- Não necessitam de mão de obras especializada;
- Montagem rápida e económica;
- Têm função drenante;
- Actuam por gravidade;
- São duráveis;
- Flexibilidade, uma vez que pode suportar importantes assentamentos do terreno.

Como vantagens apresentam:

- Construção fácil e rápida;
- Drenagem excelente.

4.2.7. Ancoragens e Pregagens

Segundo Pinelo (1979), uma ancoragem (figura 4.32) é um sistema introduzido num furo de sondagem aberto no maciço, constituído por uma armadura metálica solidaria num dos extremos a uma zona do interior do maciço (bolbo) e em que no outro extremo (cabeça) é absorvida a força de fracção exercida na armadura metálica na zona livre. Quanto à fixação da ancoragem no maciço, esta pode conseguir-se mediante injeção de caldas de cimento ou aplicação de resinas epoxídicas bem como por um processo mecânico. O emprego de resinas tem algumas vantagens em relação ao cimento.

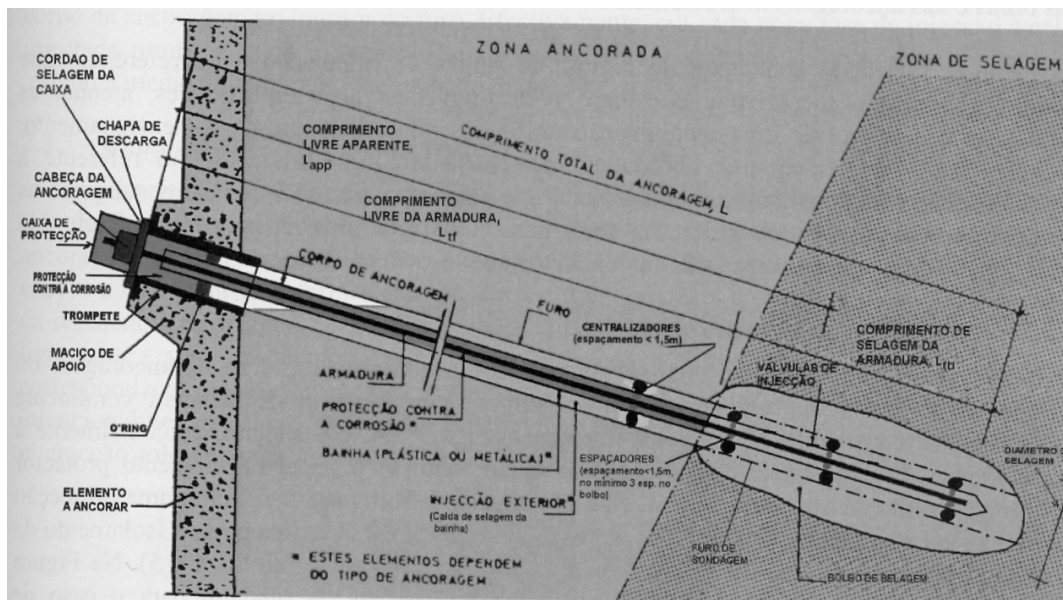


Figura 4.32 – Ancoragem (adaptado de Pinelo, 1980 referido em Mariana Rodrigues Carvalho, 2009).

- Têm um rápido endurecimento, permitindo um pré-esforço pouco depois da sua aplicação;
- Têm um fácil transporte e aplicação;
- São quimicamente inertes constituindo uma boa proteção anticorrosiva;
- Geralmente, têm melhores características resistentes à compressão a curto prazo.

Contudo, as resinas raramente são utilizadas devido ao seu elevado custo e ao facto de não serem conhecidas as suas propriedades resistentes a longo prazo. A selagem por injeção de calda de cimento é o método mais comum de ancoragem definitiva, pois

os materiais são económicos, o procedimento de instalação é simples e é adequado a condições geológicas muito variadas (maciços terrosos ou rochosos) ficando o aço da armadura protegido da corrosão que se pode fazer sentir caso não existam as precauções adequadas (figura 4.33).



Figura 4.33 – Cabeça de ancoragem sem protecção. Créditos fotográficos A. Saraiva.



Figura 4.34 – Muro ancorado em Entre-os-Rios. Créditos fotográficos A. Saraiva.

Segundo Farmer (1992), uma pregagem é um tirante não tracionado, geralmente introduzido e cimentado ao longo de um furo aberto no maciço rochoso. Constitui uma das medidas mais simples de reforço do maciço rochoso, utilizada para unir uma camada de rocha de espessura pequena a média, inclinada para fora do talude.

A contenção com recurso a pregagens consiste no reforço passivo (sem tensionamento) de taludes de terreno natural aplicando varões de aço nervurado com as características específicas, cortadas em bico num dos extremos, tendo no outro uma rosca adequada para receber uma placa de ancoragem e uma porca de fixação. Serão totalmente ligadas à rocha envolvente com calda de cimento ou com argamassa de cimento e areia quando se verificarem dificuldades na selagem. As placas e as

porcas terão um assento hemisférico de forma a permitir a sua instalação satisfatória e a transferência de carga, mesmo em betão projectado ou superfícies rochosas irregulares, sem criar tensões secundárias no varão da ancoragem.

Segundo Fookes e Sweeney (1976), e citado por Farmer (1992), as pregagens podem ser constituídas por um tirante com cerca de 15 a 30 milímetros de diâmetro e 1 a 2 metros de comprimento. Podem distinguir-se geralmente dois tipos de pregagem, a pontual e a repartida.

4.2.8. Terra armada e betão projectado

Segundo Henri Vidal (1965), a terra armada foi inventada e desenvolvida por ele tendo-se desenvolvido sobretudo na realização de estruturas de suporte. Esta técnica consiste em associar a um solo incoerente, armaduras flexíveis e resistentes à tração. A terra armada é com efeito formada pela associação de terra e com armaduras colocadas horizontalmente, susceptíveis de suportar esforços de tração importantes. Como o betão armado ainda, ela apresenta a vantagem de poder melhorar, com a economia, as propriedades mecânicas do material de base, a terra, armando-a nas direcções em que esta última é solicitada. Em geral este material permite economizar o custo de fundações profundas quando trata-se de construir obras de contenção sobre solos de fraca coesão.

Ainda desconhecida há alguns anos a terra armada é agora um material, já utilizado em todos os domínios da engenharia civil, e encontra-se naturalmente entre os principais materiais utilizados: betão, aço, terra e solos tratados.

O betão projectado (figura 4.35) pode ser aplicado por via seca ou por via húmida, em rochas fracturadas com uma fracção argilosa insignificante pois caso contrário a sua eficácia é muito reduzida devido ao descolamento do maciço em que foi colocado Com alguma frequência é aplicado conjuntamente com outros métodos como por exemplo a drenagem (figura 4.36).



Figura 4.35 - Aplicação de betão projectado, por via húmida, numa caixa de falha.



Figura 4.36 - Betão projectado e drenos sub-horizontais (CREL).

Segundo Wyllie (1991), as zonas densamente fracturadas ou com elevada degradação podem ser protegidas aplicando uma camada de betão projectado na superfície do talude. A função fundamental do betão projectado é proteger o talude, confinando as zonas fracturadas e desagregadas.

O betão é projectado contra a face do talude em camadas de espessura variável (da ordem de 10 a 15 centímetros). A face do talude deverá estar limpa de blocos e fragmentos desprendidos, solo, vegetação e gelo, para que deste modo se dê uma melhor adesão do betão ao terreno. É importante que se abram furos drenantes através do betão projectado, para que não se desenvolvam subpressões da água próximo da face do talude. Num maciço rochoso é importante que se construam os furos drenantes antes do betão projectado ser aplicado de forma intersectarem as fraturas mais importantes na circulação da água (Wyllie, 1991).

A aplicação do betão projectado tem várias finalidades, entre as quais se podem indicar:

a) Impedir ou reduzir as movimentações de rocha por:

- aumento da resistência pelo enchimento das diaclases e das fracturas abertas;
- transferência das cargas para rochas adjacentes através da adesão ou corte;
- actuação como uma membrana no arqueamento ou tracção quando a ligação do betão projectado é fraca e a sua camada é contínua.

b) Oxidação e desagregação do terreno para selar a rocha e impedir o desmoronamento e a fluência que se desenvolve devido à exposição à água e/ou humidade do ar;

c) Controlar a água e a formação de gelo por acção da drenagem, paragem do fluxo de água ou por redireccionamento.

5. Estudo de estabilidade de vertentes na área da Comuna da Catumbela-Povoação do Biópio -Açucareira 1º de Maio

5.1. Caracterização dos taludes

Na figura 5.1 apresenta-se a localização dos taludes 3 a 9.



Figura 5.1 – Localização dos taludes 3 a 9.

O talude 1 (figura 5.1) localiza-se entre as Imediações do mercado informal Bangobango, vulgo descida do Cumango e a pedreira da Empresa Nacional de Estradas (ENA). Perto está uma outra pedreira e britadeira da Aeróvia. Quanto às suas dimensões, tem um comprimento de 250 metros, uma altura média de 10 metros, uma direção N20°W e um pendor de 36°W. No que se refere à litologia, o talude é constituído por calcários, calcários margos e, na parte superior, por depósitos de cobertura. Os calcários têm grão fino e uma tonalidade predominante amarelada/acastanhada. Os depósitos de cobertura que podem atingir uma espessura de aproximadamente 2 à 3,5 m apresentam sinais de erosão devido, essencialmente à precipitação. Destacam-se alguns planos de falha que intersectam os planos de estratificação e que podem atingir 2,5 metros de extensão. Os movimentos mais complexos que podem ocorrer e que provocam instabilidade são os desmoronamentos devidos, essencialmente, à existência de níveis com resistências mais elevadas e menos elavadas. Ocorrem, também, em menor extensão, fluxos de terra no tempo chuvoso.



Figura 5.2 - Talude 1 ao longo da estrada Lobito Sumbe e/ou Huambo.

Quanto à velocidade dos movimentos é considerada na maioria dos casos de moderado. As dimensões dos blocos rochosos que se desprendem vão desde 0,3-0,2 m a 0,4-0,5 m x 0,1-0,6 m, Trata-se de um talude de escavação situado na estrada Nº 100, Lobito Sumbe e /ou Lobito Huambo.

O talude 2 (figura 5.3) localiza-se na mesma estrada principal nº 100 e a uma distância do talude 1 de aproximadamente 1,5 Km. Tem aproximadamente 30 m de comprimento e uma altura média de 9 m. O talude tem uma direcção de N10°W e um pendor de aproximadamente 19°E. Litologicamente, o talude é constituído por rochas calcárias de grão fino com cores amareladas a castanhadas, margas com tonalidade amarelada acastanhada. Existem, no topo, depósitos de cobertura, que podem ter uma espessura de 5 m. Estes depositos são também utilizados como terrenos de fundação das construções edificadas nas imediações.

As camadas do calcário têm uma espessura que varia entre 0,3 à 0,6 m e a das margas entre 0,1 a 0,5 m. A precipitação, o vento e a meteorização química e física e a alteranância de resistência dos materiais constituintes são os principais responsáveis da instabilidade, provocando fluxos e quedas de blocos que podem ocorrer a partir dos deposito de cobertura e por vezes de estratos diaclasados do material carbonatado. Os blocos rochosos medem entre os 0,2 – 0,5 m x 0,1 – 0,4 m x 0,1 – 0,4 m. Trata-se de uma área pouco habitada e de fraco movimento

rodoviário. Nas imediações deste talude há alguns parque de viaturas com casinhas para o guarda.



Figura 5.3 - Talude 2 ao longo da estrada Lobito Sumbe e/ ou Huambo.

O talude 3 (figuras 5.4 e 5.5) localiza-se nas proximidades da ponte do Camuringue e na margem direita do rio Catumbela. Tem um comprimento que ultrapassa os 500 metros e uma altura de 13 metros. Tem associado algumas ravinas que resultam dos fenómenos de alteração dos doleritos existentes que se encontram muito fracturados (F4-5) e com alterações predominantes do tipo W4 e mais raramente W3 e W5. Devido à intensa alteração e fracturação, os fragmentos movimentados acumulam-se na base do talude dando assim origem a cones de dejectão com expressão significativa.

Os principais movimentos de instabilidade que mais se verificam são fluxos detríticos com fragmentos de doleritos. As dimensões dos blocos rochosos apresentam uma variedade de medidas, embora predominantemente de reduzida dimensão.



Figura 5.4 - Talude 3 ao longo da picada nas proximidades da ponte da Povoação.

O talude 4 (figuras 5.6 e 5.7) localiza-se junto à ponte de madeira do Camuringue e na margem esquerda do rio Catumbela.



Figura 5.5 – Cones de dejeção no talude 3.



Figura 5.6 - Talude 4 junto à ponte da Povoação sobre o Rio Catumbela.

Tem uma extensão aproximadamente 450 metros e uma altura 25 metros. Litologicamente é predominantemente constituído por migmatitos com um grau de alteração W3-4 e um grau de fracturação F4 e mais raramente F3 e F5. As descontinuidades apresentam-se predominantemente abertas.



Figura 5.7 - Talude 4 junto à ponte da Povoação sobre o Rio Catumbela.

Sobre o aspecto dimensional dos blocos não foge a regra em relação a outros atrás, 3,5x3,0x4,0 m.

O talude 5 (figuras 5.8 e 5.9) localiza-se no caminho de acesso à central hidroeléctrica



Figura 5.8 – Vista global do talude 5 nas imediações da zona urbana da Comuna da Catumbela Povoação do Biopio- Açucareia 1º de Maio.

e na sua parte superior situa-se a zona urbana da Açucareia 1º de Maio ou Camuringue da Ponte, como é chamado vulgarmente pelas populações aí residentes. Tem um comprimento com aproximadamente 950 metros e uma altura média de 9 metros.



Figura 5.9 – Talude 5.

Ao que se refere à litologia, ela é essencialmente constituída por migmatitos e por gneisses, intensamente diaclasados, com fracturas frequentemente abertas. Devido à intensa fracturação e ao facto de em algumas delas se terem introduzidos raízes, têm ocorrido a queda de alguns blocos de rocha. Em termos de fracturação trata-se de um maciço predominantemente F3 e pontualmente F4. No que se refere à alteração, é possível considerar que a mesma é do tipo W3 e mais raramente W4. As superfícies de algumas disclases apresentam tonalidades acastanhadas a avermelhadas. Os blocos que se desprendem têm dimensões entre os 0,2 a 0,5 m. A vegetação tem desempenhado um papel adverso devido ao facto de favorecer os desmoronamentos

O talude 7 (figuras 5.10 e 5.11) localiza-se no caminho de acesso à barragem do Biópio e nas imediações da tomada de água para as condutas de acesso aos grupos geradores da central. Apresenta-se constituído por gneisses que são atravessados por alguns filões de doleritos com a designada “disjunção esferoidal” (figura 5.12) em que é possível observar as suas “escamas” de alteração que vai do W2-3 ao W5.



Figura 5.10 - Talude 7 na zona de captação de água para a central hidroeléctrica.



Figura 5.11 - Talude 7 junto ao canal adutor para a central hidroelétrica.

Nos doleritos há a considerar as seguintes famílias de diaclases; $N32^{\circ}E, 70^{\circ}E$; $N68^{\circ}W, 60^{\circ}W$; $N58^{\circ}W, 50^{\circ}E$; $N68^{\circ}W, SV$; $N32^{\circ}E$ e $45^{\circ}E, N68^{\circ}W, SV$; $N32^{\circ}E, 30^{\circ}W$ e $N45^{\circ}E, 30^{\circ}W$.

Nos gnaisses ou ocelados diaclases predominam as diaclases com $N68^{\circ}W, SV$; $N72^{\circ}E, 60^{\circ}N$ e ainda $N42^{\circ}E, SV$.



Figura 5.12 - Disjunção esferoidal em doleritos.



Figura 5.13 - Dobras nos gneisses..

Os gneisses têm foliação N62°E, 70°S.

O talude 8 (figura 5.14) localiza-se nas imediações da barragem e está ladeada por uma pequena área agrícola na parte aluvial e encontra-se entre duas vertentes que vão drenando a água para o rio. O talude tem uma altura de 55 metros e uma altura média de 16 metros e um pendor de 22E° e uma direção N10°W. isíveis.



Figura 5.14 -Talude 8 junto à barragem e canal de adução às condutas forçadas da central hidroeléctrica.

Os gneisses, com carácter ocelado, são bem visíveis.

Na base do talude observa-se a presença um numero significativo de blocos rochosos resultantes da desintegração do maciço rochoso devido à fracturação e à alteração da zona mais superficial.

Constatou-se a existência de depósitos de vertente com uma espessura de 0,3 m na parte superior do talude. Os blocos rochosos apresentam uma variedade de dimensões que estão na ordem dos 0,72× 0,82×0,5 m.

O talude 9 (figura 5.15) localiza-se nas imediações do Bairro do Camuringue e numa área do terreno com uma inclinação reduzida e a uma distância do rio de aproximadamente 45 metros.

Apresenta um comprimento muito extensivo e de difícil diferenciação e com altura média de 25 metros. Tratando-se de um talude natural, a parte superficial do mesmo e numa espessura não determinada, é ocupada pelo solo residual resultante da altera-



Figura 5.15 -Talude 9 junto à localidade de Camuringue da ponte.

ção dos gneisses/migmatitos. Tem dispersos um pouco por toda a sua extensão, blocos com dimensões que podem atingir os 1,39× 1,23× 0,5 m a 0,52× 0,24× 0,3 m respectivamente.

5.2. Considerações sobre a caracterização dos taludes e medidas protectoras e de estabilização dos taludes

A dispersão de massas que se verifica em Camuringue « Povoação do Biopio-Açucareira 1º de Maio» é uma das consequências da alteração e fracturação dos maciços rochosos e das rochas. Esses movimentos mudam a paisagem pelas cicatrizes deixadas nas vertentes das montanhas, quando estas grandes massas de material caem nas encosta a baixo, como se vê na figura 5.16.



Figura 5.16 - Instabilização devida à movimentação de blocos de rocha.

A região estudada é semi-árida todavia, a medida que o clima e o intemperismo começam a predominar, aumentam as ravinas, vales erosionais vão escavando mais profundamente as estruturas, a topografia, cada vez mais vai tornando-se invertida. Neste processo a interveção humana, não teve grande influencia, tal como podemos ver, a área é quase desabitada e com casinhas, que nada podem fazer a respeito da topografia.

As observações de campo levam-me a identificar factores primários com maior enfases, aos quais podemos dividi-los em três:

- Natureza dos materiais da encosta, eles são massas solidas do substrato, o rególito e o solo formado pelo intemperismo ou sedimentos. Na sua maioria as encostas estão constituídas de materiais consolidados- compactados e ligados por cimentação mineral.

- A declividade e estabilidade das encostas. Este é um factor que contribui para a tendência de os materiais caírem, deslizarem ou fluírem sob várias condições.

Natureza do material da encosta	Declividade da encosta	Teor em água	Estabilidade da encosta
Não - Consolidado			
Areia ou silte arenoso soltos	Ângulo de repouso	Úmido	Baixa
Mistura não consolidada de areia, silte, solo e fragmentos de rocha	Moderada	Seco ou húmido	Moderada
	Íngreme	Úmido	Baixa
Consolidado			
Rocha diaclasada e deformada	Moderada a Íngreme	Seco	Moderada
Rocha maciça	Moderada	Seco ou úmida	Moderada
	Íngreme	Seco ou úmido	Baixa

Quadro 5.1 - Factores que influenciam os movimentos de massas.

- A quantidade de água contida nos materiais, Esta característica é sustentada pela porosidade dos materiais que é significativa devido à alteração e à fracturação. A água ao entrar nas fracturas faz aumentar o peso do material e, assim, contribuir para um aumento da instabilidade.

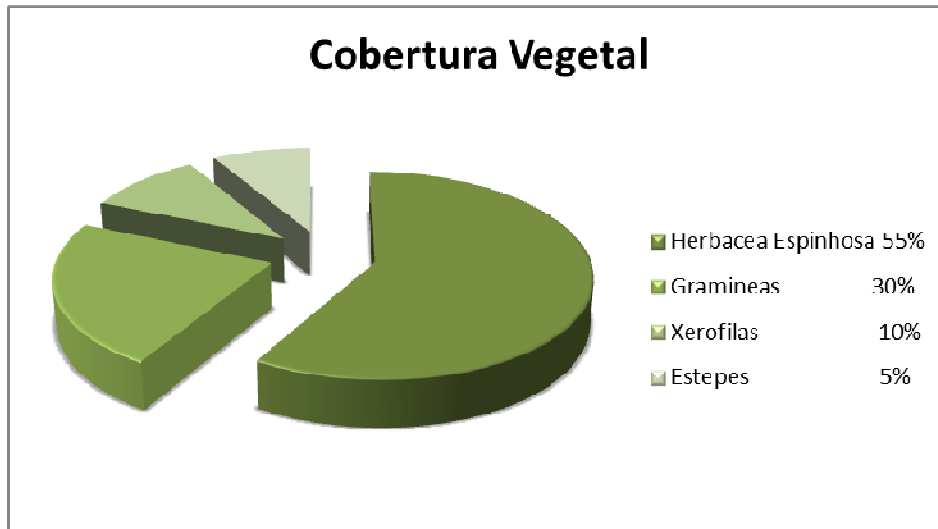


Figura 5.17 -Tipo de vegetação existente nos taludes.

Existem três factores: edáficos, climáticos e ambientais, a área em estudo, são impressos pelo factor clima, que pela acentuada aridez lhe transmite fácies xerofítica muito notável, com larga dominância de espécies de folhagens reduzida e caduca, destacando-se a representação das espinhosas. Este rigorismo climático atinge a sua máxima expressão em toda a orla sudoeste.

Na figura 5.18 apresenta-se, de uma forma esquemática e gráfica, um resumo dos principais tipos de instabilidades observadas nos taludes estudados.

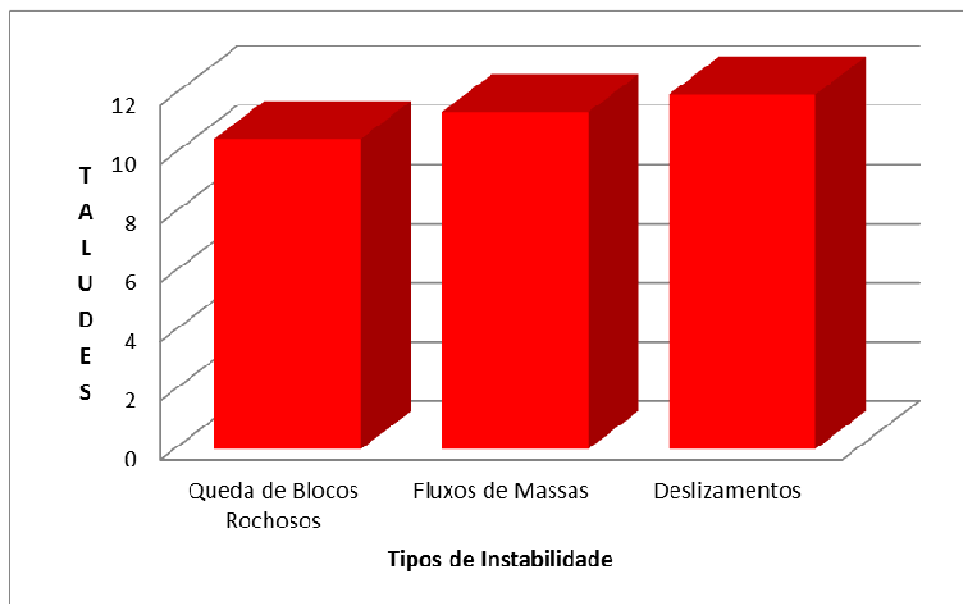


Figura 5.18 - Tipos de instabilidade reconhecidas.

Na figura 5.19 indica-se uma súmula relativa  acção das designadas causas externas que têm conduzido  instabilidade dos taludes.

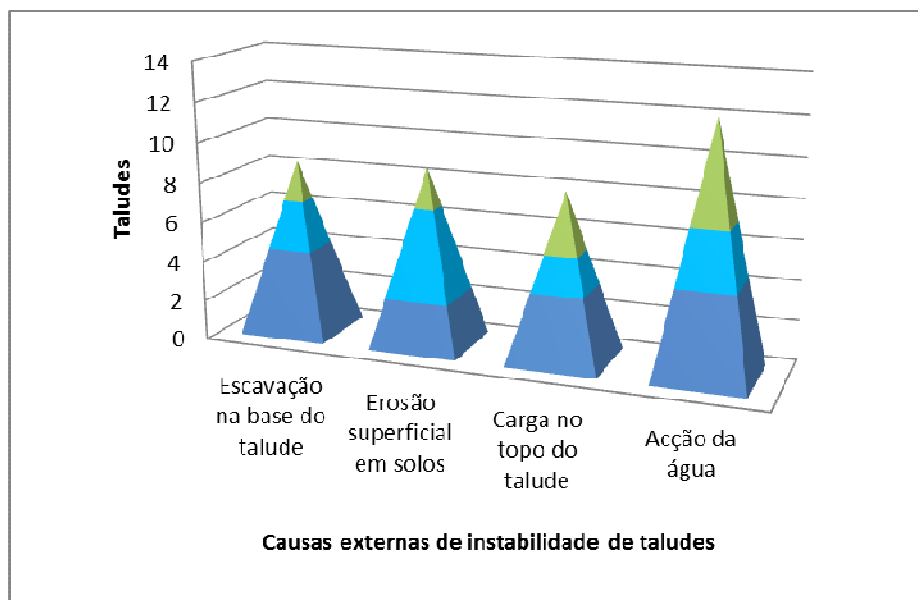


Figura 5.19 - Causas externas de instabilidade de taludes.

Os maiores danos reais/potenciais em habitações estão presentes nos taludes 4, 5 e 9 (quadro 5.2).

Taludes	Habitações	Danos em habitações	Vítimas/feridas	Vítimas mortais	Vias de comunicações atingidas
1			X	X	Estrada n 100
2			X	X	Estrada n 100
3					Estrada de terra batida
4	X	Fisuras			Caminhos
5	X	Fisuras			Caminhos
6					
7					
8					
9	X	Fissuras			Caminhos

Quadro 5.2 – Resumo de dados decorrentes da instabilização nos taludes estudados.

Segundo observações feitas, existem dois tipos de construções, a saber: as casas de pau-a-pic e as casas de tijolo. As primeiras construções são muito mais vulneráveis a qualquer tipo de situação decorrente, por exemplo, da instabilização dos taludes, sejam estes naturais ou de escavação. A população precisa de orientações práticas, como instrumentos de protecção à vida através de instituições que velam diretamente pela manutenção e gestão das comunidades. Camuringue parece apresentar um semblante que parece revelar ter sido esquecida no tempo e no espaço. Enquanto não forem tomadas medidas urgentes e se traçarem políticas dirigidas, em função do ordenamento do território e ambiente o mais rápido possível, o pior estará para vir, e dias difíceis esperam as populações.

5.3. Propostas

- I. Propor a reabilitação da única estrada terra batida que dá acesso a Povoação, como meio de comunicação com resto dos Municípios de Lobito e de Catumbela;
- II. Reabilitar a ponte sobre o Rio Catumbela que dá acesso a Povoação e consequentemente a defesa e segurança das populações, apesar de já existir uma Administração Comunal e um soba como representante do poder político;
- III. Criar um sistema de fonte de água potável através de furos ou captação, um sistema de saúde e educação básica, bem como pequenos sectores de bens e serviços comerciais;
- IV. Elaborar um Plano Diretor – Obrigatório e urgente para essas populações que é um instrumento orientador do processo de transformação urbana;
- V. Desenvolver um estudo relacionado ao processo de socialização das comunidades que habitam nas proximidades das encostas e/ ou que fazem uso delas, desaloja-los e realoja-los nos locais mais seguros;

6. Referências Bibliográficas

Ayala-Carcedo, F; et al. (1987) – Manual de taludes. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Geotecnia, 455 pp.

Canotilho, J.J. G et al (1998) – Introdução ao Direito do Ambiente. Universidade Aberta Lisboa, 255 pp.

Carvalho, A. M. G. (2011) – Dicionário de Geologia. 1ª Edição. Lisboa, 486 pp.

Carvalho, A.M.G. (2005) – Geologia Sedimentar. Volume II – Sedimentologia. 1ª edição, Lisboa, 475 p.

Carreto, A. P. (1989) – Técnicas de Estabilidade de Taludes. Ingeníum. Revista da Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Costa, J. B. (2010) – Estudo e Classificação das Rochas por Exame Macroscópico. 12ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian, 196 pp.

Cruden, D. M. & Varnes, D. J. (1996) – Landslide Types and Processes. In “Landslides. Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board. Eds Turner, A. K. & Schuster, R. L, pp. 36-75.”

Cuadrat, J. M. Y Pita M. F. (2009) – Climatologia. 5.ª edición, 496 pp.

Cutrim, R. (2012) – Erosão fluvial é causada pelas águas dos rios. edições Actual. <http://www.knoow.net/ciencterravida/geografia/erosao.htm>. Acedido em Dezembro de 2012.

Diniz, A. C. (2006) - Características Mesológicas de Angola. 2ª edição. Instituto Português de apoio ao Desenvolvimento Ministerio dos Negocios Estrangeiros, 546p.

Dias, R et.al. (2013) – Geologia de Portugal. Escolar Editora.

Volume I – Geologia Pré- Mesozoica de Portugal, 807 pp.

Volume II – Geologia Meso – Cenozoica de Portugal, 798 pp.

Ervedosa, C. (1980)- Arquiologia Angolana.edições 70,. Ministerio da Educação Luanda.República Popular de Angola, 444 pp.

Fannery, T. (2006) - O impacto do Homem nas Alterações Climáticas e no futuro do Planeta. 1ª edição. Lisboa.

Galvão, C. F. e Silva, Z. (1972) - Notícia explicativa da folha 227- 228.Lobito da Carta Geológica de Angola, à escala 1: 100 000. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas, 38 pp.

Galvão, C.F., e Portugal, A. (1972) - Carta geológica do Lobito à escala 1:100 000. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas.

Galas, N. D., (2006) – Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes. Universidade Anhembi Morumbi. S.Paulo.

Giani, G. P. (1992) – Rock Slope Stability Analysis. Balkema, 361 pp.

Goodman, R. E. Rock Mechanics. 2nd edition. John Wiley & Sons, 562 pp.

Highland, L. M. & Bobrowsky, P. (2008) – Manual de Deslizamento – Um guia para a Compressão de Deslizamentos. U.S.Geological Survey.

Hoek, E & Bray, J. (1977) - Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 pp.

Hutchinson, J. N. (1988) – Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology (General report). In “Bonnard Ch. (ed.). Landslides, Proc. 5th Int. Symp., Lausanne, Balkema, pp. 3-34.

ISRM (1981) – Basic Geotechnical Description of Rock Masses. In. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol, 18, pp. 85-110.

JR Tyler, M. G. (2006) - Ciência Ambiental. 11ª edição. Norte-Americana. Condomínio, 624 pp.

Lapão, L. P. e Galvão (1968) – Geologia da região de Cuacra-Cachoeiras (relatório nº 1-1045 dos Serviços de Geologia e Minas de Angola).

Leite, D. (2010) – Taludes Mecânica dos solos. Faculdades Kennedy. www.ebah.com.br/content/.../taludes-mecanica-dos-solos. Acedido em Dezembro de 2012. Belo Horizonte Brasil.

Mariana Rodrigues Carvalho, (2009) - Ancoragens pré-esforçadas em obras geotécnicas. Construção, ensaios e análise comportamental. Tese de Doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 496 pp.

Masclé, G. et al (2002) – As Grandes Estruturas Geológicas. Fundação Calouste Gulbenkian, 389 pp.

Moore, H. L. (1986) – Wedge Failures along Tennessee Highways in the Appalachian Region: Their Occurrence and Correction. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol. XXVIII, nº 4, pp. 441-460.

Nacional, I. P.E. (2010) - Lei do Ambiente. 1ª edição. Luanda.

Neto, J. A. B. et al (2004)- Introdução à Geologia Marinha. Editora Interciências, 279 pp.

Neto, M. G. M. (1957) – Geologia da região de Benguela-Cuio (Relatório dos Serviços de Geologia e Minas, Angola).

Neves, M. B. X. H. (1995) - Desmoronamento e Quedas de Blocos em Taludes Naturais e de Escavação. Tese de Mestrado UNL.

Oliveira, R. (1980) – Taludes naturais e escavação. Universidade Nova de Lisboa.

Pinelo, A. M. Serrano (1980) – Dimensionamento de ancoragens e de cortinas ancoradas. Tese apresentada ao concurso para especialista do LNEC.

Press, F., et al (2006) - Para entender a Terra. 4ª edição. Bookman, 656p.

Wyllie, D. C. (1980) - Toppling of rock slopes: examples of analysis and stabilization. Rock Mech., 13, pp. 89-98.

Wyllie, D. C. (1992) - Foundation on Rock. 2nd ed.. E. & Spon, 401 pp.

Sarmiento, J.C.V. (2004) - Representação, Imaginação e Espaço Virtual: Geografias de Paisagens Turísticas em West Cork e nos Açores. Edição. Fundação Calouste Gulbenkian, 597 pp.

Turner, A. K, and Schuster, R. L. (1996) - Landslides. Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, 674 pp.