



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

ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE TALUDES DAS
ÁREAS URBANAS DE LOBITO E CATUMBELA
(ANGOLA)

David Cassoma Vieira Muquepe

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS - AMBIENTE E ORDENAMENTO

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Geociências na área de especialização em Ambiente e Ordenamento.

Orientadores científicos

Prof. Doutor Pedro Gomes Cabral Santarém Andrade*

Prof. Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher*

*Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Resumo

Nesta dissertação caracterizam-se diversas situações de instabilidades de taludes e vertentes que se localizam em zonas densamente povoadas das áreas urbanas de Lobito e da Catumbela, localizadas na Província de Benguela (Angola). Os principais tipos de materiais litológicos presentes em afloramento correspondem a rochas calcárias, calcárias margosas e margosas que são sobrepostas por diversos tipos de depósitos de cobertura. Esta sucessão estratigráfica faz parte da unidade Alb₃ (Formação de Quissonde) do Cretácico da Bacia de Benguela. Nos taludes estudados foram identificadas diversas situações de instabilidade como quedas de blocos, fluxos e alguns deslizamentos. Para a caracterização destes movimentos foram objeto de análise vários fatores como a litologia, a estrutura geológica, a morfologia, as ações climáticas e a cobertura vegetal. Para além destes fatores, considerou-se igualmente a ação antrópica, que constitui um aspeto de grande importância no desenvolvimento das instabilidades.

Para a definição do risco relacionado com as ocorrências de instabilidades nas vias de comunicação locais, recorreu-se ao sistema classificativo Rockfall Hazard Rating System (RHRS).

Propõem-se, também, algumas medidas estabilizadoras, preventivas e mitigadoras dos diferentes locais selecionados, tendo em conta os resultados do estudo efetuado.

Palavras-chave: Instabilidades, Lobito, Catumbela, Taludes, Calcários

Abstract

In this thesis the characterization of slope stability in the Lobito and Catumbela urban areas, located in the province of Benguela (Angola), was carried out. The main outcropping lithological materials correspond to limestone, marly limestone and marl, which are overlaid by diverse kinds of blanket deposits. This stratigraphic succession is part of the unit Alb3 (Quissonde Formation) from the Cretaceous of the Benguela Basin. Different types of slopes failures have occurred such as rockfalls, flows and slides. Various factors such as lithology, geological structure, morphology, climate action and vegetation were object of analysis for the characterization of these movements. In addition to these factors, it was also considered the human action which is a major aspect of importance in the development of instabilities.

The Rockfall Hazard Rating System (RHRS) was used to estimate the risk associated with landslides.

The results obtained in the different study stages permitted the establishment of mitigation and prevention measures to avoid future slope stability problems.

Keywords: Stability, Lobito, Catumbela, Slopes, Limestones

Agradecimentos

Ao longo desta dissertação, foram várias pessoas e instituições que me deram apoio e contribuíram de forma imprescindível para que este trabalho torna-se realidade, pelo que quero expressar os meus sinceros agradecimentos.

À Deus por estar sempre presente, iluminando e conduzir-me ao longo da minha jornada.

Agradeço especialmente ao meu orientador científico Professor Doutor Pedro Gomes Cabral Santarém Andrade pela dedicação, paciência, críticas e sugestões permanentes durante a elaboração deste trabalho, sobretudo pela liberdade que me foi dada na hora de conduzir a dissertação e não esquecendo os ensinamentos durante as práticas de campo, muito obrigado.

Ao Professor Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher, meu co-orientador científico, devo agradecer pelo esclarecimento de todas as dúvidas que lhe coloquei e pelas revisões efetuadas aos capítulos deste trabalho. Ainda agradeço pelas sugestões e pelo seu sentido de humor durante este trabalho.

Agradeço igualmente a Direção do Instituto Superior da Tundavala Lubango em particular ao Eng.º Carlos Ribeiro e a Dra. Margarida Ventura pelo estabelecimento da cooperação com a Universidade de Coimbra para a realização do, Mestrado do Ambiente e Ordenamento do Território em Angola, a todos os professores do Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra agradeço pelo carinho e dedicação atribuída durante todo percurso letivo.

Agradeço a todos os amigos e colegas de labuta do dia-a-dia, pela ajuda e dedicação durante a dissertação deste trabalho, a eles, a minha profunda gratidão.

Aos meus pais, Paulo Muquepe e Flora Muquepe, pelo carinho, força e coragem. Aos meus irmãos Marques Muquepe, Paulo Muquepe, Emanuel Muquepe, Paula Muquepe e Rodrigues Muquepe, pelo apoio e incentivo que me deram, as minha cunhadas e sobrinhos, meus agradecimentos.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente a Dra. Carolina Manico e Ivone Dumbo, Msc. Justino Sandandji, o Dr. João Katchikembi e Joaquim Tchilica, agradeço pelo apoio dado durante a elaboração desta dissertação.

Agradeço especialmente a minha querida esposa Sandra Marisa de Lima Cassoma, aos meus filhos Yasmin, Erickson e Irina, pelo amor, carinho e paciência que tiveram nos momentos mais difíceis e pela compreensão sobre as minhas ausências. Amo todos vocês.

A todos aqueles quanto direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realidade, os meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE	IV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Localização.....	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Objectivos gerais.....	4
1.2.2. Objectivos específicos.....	4
1.3. Estrutura do trabalho.....	4
2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E GEOLÓGICA DA ÁREA EM ESTUDO	6
2.1. Clima.....	6
2.2. Geomorfologia	6
2.3. Enquadramento geológico da área de estudo.....	10
2.3.1. Geologia regional.....	10
2.3.2. Tectónica regional.....	15
2.3.3. Geologia local.....	16
2.3.3.1. Hidrologia e hidrogeologia da área de estudo.....	16
2.3.3.2. Unidades litológicas locais.....	16
2.4. Solos.....	18
3. DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE INSTABILIDADES NAS VERTENTES E TALUDES	20
3.1. Classificação dos tipos de instabilidades de vertentes e taludes.....	20
3.1.1. Quedas ou desmoronamentos.....	22
3.1.1.1. Medidas de estabilização/mitigação relativos aos desmoronamentos...23	
3.1.2. Basculamentos ou Toppling.....	25
3.1.2.1. Medidas de estabilização/mitigação relativas aos basculamentos e toppling.....	26
3.1.3. Deslizamentos.....	26

3.1.3.1. Deslizamento rotacional.....	26
3.1.3.1.1. Medidas de estabilização/mitigação de deslizamentos rotacionais...	27
3.1.3.2. Deslizamentos planar ou translacional.....	29
3.1.3.2.1. Medidas de estabilização/mitigação de deslizamentos planares e translacional.....	30
3.1.4. Expansões laterais.....	30
3.1.4.1. Medidas de estabilização/mitigação de expansões laterais.....	30
3.1.5. Fluxos ou Escoadas.....	31
3.1.5.1. Medidas de estabilização/mitigação de fluxos.....	32
3.1.6. Movimentos complexos.....	33
3.2. Factores dos movimentos de instabilidades.....	34
4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO DOS MOVIMENTOS DE INSTABILIDADES.....	35
5. CARACTERIZAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE INSTABILIDADES NAS ÁREAS URBANAS DO LOBITO E DA CATUMBELA.....	42
5.1. Descrição dos taludes/vertentes.....	42
5.2. Estudo comparativo das situações de instabilidades e medidas protetoras e de estabilização dos taludes/vertentes.....	55
5.3. Utilização da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS).....	58
5.3.1. Altura do talude.....	59
5.3.2. Eficácia da vala.....	59
5.3.3. Risco médio para veículos.....	59
5.3.4. Distância de visibilidade de decisão (DVD).....	60
5.3.5. Dimensões da largura da via de comunicação.....	60
5.3.6. Características geológicas.....	61
5.3.7. Volumetria das ocorrências de instabilidades.....	61
5.3.8. Características climáticas e existência de água no talude.....	61
5.3.9. Registo histórico das situações de instabilidades.....	61
5.3.10. Resultados da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS).....	62
6. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 - Introdução

O modelado existente numa dada região é condicionado, de modo determinante, por processos geomorfológicos que aí se desenrolaram na dependência da evolução climática, do substrato geológico e da tectónica, às escalas regional e local. Da ação continuada destes processos e da génese e dinâmica das formas de relevo a eles associadas, poderão ter origem movimentos de instabilidade, muitas vezes associados a danos e consequências gravosas para infraestruturas, bens e pessoas. Assim, o entendimento dos aspetos geomorfológicos possibilita a definição das consequências que determinadas intervenções antrópicas podem exercer sobre um território (Pedrosa, 2006). Tendo presente esta interação homem-ambiente, devem-se analisar, deste modo, os aspetos de planeamento e ordenamento territorial, de acordo com as ocorrências de características excecionais que se podem verificar. As causas destes eventos são, por vezes, difíceis de encontrar, dado que nem sempre é fácil proceder à distinção entre o que foi provocado pela ação humana ou pela natureza.

Este trabalho assenta fundamentalmente no estudo e na análise dos movimentos de instabilidade em terrenos, vertentes e taludes, bem como na identificação dos fatores que os condicionam e desencadeiam na área de estudo. Para além disso, pretende-se avaliar os riscos que resultam das situações de instabilidade que podem afetar a população e seus bens materiais, numa perspetiva de contribuição para o ordenamento e gestão do território das zonas urbanas de Lobito e da Catumbela, onde as condições naturais favoráveis às situações de instabilidade têm sido agravadas por ações antrópicas desajustadas e a densidade populacional é muito elevada. Pretende-se que o presente trabalho possa auxiliar as entidades que são responsáveis pelo planeamento e ordenamento do território, em particular as municipais e provinciais, no sentido de estas incrementarem esforços despendidos a detetarem as possíveis ocorrências de instabilidades e identificarem, igualmente, os fatores que as provocam.

No presente trabalho efetuou-se a delimitação das zonas de estudo, que compreendem áreas pertencentes às cidades de Lobito e da Catumbela, procurou-se caracterizar aspetos das formações geológicas aí existentes, relacionados com a potenciação de instabilidades, bem como os mecanismos que provocam tais situações de instabilidade de vertentes e de taludes, de modo a propor ações de estabilização e de prevenção nos municípios de Lobito e de Catumbela.

1.1 – Localização

Os Municípios de Lobito e da Catumbela localizam-se na região Centro-Oeste do território angolano, na faixa litoral do país e na Província de Benguela, a qual é constituída por 10 Municípios, sendo o do Lobito um dos mais populosos e com maior densidade populacional. O Município do Lobito apresenta uma área de 3 648 km² e uma população de 805 249 de acordo com o recenseamento efetuado em 2014 (PopulationData.net, 2015). Tem a Norte o Município do Sumbe, a Este encontra-se o Município do Bocoio, a Sul o Município da Catumbela e a Oeste localiza-se o Oceano Atlântico. A cidade do Lobito encontra-se a uma distância de aproximadamente 520 Km da capital do país e a cerca de 33 km da cidade de Benguela. (Fig. 1.1).

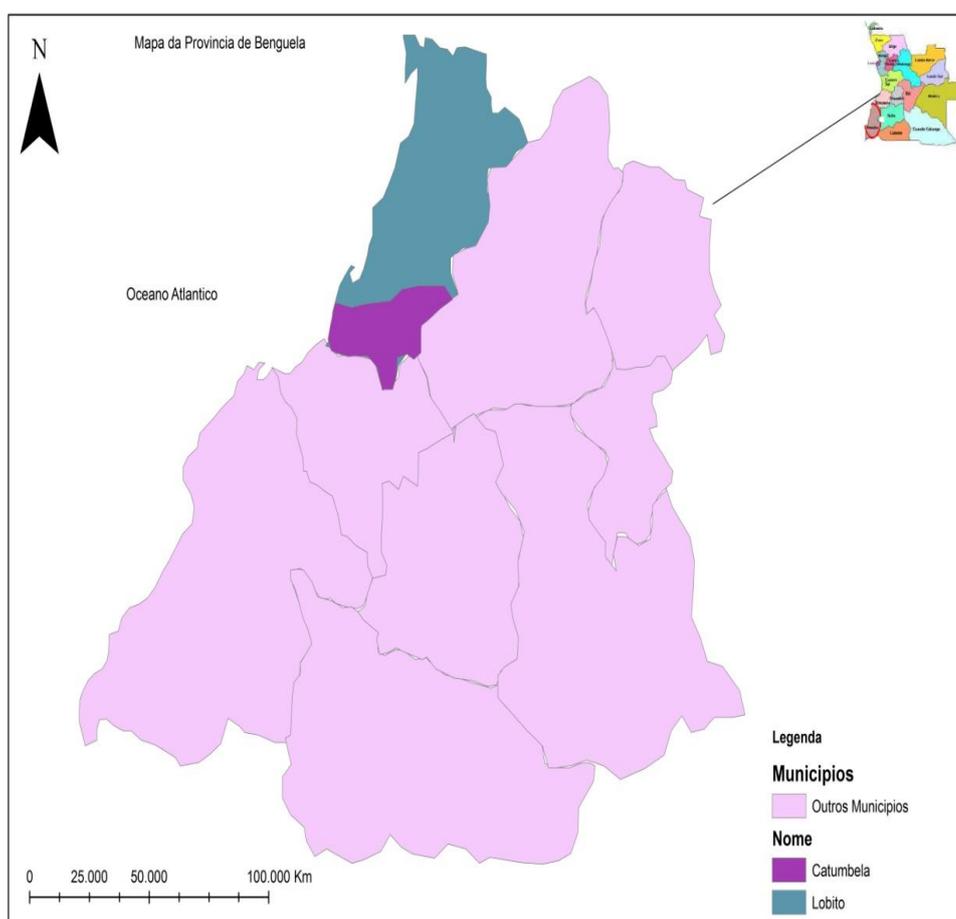


Figura 1.1 – Mapa de Angola, ilustrando a Província de Benguela e os Municípios de Lobito e Catumbela.

As principais atividades económicas do Lobito estão relacionadas com a sua localização geográfica, realçando-se a existência do Caminho-de-Ferro de Benguela

(C.F.B.) e do Porto Internacional do Lobito, capaz de receber navios de grande calado e com grande capacidade de tráfego.

A cidade da Catumbela localiza-se no Município do mesmo nome, tem uma população estimada de 224 375 habitantes (AMC, 2014) e encontra-se implantada a 10 km a Sul da Cidade do Lobito (Fig. 1.1) e a cerca de 22 km a Norte de Benguela. A área urbana situa-se na margem direita do rio Catumbela e possui uma área de cerca de 552 km². O comércio, a agricultura e a pesca constituem as atividades económicas de maior importância.

Tendo em atenção a divisão administrativa dos Municípios da Província de Benguela (Fig. 1.1), verifica-se que a área de estudo se localiza maioritariamente no Município do Lobito (Fig. 1.2).



Figura 1.2 – Representação cartográfica da área de estudo com os limites a cor vermelha (adaptado de GoogleMaps).

1.2 – Objetivos

A ocupação do espaço em zonas de cotas mais elevadas, tem vindo a crescer exponencialmente, nas últimas décadas, nas cidades de Lobito e da Catumbela, verificando-se situações de grande instabilidade de vertentes e/ou taludes provocadas por períodos de precipitação elevada e processos erosivos. As entidades responsáveis não têm vindo a monitorizar e a evitar a evolução de movimentos dos taludes ou

vertentes, não se verificando a elaboração de estudos aprofundados e/ou adoção de medidas eficazes de proteção ou de minimização, nas áreas urbanas de Lobito e da Catumbela.

Neste trabalho procedeu-se ao reconhecimento e estudo de movimentos de instabilidade cujo conhecimento efetivo possibilitará uma melhor ocupação e ordenamento do território.

Nas cidades de Lobito e da Catumbela não se procedeu a um estudo detalhado das situações de possíveis instabilidades de taludes/vertentes, devendo efetuar-se uma cartografia em que se devem considerar vários aspetos como: a litologia, a estrutura geológica, as características geomorfológicas, o estado de alteração, o pendor, a presença de linhas de água, o registo histórico de situações de instabilidades e a existência de medidas de prevenção e/ou contenção.

1.2.1 – Objetivos gerais

- Analisar as situações de instabilidades, bem como os efeitos que provocam nas áreas urbanas de Lobito e da Catumbela.
- Realçar a importância do estudo de situações de instabilidades de taludes ou vertentes nas áreas selecionadas para um melhor planeamento, de modo a permitir um desenvolvimento urbano correto.

1.2.2 – Objetivos específicos

- ✓ Proceder à diferenciação de movimentos de instabilidades de taludes ou vertentes e que possam atingir habitantes, habitações, bens, edifícios e infraestruturas nas cidades de Lobito e da Catumbela.
- ✓ Definir as áreas suscetíveis de instabilidades.
- ✓ Identificar os principais fatores de situações de instabilidades.
- ✓ Avaliar os riscos e perigos tendo em conta o espaço físico e situações de instabilidades e definir medidas de prevenção e estabilização.
- ✓ Elaborar sugestões relacionadas com a elaboração de planos e ordenamento do território dos municípios de Lobito e da Catumbela.

1.3 – Estrutura do trabalho

O trabalho organiza-se ao longo de seis capítulos, sendo que o primeiro deles corresponde a uma introdução, abarcando a localização geográfica, bem como os objetivos gerais e específicos do presente trabalho. No segundo capítulo procedeu-se a uma caracterização física e geológica da área considerada. No terceiro elaborou-se

uma descrição dos tipos de instabilidades de vertentes e taludes. No quarto mencionou-se a metodologia empregue no trabalho e que está relacionada com a localização e análise dos movimentos de instabilidades. No quinto efetuou-se a aplicação da metodologia, bem como a indicação de ações de estabilização e, por fim, no sexto capítulo procedeu-se ao estabelecimento das conclusões.

2 - Caracterização física e geológica da área em estudo

2.1 - Clima

O estudo das particularidades climáticas e microclimáticas, locais, que afetam o espaço físico das cidades em estudo, quantificáveis através de variáveis como a temperatura e a pluviosidade, tendo em conta as variações expressas pelos seus valores diários, mensais e anuais, constitui uma ferramenta fundamental para a caracterização climática, que nos permite analisar as características do meio e relacioná-las com o tipo e ocorrência de instabilidades.

A este respeito, as cidades de Lobito e de Catumbela estão localizadas numa região litoral de clima tropical seco com características desérticas e semidesérticas (Diniz, 2006), em que a temperatura média anual do ar atinge 23,5° C, a humidade relativa média anual do ar 78%, e as médias das precipitações anuais são inferiores a 200 mm. Não obstante, para o interior da província, a Este da área de estudo, o clima torna-se semiárido de precipitação superior anual superior a 200 mm.

Verifica-se, também, que o clima da faixa litoral é bastante influenciado pela corrente fria de Benguela (Diniz, *op. cit.*). Diferenciam-se, também, duas estações, respetivamente a das chuvas, de Outubro a Maio, onde as temperaturas médias são mais elevadas e variam entre os 25°C; e da seca, de Maio a Outubro, a qual se caracteriza por temperaturas baixas, variando as médias mensais de 20°C, e quase não chove. Esta situação condiciona de maneira significativa a vegetação presente, pelo que esta compreende sobretudo capim da família das gramíneas, cereais e pequenos arbustos e até, às vezes, com árvores soltas do tipo “herbácea” e “espinhosa”. No período das chuvas, a vegetação apresenta-se mais desenvolvida e intensifica-se significativamente na área de estudo.

2.2 – Geomorfologia

A província de Benguela é caracterizada pela presença de um relevo bastante diversificado, cujas formas e paisagens resultam da interação prolongada de vários fatores condicionantes, incluindo a estrutura geológica e a evolução tectónica de âmbito regional a local, em simultâneo com condicionantes intrínsecas ao clima e à atuação dos processos de meteorização, erosão e deposição de sedimentos

(Technoexportstrov, 1990). Assim, a partir deste pressuposto, foi possível observar por intermédio do trabalho de campo realizado na área de estudo e sua envolvente, uma série de características geomorfológicas, condicionadas pela grande variabilidade geológica dos corpos aí aflorantes, entre os quais se incluem rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, com idades compreendidas entre o Pré-Câmbrico e a atualidade. Estas características são concomitantes com as três zonas maiores diferenciadas por Galvão & Silva (1972), diferenciadas com base na natureza do *bedrock*, do estilo estrutural, do acidentado do relevo, da altimetria e das geoformas presentes (Fig. 2.1). Estas zonas tomam a forma de faixas com desenvolvimento meridiano e larguras da ordem de uma ou mais dezenas de quilómetros, correspondendo, respetivamente: (1) à orla sedimentar do *onshore* da bacia de Benguela; (2) a uma faixa intermédia desenvolvida em depressão (“baixa dos gnaisses”) e assente num substrato metamórfico proterozoico com migmatitos, gnaisses e micaxistos do “Complexo Metamórfico” (Galvão & Silva, 1972); e (3) uma faixa mais extensa, de transição para as regiões planálticas do interior da província de Benguela, em que o relevo se apresenta rejuvenescido, bastante mais acidentado e a cotas mais elevadas, aflorando a larga escala granitos de grão médio a grosseiro.

As cidades de Lobito e da Catumbela localizam-se, justamente, na faixa litoral do território angolano, dentro da primeira destas zonas. É aí possível distinguir dois domínios com diferente enchimento sedimentar, relevo e controlo estrutural (Feio, 1960), constituindo um contexto quase ímpar no território angolano. O primeiro consiste num domínio de relevo baixo e plano (cota baixa), de planície litoral ou aluvionar, a que estão associados processos costeiros ou aluvionares, nomeadamente no delta do rio Catumbela e na restinga do Lobito. Quanto ao segundo, este compreende um espaço de relevo alto (cota elevada), onde o declive propícia o escoamento das águas superficiais, e o relevo se dispõe sob a forma de paleoarribas e de costeiras recortadas por redes de drenagem encaixadas em vales profundos com flancos verticalizados (dambas).

No primeiro destes domínios, mais extenso entre o Lobito – Benguela, define-se toda uma planície litoral, resultante da acumulação de sedimentos detríticos, sobretudo arenosos e de idade holocénica, resultantes da acreção de materiais provenientes da deriva litoral, dominante do quadrante sul e alimentados, entre outras fontes, pelo rio Catumbela. A planície deltaica deste rio Catumbela é constituída por depósitos areno-argilosos, como areias de tonalidade avermelhada com concreções calcárias, areias claras, arenitos calcários e aluviões, constituindo, deste modo, uma das zonas agrícolas com melhores condições naturais de Angola (Feio, 1960).

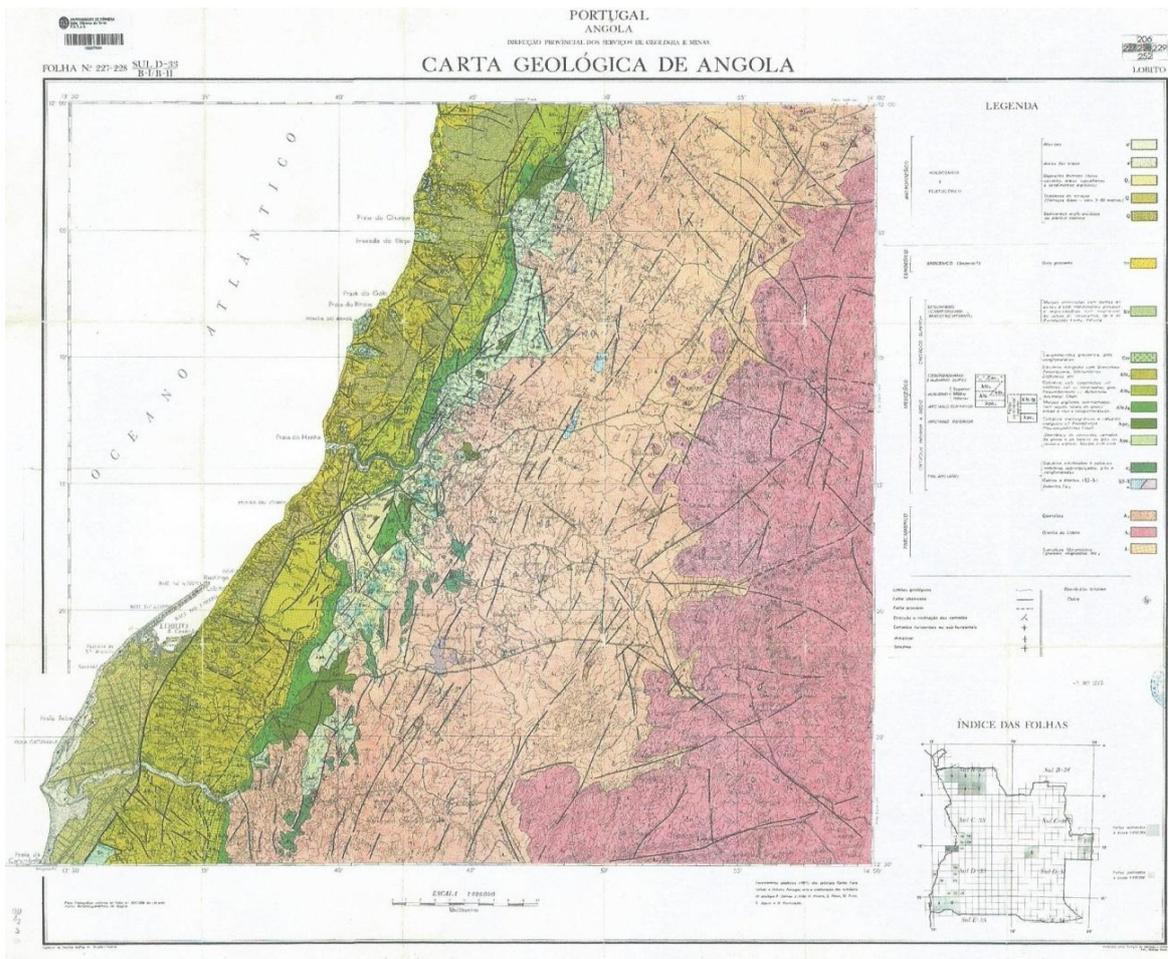


Figura 2.1 – Folhas 227/228 da Carta Geológica de Angola, à escala 1:100.000 (Galvão & Silva, 1972), na qual é possível localizar o Município do Lobito e seu enquadramento na Província de Benguela.

O rio Catumbela e a restinga do Lobito, pelas suas dimensões no contexto regional e local, constituem aspetos geomorfológicos sedimentares de maior realce ao longo da costa angolana (Carvalho, 1961). Estes estão associados ao fenómeno da deriva litoral, cuja dinâmica mais efetiva de Sul para Norte, durante as calemas, permite deslocar grandes volumes de sedimentos aluvionares, os quais vão formar, além do delta, a bela restinga do Lobito, com mais de 5 Km de comprimento e uma largura de cerca 150 m (Fig. 2.2). A restinga do Lobito desempenha um papel de proteção contra a atuação dos processos erosivos na frente de arribas calcárias que se estendem do Lobito para Norte, apesar de não ter extensão suficiente para mitigar a erosão das arribas a partir do Farol norte. Propicia, também, um dos melhores portos da costa Oeste-africana.



Figura 2.2 – Observação de depósitos arenosos na restinga do lobito, proveniente do delta do rio Catumbela.

O confronto geomorfológico e de cobertura vegetal observada entre o domínio litoral e a área de estudo é bem marcada, devido a atividade tectónica e corresponde a um alinhamento definido por uma escarpa, na parte norte do Lobito, deixado por uma antiga arribas marinha de idade Holocénica (Feio, 1960) (Fig. 2.3).

No domínio oriental da região, os aspetos morfológicos mais importantes são condicionados por diversos relevos com aproximadamente 100 m de altitude, onde afloram as rochas calcárias e margosas de idade cretácica, e no interior destes podem atingir altitudes superiores. Estas formações carbonatadas estão relacionadas com as estruturas dobradas que se apresentam de forma sinclinal e anticlinal, onde os seus flancos apresentam pendores elevados (Galvão & Silva, 1972).



Figura 2.3 – Panorâmica do delta do rio Catumbela durante um período de cheia, observando-se aspetos do transporte e deposição de materiais aluvionares e de deriva litoral. Note-se o confronto entre as áreas menos acidentadas e de cobertura vegetal mais densa (oeste-tonalidade esverdeada) e domínio planáltico posicionado mais para o interior (este-tonalidade esbranquiçada).

2.3– Enquadramento geológico da área de estudo

2.3.1 – Geologia regional

A história geológica da Província de Benguela abrange um extenso intervalo estratigráfico, tendo em conta o quadro cronológico da região. Como registos das suas diferentes etapas, encontram-se diferentes tipos de corpos intrusivos e metamórficos de idade pré-câmbrica, sobretudo granitoides, migmatitos, gnaisses e micaxistos, bem como um conjunto de formações sedimentares de idade cretácica, com predominância de rochas carbonatadas (Fig. 2.5 e Quadro 2.1).

Com base as folhas 227/228 da Carta Geológica de Angola (escala 1:100.000) (Fig. 2.1), em que é possível observar a mancha cartografada correspondente à região do Lobito e da Catumbela, é possível reconhecer que o desenvolvimento da geologia

daquilo que é a parte mais próxima do litoral da Província de Benguela, compreende três zonas perfeitamente distintas do ponto de vista litológico, estrutural e das idades das unidades aí aflorantes, dispondo-se segundo um desenvolvimento meridiano, sensivelmente paralelo à linha de costa (Galvão & Silva, 1972):

A primeira destas zonas é representada por uma faixa litoral que se estende de Norte a Sul, formadas por rochas sedimentares, sobretudo carbonatadas, mas também evaporíticas e siliciclásticas, cujas idades vão desde Cretácico (Neocomiano a Aptiano) ao Holocénico. Estas formações constituem a bordadura *onshore* da atual margem continental e inserem-se no enchimento da Bacia de Benguela, uma das bacias sedimentares do litoral de Angola ligadas à fraturação do continente do Gondwana, com conseqüente abertura e distensão do Atlântico Sul. As unidades cretácicas apresentam um controlo estrutural significativo, traduzido num conjunto de falhas normais e desligamentos com orientação dominante NNE-SSO (Fig. 2.4), embora outras famílias possam estar presente, nomeadamente um conjunto de fraturas NO-SE observáveis a sul de Catumbela.



Figura 2.4 – Observação da estruturação das unidades carbonatadas cretácicas, com estratos sub-horizontais e, em primeiro plano, uma falha normal.

A segunda zona é representada pelo denominado “Complexo Metamórfico” e localiza-se entre as rochas sedimentares a ocidente e as rochas granitóides posicionadas a oriente. As litologias presentes nestas rochas encaixantes dos granitos compreendem diferentes tipos de gnaisses, migmatitos e micaxistos, tendo sido considerados antigos dentro da cronologia regional, dentro do Pré-Câmbrico. Também se nota a presença

de vários filões de rochas ígneas do tipo gabro e diorito, cuja direção é, geralmente, NE-SO (Galvão & Silva, 1972).

A terceira zona que ocupa a parte leste das folhas 227/228 da Carta geológica da Angola (1:100.000) é constituída por granitos, cuja idade é compreendida entre a base do Aptiano e a das rochas do Complexo Metamórfico (Galvão & Silva, 1972). O granito apresenta uma granulação média a fina e textura xenomórfica granular. Dentre os seus minerais constituintes, destaca-se a plagioclase, a qual, de modo geral, se apresenta alterada, sendo que a microclina se encontra sericitizada. Também se constatou a presença de intrusões filonianas de gabro e diorito.

Considerando que a área abrangida pelo presente estudo se localiza dentro da primeira destas zonas, passa-se a descrever mais detalhadamente a sua estratigrafia e idade, tendo em conta que o espaço de ambas as cidades confronta com os dois domínios atrás referidos, em 2.2, o primeiro dos quais de planície aluvial e litoral, e o segundo de natureza calcária, mais extenso e acidentado, relacionado com as unidades do substrato cretácico da Bacia de Benguela.

Assim, segundo Carvalho (1957), numa fase pós-glacial, posterior à formação dos terraços baixos, desenvolveu-se uma planície de delta relacionada com o rio Catumbela, a qual está constituída, maioritariamente, por depósitos de granulometria fina. A parte mais antiga do Município do Lobito e parte da Catumbela foi edificada sobre esta planície deltaica, associada à acreção sedimentar de antigos meandros do rio Catumbela.

Quanto à espessa sucessão de idade cretácica onde se tem vindo a desenvolver, durante as últimas décadas, o essencial do tecido urbano destas duas cidades, esta regista uma parte significativa do enchimento mais proximal da bacia sedimentar de Benguela, parte integrante da orla sedimentar do litoral angolano. O registo estratigráfico correspondente apresenta grande espessura e diversidade de fácies, para além de um número substancial de elementos paleontológicos, incluindo amonóides e foraminíferos, mas também diversos outros tipos de invertebrados e de microfósseis que permitem estabelecer quadros biozonais e reconstituições paleogeográficas bastante completas, no quadro evolutivo da margem atlântica oeste-africana desde o Cretácico inferior.

De acordo com Buta & Verrier (1966), a grande unidade morfoestrutural subjacente ao corpo carbonatado é tida como uma sub-bacia da grande bacia sedimentar do Kwanza, desenvolvida mais a Norte. Por conseguinte, a generalidades dos autores

posteriores, como Buta et al. (2006); Tavares et al. (2006); Guiraud et al. (2010), consideram-na como uma unidade independente – a bacia de Benguela, apesar que com bastante semelhanças e equivalências no registo estratigráfico.

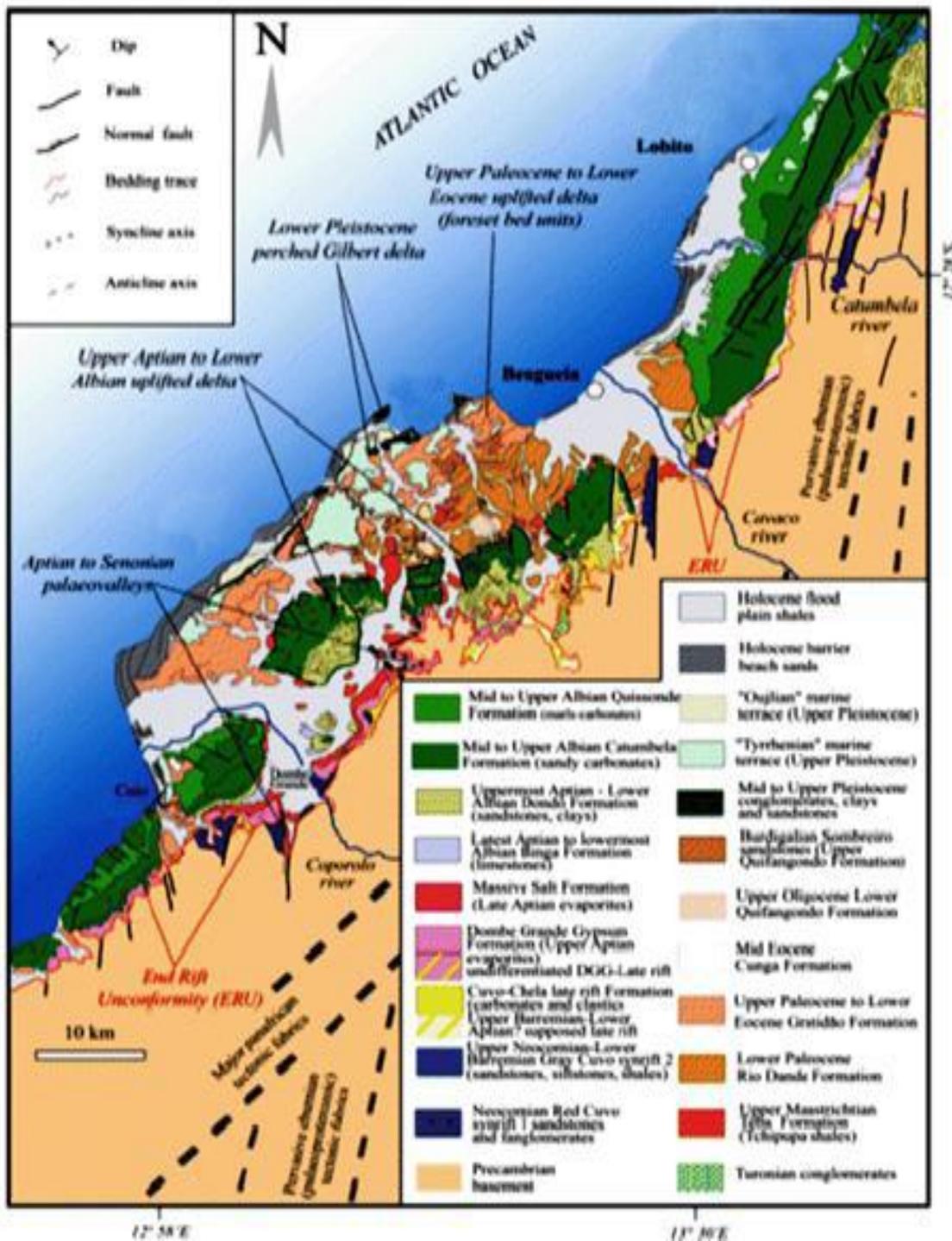
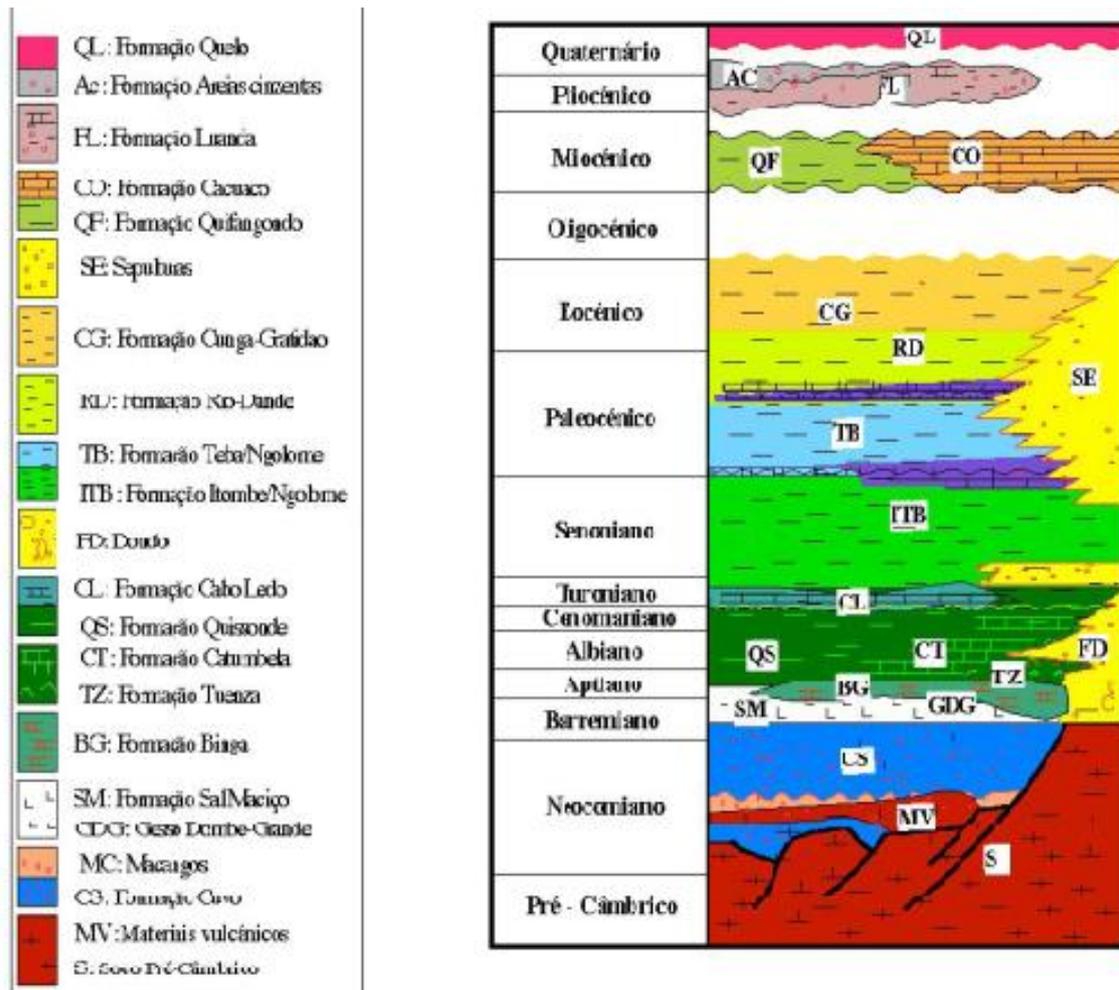


Figura 2.5 - Esboço geológico da Bacia de Benguela (extraído de Guiraud *et al.*, 2010).



Quadro 2.1 – Quadro estratigráfico da Bacia de Benguela (adaptado de Tavares, 2006).

Com base nestes estudos, considera-se que a génese sucessão sedimentar se processou três etapas maiores, em que cada uma delas é caracterizada pormenorizadamente pelo registo de várias formações, tradutoras da evolução tectonosedimentar da bacia, durante o Cretácico e o Cenozóico:

- ❖ Unidade basal (sequência Rift Pré-Sal) – Compreende os sedimentos essencialmente siliciclásticos, continentais que constituem a base do enchimento da bacia (Formação do Covo) e são sobrepostos pela unidade salífera de referência, tendo-se depositado no Cretácico inferior, num ambiente aluvial associados a relevos acidentados com rochas metamórficas e intrusivas, o qual passou progressivamente a fluvio-lacustre a lagunar.
- ❖ Unidade intermédia (sucessão Pos-Rift “Sal Maciço” e unidades carbonatadas marinhas do Aptano-Albiano e do Cretácico superior) – engloba a sequência evaporítica que constitui um horizonte de referência discernível ao longo da

maior parte de enchimento da bacia, apesar de possuir espessuras muito variáveis, função da tectónica salífera. Seguem-se unidades carbonatadas marinhas, incluindo as Formações de Catumbela, Quissonde e Cabo Ledo, com idades até ao Campaniano-Mastrichtiano (Guiraud *et al.*, 2010). Estas formaram-se em ambientes costeiros confinados, passando superiormente a ambientes marinhos francos, distais.

- ❖ Unidade Superior (sequência pelítica) – É formada por toda a sucessão sedimentar de idade cenozoica, descontínua devido à presença de diversas lacunas no Oligocénico e Miocénico-Pliocénico e é mais diversa quanto a fácies presentes e seu significado paleoambiental, o qual traduz sedimentação em ambientes restritos a marinhos francos (Tavares, 2006).

2.3.2 - Tectónica regional

O registo estratigráfico das formações mesozóicas da bacia de Benguela evidencia a importância de movimentos tectónicos sin e pós sedimentares, em parte bem visíveis em afloramento (Galvão & Silva, 1972). Com efeito, estas unidades encontram-se deformadas por vários sistemas de falhas, cuja génese deverá estar ligada a movimentos regionais de grande amplitude, mas também a movimentos locais associados à tectónica salífera. As rochas do Soco Pré-Câmbrico (rochas graníticas e metamórficas) do Complexo de Base apresentam alinhamentos de falhas dominantes com orientação NE-SO a NNE-SSE. Também se verifica a existência de um outro sistema de falha subordinado, definido nas unidades mesocenozóicas, de direcção NO-SE (Fig. 2.3).

A deformação estrutural das unidades calcárias do Cretácico Inferior conduziu igualmente à formação de diversas dobras abertas, delimitada em compartimentos tectónicos e alinhadas segundo a direcção NE-SO, configurando estruturas em anticlinal e sinclinal.

Por fim, ao longo da área em estudo também se relewa a presença de uma extensa falha normal com orientação meridiana, de cujo rejogo resulta linha divisória entre os depósitos quaternários a ocidente e as formações carbonatadas do Cretácico Superior a oriente, responsáveis pela grande quebra morfológica (Fig. 2.3).

2.3.3 – Geologia local

2.3.3.1 – Hidrografia e hidrogeologia da área de estudo.

A hidrografia da área de estudo pauta-se pela escassez de águas superficiais ao longo do ano, exceto nos cursos de água principais, facto que pode ser explicado pelas características climáticas. Neste contexto, destaca-se de imediato o rio Catumbela como curso de água principal que drena o interior da província e desagua no Oceano Atlântico, seguindo-se o rio Balombo, que atravessa o Lobito, mais precisamente no Egito praia, e o rio Bocoio. Os dois últimos são de pequena dimensão, quer em termos do comprimento do curso principal, quer da área drenada, tendo em conta a sua extensão comparativa com o rio Catumbela. As chuvas constituem a principal fonte de alimentação do caudal desses rios, sendo que a distribuição e o regime de suas águas depende fortemente das estações do ano. Por conseguinte, a maior parte dos rios apresenta-se seco na maior parte do ano e quanto aos padrões de drenagem verifica-se a drenagem dendrítica e em treliça.

Na área de estudo afloram maciços rochosos constituídos por rochas sedimentares como calcários, margas e gessos, do que resulta que, em termos hidrogeológicos se verifica que a permeabilidade é do tipo fissural, e esta pode estender-se até grandes profundidades. Considerando os numerosos escarpamentos existentes, sobretudo ao longo das dambas que pautam a maioria das redes de drenagem dos rios secos, como as que atravessam o lobito e a Catumbela, verifica-se que as extensas fraturas que se prolongam desde a superfície do maciço até à base de escarpa, poderão constituir canais de percolação preferencial com capacidade de escoar grandes caudais, justificando, deste modo, a existência de locais propícios para captação de água localizados na base da escarpa, e que se caracterizam por caudais permanentes.

2.3.3.2 - Unidades litológicas locais

A parte ocidental da área de estudo insere-se, como se referiu anteriormente, na parte norte do offshore da bacia de Benguela. Em conformidade com a litostratigrafia definida no mapa da Fig. 2.1, existem na região do Lobito e da Catumbela, varias unidades datadas do Cretácico, designadas respetivamente por: Ci, Apc₁, Apc₂, Alb_{1lg}, Alb₂, Alb₃, Cm e Sn (Galvão & Silva, 1972). De acordo com Quesne *et al.* (2009), as primeiras seis daquelas unidades correspondem às formações de Cuvo, Sal Maciço, Binga, Dondo-Tuenza, Catumbela e Quissonde, com idades compreendidas entre o Neocomiano, Aptiano e Albiano. Na área de estudo afloram as unidades do Cretácico

inferior destacadas como Alb₃ (Formação de Quissonde), sendo que as restantes unidades afloram substancialmente mais a leste, próximo do contacto com o soco. As suas características são as seguintes:

Unidade Ci – é a formação mesozóica mais antiga da região, com idade compatível com o Neocomiano. Integra todos os depósitos pré-salíferos, essencialmente detríticos grosseiros e sobrepostos por calcários negros com óxidos de ferro e manganês (Galvão & Silva, 1972). Na região da Catumbela-Egito praia, esta unidade passa superiormente a calcários arenosos de coloração amarelada e apresenta espessura variável. Segundo Neto (1961), esta unidade é equivalente à Formação do Cuvo.

Unidade Apc₁ - Tipicamente evaporítica, a sua génese remonta ao Aptiano e é constituída por gesso com intercalações de anidrite, argilas bem laminadas e grés micáceos, argilosos, com cujo cimento carbonatado. De acordo com Brognon & Verrier (1966), a sua espessura é muito variável e encontra-se limitada a ocidente pelos calcários do Albiano médio e Apciano inferior, e ainda por formações de grés laguno-continentais do Albiano inferior. A parte oriental da unidade Apc₁ contacta com formações rochosas do “Complexo Metamórfico” e rochas carbonatadas do Apciano. Considerando as fácies presentes, considera-se que a unidade Apc₁ é equivalente à Formação Sal Maciço.

Unidade Apc₂ - De idade compreendida no Aptiano superior, é constituída, também, por evaporitos, calcários margosos, sublitográficos e oolíticos, sobrepondo-se à unidade anterior. Apresenta uma variação desde calcário oolítico, na parte oriental da bacia, ao calcário argiloso nas zonas de maior profundidade, mais frequente sob a forma de dolomito (Galvão & Silva, 1972). Pelas características presentes, esta unidade corresponde à Formação Binga.

Unidade Alb_{1lg} – Na sua maior parte integra um cortejo de fácies greso-conglomeráticas de coloração avermelhada com características de sedimentação continental. Integra também calcários oolíticos e calcarenitos com intercalações locais de dolomito cinza e argilito avermelhado. É datada do Albiano inferior (Galvão & Silva, 1972) e aflora numa extensão com sentido longitudinal, de bordadura da bacia, abrangendo praticamente toda a carta Geológica do Lobito e da Catumbela (Fig. 2.1). De acordo com Galvão & Silva (1972) a espessura da unidade Alb_{1lg} oscila entre 80-100 m e é o equivalente lateral das formações Dondo e Tuenza (Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009).

Unidade Alb₂ – Sendo uma formação litologicamente bastante homogênea, apresenta um cariz essencialmente carbonatado e grande expressão cartográfica na região de Catumbela e Lobito (Galvão & Silva, 1972), particularmente visível ao longo dos flancos do vale do rio Catumbela, sobretudo na área do açude. De idade albiana, é composta por calcários brancos a acinzentados, compactos, subcristalinos, dolomitos, oolíticos, pisolíticos, bioclásticos ou gresosos, estratificados em camadas espessas e maciças. Segundo Neto (1961) a espessura máxima desta unidade atinge cerca de 200 m e dada a sua homogeneidade em carbonatos calciclásticos grosseiros, pode ser correlacionada com a Formação de Catumbela. Na área do Lobito-Catumbela, a unidade Alb₂ aflora nas regiões de Jomba, Nonra, Uoia, Comengo, Macangos e Longolongo, nas proximidades do rio Catumbela.

Unidade Alb₃ - Esta unidade é constituída por intercalações, em bancadas finas a espessura média, de calcários, calcários margosos, margas e margas argilosas, integrado uma sucessão mais distal do corpo carbonatado, parcialmente equivalente da anterior. Segundo Galvão & Silva (1972), as litofácies mais frequentes consistem em calcários micríticos, calcários margosos, argilitos calcários e siltosos. É limitada a ocidente pelo oceano Atlântico e pela planície deltaica, e a oriente contacta com a unidade Alb₂. Segundo Tavares (2006) e Tavares *et al.* (2007) esta unidade é atribuída ao Albiano superior. Tendo em conta as suas fácies e conteúdo fóssil, corresponde à Formação de Quissonde. Apresenta maior representatividade cartográfica, entre as diversas unidades mesozóicas aflorantes na região Lobito-Catumbela. Estende-se por toda faixa litoral da área de estudo, especificamente na Jomba, a Norte, seguindo-se pelo farol do Lobito, Borrvalho, Quileva, na zona urbana do Lobito até a Catumbela, e prolonga-se para sul do rio Catumbela.

2.4 – Solos

Se atendemos à distribuição latitudinal dos solos no planeta, a área de estudo enquadra-se nos da zona tropical (semi-áridas e áridas) que se caracterizam genericamente por serem solos esqueléticos, pouco evolucionados e com certo conteúdo em sais ou em cal, visto que, para sua formação, os processos predominantes foram a calcificação e a laterização, os quais dependem muito das características do clima, no qual, devido à escassez da água, se tornou preponderante a influência da rocha-mãe. Desta maneira refletem-se nos solos as características litológicas e a composição mineralógica dos materiais rochosos subjacentes.

Os solos predominantemente calcários, ariolitos e os litossolos localizam-se nas áreas de cota mais elevada (zona alta) enriquecidos de carbonatos de cálcio e, por vezes, de cristais de gesso, enquanto os solos aluvionares se situam nas áreas adjacentes ao rio Catumbela, isto é, nas áreas de cota baixa (zona baixa). Estes solos aluvionares oferecem condições ideais para a implementação da atividade agrária na região, sendo que a mesma é praticada de várias maneiras, a saber: de forma sequeira de subsistência feita na área de clima árido, de regadio nos vales de rio e, também, para a exploração florestal, no extremo nordeste da área de estudo.

As planícies aluvionares do litoral são formadas por sedimentos recentes, constituindo deste modo solos de textura fina e média de coloração parda. Por conseguinte, consideram-se nestas planícies diferentes tipos de solos, tendo em conta a composição mineralógica dos sedimentos depositados. Por sua vez, estes solos também são influenciados pelo relevo aí existente e a localização em relação ao curso do rio Catumbela.

3 - Descrição dos tipos de instabilidades nas vertentes e taludes

Por movimentos de vertente/taludes entendem-se as instabilidades que verificam nas vertentes/taludes e que correspondem a uma deslocação de materiais (solos e rochas), estando ainda relacionados com a ação de processos geomorfológicos, geológicos e antrópicos. Os taludes têm a sua origem em modificações antrópicas do relevo existente através de desmatamento, escavação, cortes e utilização de explosivos. Os taludes classificam-se como de escavação ou de aterro.

Os movimentos de instabilidade podem provocar situações de destruição nas infraestruturas existentes, originar vítimas humanas e provocarem um impacto muito significativo em termos económicos e sociais, como por exemplo obstruções nos vales e nos cursos de água, bem como prejuízos significativos em infraestruturas.

De acordo com os estudos realizados e que estão relacionados com a caracterização geomorfológica, litológica, estrutural e climática, foi possível constatar que, nas zonas urbanas estudadas, o crescimento populacional e as consequentes infraestruturas e edificações foram efetuadas de forma desordenada e não tendo em conta a ocorrência das possíveis situações de instabilidade.

3.1 - Classificação de tipos de instabilidades de vertentes e taludes

Desde tempos remotos que existem preocupações com as condições de vida e de segurança das populações cujas habitações e infraestruturas, se encontram mal localizadas e não obedecem a padrões urbanísticos e/ou de planeamento, estando por conseguinte sujeitas a situações de instabilidades que podem ocorrer.

Os movimentos dos taludes são, de modo geral, possíveis de enquadrar em classificações. Devido aos diversos fatores que condicionam e originam as instabilidades existem, por vezes, dificuldades em classificar as situações de instabilidades.

Em 1894 Penck, definiu uma classificação relativa às instabilidades nas vertentes, fundamentadas a partir de dois pressupostos: os movimentos em massa que estão associados à ação da gravidade e os transportes de massa, estes últimos relacionados com a ação da água, vento ou gelo.

Dentro das classificações iniciais, é de destacar a efetuada por Dana 1862, que procedeu à distinção de três diferentes tipos de deslizamentos: fluxos de detritos, expansão lateral de solos e deslizamentos de material rochoso.

As classificações dos movimentos de instabilidades são estabelecidas através da caracterização de parâmetros como os materiais constituintes dos taludes/vertentes, velocidades, origem, morfologia e causas dos movimentos (Andrade, 2008).

Varnes (1958,1978,1984), classificou os movimentos de taludes/vertentes de acordo com várias características como o tipo de material e de rotura, como as suas características morfológicas, estabelecendo seis classes principais: quedas, basculamentos ou “Toppling”, deslizamentos, expansões laterais, escoadas ou fluxos e movimentos complexos. A classificação de Varnes (1978,1984) é das mais divulgadas a nível internacional, sendo igualmente de salientar a classificação definida por Dikau et al. (1996) (Quadro 3.1).

Quadro 3.1- Classificação de movimentos de instabilidade (adaptado de Dikau et al., 1996)

Classificação de movimentos	Material existente		
	Substrato rochoso	Solos	
		Predominantemente grosseiro	Predominantemente finos
Quedas	Quedas de rochas	Quedas de detritos	Quedas de solos
Basculamentos	Basculamentos de rochas	Basculamentos de detritos	Basculamentos de solos
Deslizamentos rotacionais	Deslizamentos rotacionais de rochas	Deslizamentos rotacionais de detritos	Deslizamentos rotacionais de solos
Deslizamentos translacionais	Deslizamentos translacionais de rochas e de blocos rochosos	Deslizamentos translacionais de detritos e de bloco de detritos	Deslizamentos translacionais de solos e de material lamacento
Expansões laterais	Expansões laterais de material rochoso	Expansões laterais de detritos	Expansões laterais de solos
Fluxos	Fluxos de material rochoso	Fluxos de detritos	Fluxos de solos
Movimentos Complexos	Sequência de movimentos em material rochoso	Sequência de movimentos em material detrítico	Sequência de movimentos em material tipo solo

3.1.1 – Quedas ou desmoronamentos

Os desmoronamentos são movimentos de materiais rochosos ou de solo que ocorrem em taludes ou vertentes íngremes, por vezes escarpadas e, em que pelo menos parte do trajeto do material, é efetuado em queda livre. Os materiais envolvidos nestes movimentos apresentam dimensões muito diferenciadas, sendo depositados na parte inferior do talude/vertente ou numa cota mais baixa, muitas vezes em situações de instabilidade.

Trata-se de um movimento de massa brusco, caracterizado por uma velocidade elevada (extremamente rápido), onde o material desprendido pode apresentar um movimento em queda livre, ressalto, rolamento ou deslizamento (Highland & Bobrowsky, 2008) (Fig. 3.1).

Nas situações de quedas podem diferenciar-se as situações de quedas de blocos isolados ou em conjunto e as situações relativas a massas rochosas de dimensões consideráveis.

Estas situações de instabilidades são provocadas pela existência de fraturação, o seu possível incremento e ainda pela erosão diferencial. Igualmente destacam-se os efeitos da sismicidade, vibrações resultantes da circulação de automóveis e a sobrecarga nos taludes.



Figura 3.1 – Queda de blocos no Bairro do Akongo (Lobito).

3.1.1.1 – Medidas de estabilização/mitigação relativas aos desmoronamentos

As quedas de blocos ou desmoronamento são potencialmente muito gravosas para as populações e infraestruturas que se localizam próximas dos taludes. As principais medidas preventivas e corretivas que se podem utilizar são: alteração da geometria do talude, muros de suporte, barreiras dinâmicas, ancoragens e pregagens, redes de proteção, falsos túneis e betão projetado.

A modificação da geometria dos taludes instáveis permite que estes apresentem uma nova configuração, esta deve possibilitar uma diminuição das forças instabilizadoras.

De acordo com Ayala-Cacerdo et al. (1987), as principais técnicas relacionadas com a modificação da geometria do talude são: retirada do material, colocação de material de modo a manter a estabilidade, redução do pendor do talude/vertente e a realização de banquetas. Este último processo permite a manutenção dos taludes.

Dentro dos tipos de muros de suporte destacam-se os muros flexíveis, como os gabiões, e os muros rígidos que são constituídos por material rochoso ou betão, usados quando as fundações apresentam boas condições. Os muros de betão armado apresentam resistências elevadas, permitem a redução da pressão da água nos maciços rochosos através da utilização de drenos e são geralmente bastantes dispendiosos.

As barreiras dinâmicas são igualmente utilizadas, correspondendo a dispositivos que permitem a proteção relativamente à queda de blocos de dimensões consideráveis, correspondendo a sistemas de dissipação de energia que podem absorver energias de vários milhares de kJ (Maccaferri, 2015).

As ancoragens são empregues, muitas vezes, em maciços rochosos fraturados, permitindo a estabilização dos blocos propensos a movimentarem-se. Em furos previamente efetuados, são introduzidos varões ou cabos de aço (15 a 40 m de extensão) que são posteriormente tracionados, a sua capacidade de carga é de 60 a 120 toneladas por ancoragens (Vallejo et al., 2002).

As pregagens correspondem a varões de aços introduzidos em taludes rochosos, são executadas de forma expedita e correspondem a um sistema constituído por uma armadura metálica fixa ao maciço ao longo da totalidade da sua extensão (Vilaça, 2009). Os varões de aços das pregagens possuem uma extensão de 3 a 6 m e um

diâmetro entre 25 a 40 mm. Nas obras com pregagens definitivas deve adotar-se um sistema de proteção contra os processos corrosivos (Santos, 2014).

As redes de proteção são utilizadas nas superfícies de taludes e permitem o controle de quedas de blocos, muitas vezes frequentes, em taludes rochosos diaclasados, naturais ou de escavação (Ayala-Cacerdo et al., 1987). As redes metálicas que constituem as redes de proteção podem ser de dupla ou tripla torsão galvanizada e são similares às utilizadas nos cestos dos gabiões. As redes de proteção são empregues onde a superfície dos maciços rochosos se podem fragmentar com facilidade, não devendo esses fragmentos serem de dimensão inferior à abertura mais reduzida da rede. Constituem um método de contenção de instalação simples, pouco dispendioso e requerem manutenção periódica após a sua instalação evitando deste modo que se danifique a sua estrutura.

Os falsos túneis permitem a proteção de vias de comunicação em relação a situações de instabilidade, designadamente da queda de blocos rochosos. São utilizados para evitar que os materiais instabilizados atinjam viaturas ou possam provocar a interrupção e/ou danificação das vias de comunicação.

O betão projetado é utilizado em taludes muito fraturados e/ou que se podem deteriorar ou ainda apresentar situações de erosão, este método deve ser acompanhado de um sistema de drenagem de modo a evitar o incremento das pressões da água (Gedeon, 1993) (Fig. 3.2).

O betão projetado pode ser aplicado através de dois processos distintos: mistura por via seca, o mais comum, e em que se procede à adição de água na saída dos materiais, e o de mistura por via húmida no qual a água é adicionada previamente e em conjunto com os materiais. O betão projetado é muitas vezes utilizado em conjunto com uma malha metálica ou pregagens. De modo a incrementar a resistência à tração do betão podem utilizar-se fibras.

No sentido de evitar impactes paisagísticos, o betão projetado pode ser colorido de modo a não se verificar um contraste acentuado com os materiais existentes em seu redor. O betão projetado é muitas vezes aplicado em maciços rochosos fraturados, mas deve ter-se em atenção a presença de material argiloso dado que este pode provocar danos posteriores no revestimento. A utilização de betão projetado é menos dispendiosa do que a construção de um muro de betão armado (Andrade, 2011).

3.1.2 – Basculamento ou Toppling

O basculamento ou “toppling” apresenta um movimento de rotação de uma massa rochosa, de detritos ou de solos em redor de um eixo situado inferiormente ao centro de gravidade do material instabilizado (Fig. 3.2).

O basculamento ou toppling está relacionado com superfícies de descontinuidades de orientação paralela à crista do talude e cujos pendores são elevados e com sentido para o interior do talude/vertente (Andrade, 2008). Os movimentos de toppling são frequentes em maciços rochosos de estrutura colunar vulcânica ou constituídos por rochas xistosas, designadamente quando intersectados por vias de comunicação ou linhas de água que apresentam taludes/vertentes de pendores elevados.

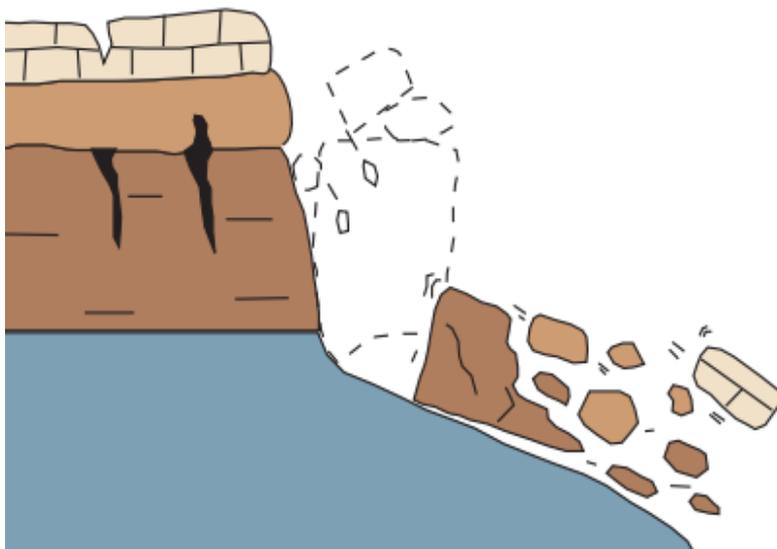


Figura 3.2 – Movimentos de basculamento ou toppling (adotado de Highland & Bobrowsky, 2008).

Os movimentos de basculamentos podem apresentar velocidades extremamente lentas a extremamente rápidas e provocar situações de desmoronamento ou deslizamento. As situações de toppling ocorrem por influência da percolação da água, da escavação ou erosão dos taludes, sendo de destacar também a atuação de tempestades com precipitações elevadas e ventos intensos, bem como as ações sísmicas.

3.1.2.1 – Medidas de estabilização/mitigação relativas ao basculamento e toppling

As principais medidas de estabilização relativas aos basculamentos são a alteração da geometria do talude, a drenagem e também as ancoragens e pregagens.

De modo a impedir a ação e a presença da água que pode levar a situações de instabilidade nos taludes recorre-se à drenagem, que pode ser classificada como superficial ou profunda. A drenagem superficial é utilizada de modo a impedir processos erosivos e a infiltração da água. A drenagem profunda pode ser efetuada através de drenos sub-horizontais, poços verticais e galerias drenantes.

3.1.3 – Deslizamentos

Os deslizamentos correspondem a movimentos de materiais rochosos, de solos ou detritos que se verificam no sentido descendente e estão relacionados com superfícies de rotura ou zonas de espessura reduzida e que evidenciam uma deformação tangencial acentuada (WL/WLI, 1993), é de salientar que o movimento processa-se para o exterior do talude ou vertente.

Os deslizamentos são classificados em rotacionais ou planares, e são originados por diversos fatores como a litologia, o grau de alteração, a presença de água, os eventos sísmicos, as características das descontinuidades e a ação antrópica, esta podem envolver a retirada de vegetação e os processos de escavação.

3.1.3.1 – Deslizamento rotacional

Nos deslizamentos rotacionais, os movimentos verificam-se ao longo de superfícies de rotura cuja concavidade se apresenta voltada para cima (Fig. 3.3), numa parte inicial deste tipo de movimentos verificam-se fraturas de tração na parte superior do talude ou vertente (Andrade, 2008). Estes tipos de deslizamentos são frequentes em meios homogéneos e isotrópicos como solos, aterros e maciços rochosos muitos fraturados e/ou alterados, a sua dimensão é muito variável, podendo ser reduzida ou atingir várias dezenas de milhares de metros cúbicos (Dikau te al., 1996).

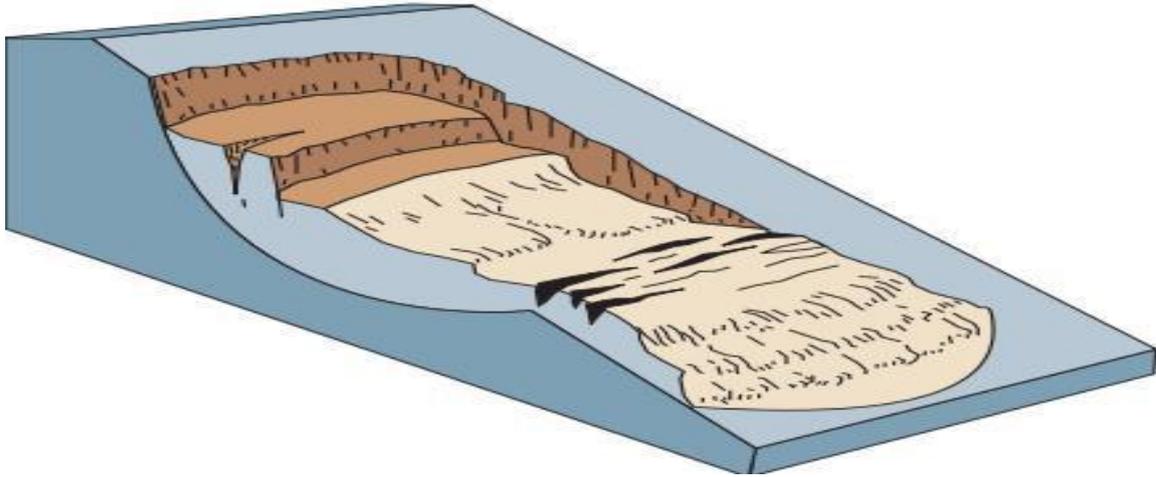


Figura 3.3 - Deslizamento rotacional (Adaptado de Highland & Bobrowsky, 2008).

Os deslizamentos rotacionais estão geralmente associados à ação e presença de água, designadamente com precipitação elevadas e/ou variações de nível freático, processos erosivos e ações sísmicas.

3.1.3.1.1 – Medidas de estabilização/mitigação de deslizamentos rotacionais

Para estabilizar os deslizamentos rotacionais deve-se ter em conta as seguintes medidas: alteração da geometria do talude, drenagem e muros de suporte.

A drenagem é utilizada para evitar processos de erosão interna e externa que são originadas pela água e de modo a impedir o aumento das pressões neutras. A presença da água no interior dos terrenos pode provocar o incremento do peso específico do material e também a diminuição da pressão efetiva provocando deste modo situações de instabilidade (Dyminski, 2010).

A drenagem de taludes naturais ou de escavação corresponde, de modo geral, ao método mais económico para incrementar a estabilidade (Quinta-Ferreira, 2009). Os sistemas de drenagens podem ser superficiais ou profundos. O dimensionamento das estruturas de drenagem é dependente dos caudais esperados, das características geológicas e ambientais.

Na drenagem superficial podem utilizar-se valas que permitem a captação das águas, impedindo deste modo o aumento da cota do nível freático e o incremento dos processos erosivos. Outros métodos de drenagem superficial que se podem utilizar são a proteção superficial de um talude com materiais plásticos, bem como o

preenchimento de discontinuidades com material impermeabilizante e a utilização de máscaras drenantes.

Na drenagem profunda destacam-se os drenos sub-horizontais, as trincheiras drenantes, os poços verticais, as galerias drenantes e os esporões drenantes.

Os drenos sub-horizontais são uma utilização muito comum e que permitem a diminuição das pressões de água existentes nos taludes e/ou a captação de redes de fluxos, evitando deste modo a ocorrência de situações de instabilidade. Os drenos sub-horizontais correspondem a tubos PVC ou aço galvanizado perfurados e que variam entre 50 e 150 mm de diâmetro e têm um pendore de 5° a 10°. Os drenos são revestidos por uma manta geotêxtil ou uma tela de nylon. A sua disposição nos maciços rochosos deve intercepar as discontinuidades onde se verifica percolação (Wyllie & Mah, 2005). Os drenos são fáceis de serem aplicados, os custos de instalação não são elevados e revelam uma durabilidade considerável (IGM, 1999).

Os poços verticais são executados desde a superfície do talude, o seu diâmetro é, de modo geral, superior a 30 cm, o espaçamento entre os diferentes poços está dependente da permeabilidade dos terrenos e de modo geral não excedem os 8 a 10 m, para proceder à extração da água utiliza-se um sistema de bombagem ou pode efetuar-se a sua retirada por gravidade através de drenos. Um dos possíveis inconvenientes relacionados com a realização da bombagem são os seus custos elevados. Os poços de bombagem podem ser utilizados em taludes constituídos por solos como seixos e areias finas (Aldeias, 2011).

As galerias drenantes são executadas no interior dos maciços rochosos e são de custos elevados (Oliveira, 2010). Consistem em sistemas de drenagem sistemas de drenagem indispensáveis nos projetos hidráulicos, pois apresentam uma orientação paralela à face do talude e são dispendiosos quanto a sua instalação, mas podem ser necessários em deslizamentos de volumetria consideráveis ou com nível freático a uma profundidade razoável, medidos com piezómetros e extensómetros.

As valas drenantes correspondem a sistemas de drenagem em que se utiliza material arenoso que apresenta uma permeabilidade elevada (Branco, 1996), estas valas apresentam uma disposição paralela à face do talude (Fig. 3.4). Na parte inferior da vala é colocado um tubo perfurado, de modo a permitir uma evacuação mais rápida da água.



Figura 3.4 – Construção de vala drenante (Fibratex, 2014)

3.1.3.2 – Deslizamento planar ou translacional

Os deslizamentos translacionais são comuns em maciços anisotrópicos, nos quais se verifica um controlo estrutural de forma evidente, onde o plano de rutura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza que apresentam uma resistência ao corte reduzida, como falhas, planos de estratificação, diáclases, ou superfície de contacto entre cobertura detrítica superficial e o substrato rochoso (Fig. 3.5) (Zêzere, 2005). As superfícies relacionadas com os deslizamentos planares apresentam um pendor de uma maneira geral, inferior ou igual ao do talude. Os deslizamentos planares são comuns em maciços rochosos constituídos por rochas sedimentares em particular nas carbonatadas, que apresentam superfícies de estratificação de grande continuidade, podendo igualmente ocorrer em granitos devido a processos de esfoliação (Hunt,2007).

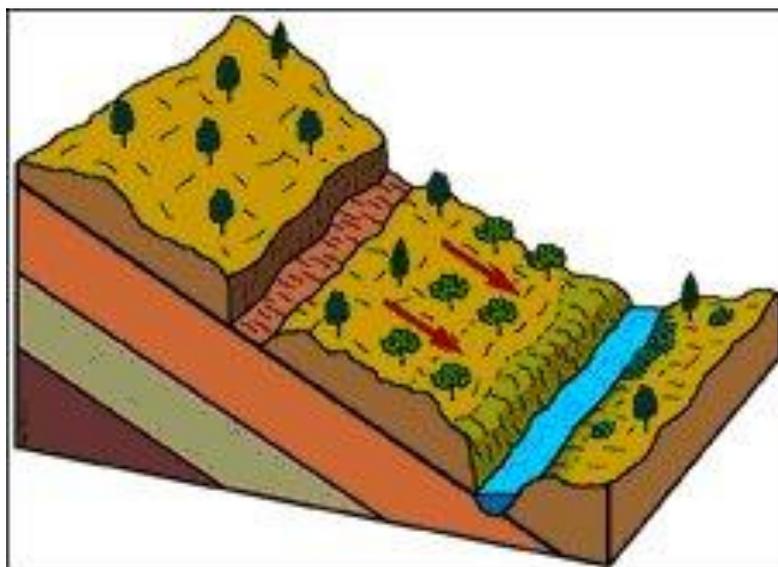


Figura 3.5 – Deslizamento planar, retirado de Cunha (2007).

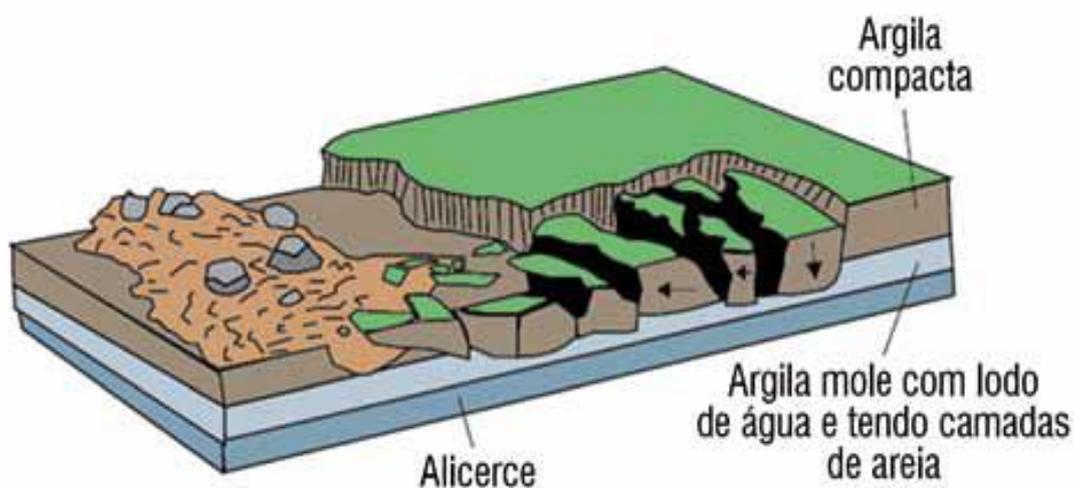
Tendo em conta as observações efetuadas em maciços rochosos quanto aos deslizamentos, verifica-se que a maior parte são condicionados por superfícies de descontinuidades como diáclases, planos de falhamento e de estratificação. Outras causas importantes dos deslizamentos translacionais estão associadas ao contacto entre formações litológicas distintas ou com um grau de alteração muito diferenciado, alternância de estratos ou existência de descontinuidades de persistência considerável (Dikau et al., 1996). Destacam-se igualmente os processos erosivos e as escavações nos taludes, bem como a ação da água.

3.1.3.3 – Medidas de estabilização/mitigação de deslizamentos planares

Existem um conjunto de medidas de estabilização/mitigadoras dos deslizamentos planares como a alteração da geometria do talude, a drenagem e a utilização de muros de suporte. Por vezes recorre-se a ancoragens e pregagens. Os deslizamentos translacionais em taludes de pendor moderado a elevado podem revelar-se de difícil estabilização.

3.1.4 – Expansões laterais

A expansão lateral (*lateral spreading*) corresponde à movimentação de material rochoso ou de solos, que se localizam superiormente a um nível de material mais brando ou deformado e com características de fluxo ou de liquefação (WPWLI, 1993). Neste tipo de movimento não se verifica a presença de superfícies de rotura bem definidas (Cruden & Varnes, 1996), podendo alcançar uma grande extensão e ter consequências desastrosas (Fig. 3.6). A expansão lateral em rocha corresponde a uma movimentação muito lenta e está associada a deformações visco-plásticas que por sua vez estão relacionadas com tensões gravíticas (Zêzere, 1997).



3.6

- Expansão Lateral (Adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Os movimentos de expansão lateral são provocados, de modo geral, por atividade sísmica, presença da água, relevo, ações erosivas e deformações plásticas.

3.1.4.1 – Medidas de estabilização/mitigação de expansões laterais

Para este tipo de situação de instabilidade de taludes é essencial o mapeamento dos locais que podem sofrer liquefação, de modo a evitar a construção nesses locais designadamente quando em conjunto podem apresentar uma sismicidade média a elevada (Highland & Brobrowsky, 2008). Uma das principais medidas a adotar é a instalação de um sistema de drenagem que permita a retirada da água.

3.1.5 – Fluxos ou Escoadas

Os fluxos ou escoadas correspondem a movimentos contínuos em termos espaciais e em que as superfícies de tensão tangencial não são permanentes e de modo frequente são mal conservadas (Fig.3.7), as velocidades no material em movimento (instabilizado) são semelhantes às dos fluidos viscosos (WP/WLI, 1993). Os fluxos podem verificar-se em rochas, detritos e solos.

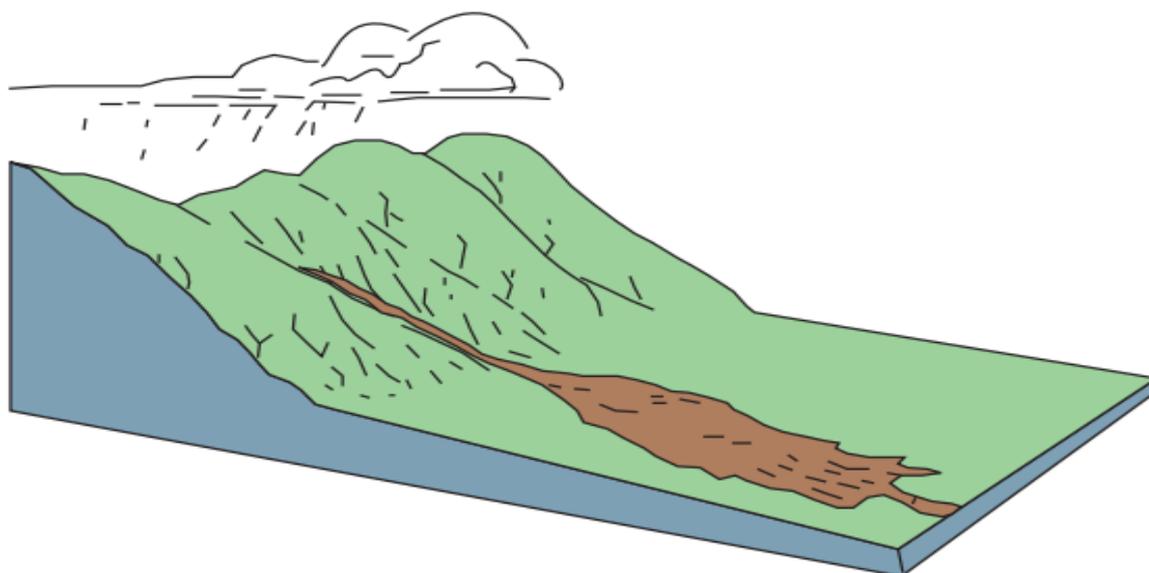


Figura 3.7 – Aspeto diagramático de uma escoada (adaptado de Highland & Bobrowsky, 2008).

Os movimentos de fluxos são possíveis em materiais rochosos deformados situados a grande profundidade e em áreas de relevo acentuado, sendo de destacar que a ação

gravítica é muito importante no desenvolvimento e na progressão dos fluxos rochosos, estes apresentam uma velocidade lenta e englobam volumes de dimensões elevadas na ordem de vários milhares de metros cúbicos e uma espessura de dezenas de metros (Dramis & Sorriso – Valvo, 1994).

Os fluxos de detritos apresentam-se constituídos por materiais de várias dimensões desde areias finas e argilas até elementos de maior dimensão como calhaus e blocos, registando a presença importante de água. A percentagem da carga sólida ultrapassa geralmente 50% da massa total (Zêzere, 2005). Dentre das principais causas dos fluxos de detritos destacam-se precipitações intensas e prolongadas, pendores elevados, ações sísmicas e remoção de vegetação.

Os fluxos constituídos por terra e de lama têm na sua composição uma concentração elevada de água, estes fluxos movimentam-se muitas vezes de forma turbulenta, podendo originar processos erosivos nos percursos que percorrem (Bloom, 1970). Os fluxos de detritos, terra e/ou lama podem ter consequências graves podendo destruir infraestruturas, habitações e provocar modificações no relevo existente. Os prejuízos provocados podem ter efeitos longos ou serem mesmo irrecuperáveis.

3.1.5.1 – Medidas de estabilização/mitigação de fluxos

No que diz respeito aos fluxos, devemos destacar algumas medidas estabilizadoras e de mitigação, tais como: impedir a edificação de infraestruturas e de edificações ou habitações nos locais ou percursos onde se podem verificar fluxos, implementar sistemas de aviso, pode recorrer-se a sistemas de drenagem, utilização de vegetação, de muros de contenção, bem como barragens permeáveis e bacias de contenção (Kapule, 2012).

A vegetação desempenha um papel preponderante na estabilidade dos taludes, visto que impede os processos erosivos, deslizamentos e fluxos.

A cobertura vegetal protege os terrenos constituintes dos taludes da erosão provocada pelos agentes atmosféricos, podendo as raízes provocar o incremento da resistência dos solos, estas formam uma malha que liga as partículas do solo e, desta forma, reforçam-no. A retirada da vegetação possibilita a ocorrência de situações de instabilidade.

A presença das árvores permite a proteção da superfície dos taludes/vertentes da ação direta da água proveniente da precipitação e das variações extremas de temperatura e humidade. As mesmas, se presentes, provocam igualmente a diminuição da quantidade de água que se infiltra (Gersovich, 2014). É de assinalar que a presença da cobertura vegetal pode, por vezes, provocar situações de instabilidade, o que está relacionado com o aumento de sobrecargas no talude, crescimento de raízes nas superfícies de descontinuidade e forças provocadas pela ação do vento e que são transmitidas pela vegetação, funcionando, deste modo, como alavancas poderosas, e que são mais pronunciadas quando as fraturas se apresentam alteradas ou quando o maciço rochosos se encontra alterado.

É de salientar que para o recobrimento vegetativo de um talude/vertente deve ser feito por plantas ou árvores nativas, pois dessa forma, tem-se uma garantia maior do melhor desempenho da técnica empregada.

Espécies como as gramíneas e leguminosas são as mais aplicadas em projetos de recuperação ambiental, primeiro devido ao facto das suas características morfológicas e fisiológicas permitirem uma rápida cobertura do solo e criarem um novo sistema sustentável e, segundo, pelo seu baixo custo de implementação.

3.1.6 – Movimentos complexos

Os movimentos complexos abrangem mais de um tipo de instabilidade e verificam-se de modo sequenciado. Neste tipo de movimento destacam-se as avalanches de rocha, estas instabilidades possuem dimensões consideráveis e traduzem-se em queda de blocos rochosos a que se seguem fluxos de detritos (Angeli et al., 1996). As avalanches de rochas são causadas pelas precipitações elevadas, pendores acentuados, ações sísmicas e podem alcançar uma velocidade de 100 m/s, sendo definidos como extremamente rápidos.

Outro tipo importante de movimentos complexos são os deslizamentos de fluxos, estes constituem situações de instabilidade que envolvem material detrítico ou constituído por solos, movimentam-se de forma rápida e evoluem posteriormente para uma massa fluida (Ibsen et al., 1996).

3.2 – Fatores dos movimentos de instabilidade

De acordo com o trabalho de campo realizado ao longo das áreas de estudo, verificou-se que os movimentos de instabilidade estão claramente condicionados pelas litologias existentes e sua atitude estrutural.

De acordo com Ayala-Cacerdo et al. (1987), os fatores dos movimentos de taludes podem ser definidos como condicionantes ou ativos. Os primeiros são a estrutura geológica, os tipos litológicos, o estado de alteração, a geomorfologia e a vegetação existente. Os fatores ativos estão relacionados com a presença da água, ação sísmica, atividade vulcânica, ação humana e processos erosivos.

As instabilidades em taludes e vertentes estão muitas vezes relacionadas com a meteorização física e química que provocam modificações das características litológicas das formações. Os processos de alteração dos maciços rochosos e terrosos originam a diminuição da resistência do material existente, podendo levar à ocorrência de roturas ou deslocamentos (Vallejo et al. 2002). Dentro dos processos de alteração pode destacar-se a influência da vegetação, do gelo-degelo, da variação sazonal da temperatura e da humidade, bem como das atividades humanas.

A estrutura geológica constitui um dos aspetos relevantes nas situações de instabilidade das vertentes, em que as diferentes estruturas que podem ser consideradas são as diaclases, os planos de falhamento, as superfícies de estratificação, planos de xistosidade, dobramentos, superfícies de contacto entre diferentes formações geológicas e planos de foliação. A combinação desses elementos estruturais está associada à ocorrência de planos de deslizamento e superfície de rotura nos maciços rochosos, para além de determinarem a dimensão dos blocos rochosos.

Os fatores geomorfológicos desempenham um papel significativo no desencadear dos movimentos de instabilidade de taludes/vertentes, dentro destes o declive que é considerado um aspeto muito importante para que se verifiquem situações de instabilidade, designadamente na inexistência da cobertura vegetal (Teixeira, 2005). É de assinalar que as superfícies de terreno que evidenciam concavidade para cima apresentam uma saturação mais rápida, o que tem implicações na repartição das tensões tangenciais existentes.

A presença da água representa o fator mais importante na ocorrência de situações de instabilidades dos taludes/vertentes. O aumento do nível freático e o incremento das

pressões intersticiais contribuem de modo significativo para a redução da resistência dos terrenos (Bastos, 1999) e para a movimentação ao longo das superfícies de descontinuidade.

A ação antrópica tem uma grande importância na evolução dos taludes/vertentes. As construções e o desenvolvimento de infraestruturas efetuadas sem estudo e um plano prévio podem levar à ocorrência de movimentos. Entre as ações antrópicas que promovem as situações de instabilidade consideram-se: escavações, desenvolvimento de aterros, escombreliras ou entulhos de forma descontrolada, vibrações, explorações de recursos minerais e industriais e ainda construções sem obedecer a um plano de ordenamento de território.

As situações de sobrecarga nos taludes são definidas como naturais quando estão associadas a situações de precipitação, quedas de neve e de granizo, sendo consideradas como artificiais quando são provocadas por ações antrópicas como construção de infraestruturas, edifícios, aterros e de outras obras de engenharias, destacando-se igualmente os efeitos de vibrações que podem ter características cíclicas e provocar o aumento de tensões, promovendo a reestruturação dos solos ou fraturação do material rochoso, é de realçar que algumas das vibrações podem ser originadas pelo tráfego existente em vias de comunicação.

4 – Descrição da metodologia adotada no estudo dos movimentos de instabilidades

A ocupação e uso do solo nas cidades de Lobito e da Catumbela vem aumentando de forma descontrolada e sem obedecer a um devido planeamento e ordenamento territorial. O crescimento populacional levou a que as construções sejam efetuadas em áreas vulneráveis à ocorrência de movimentos de instabilidade, ameaçando deste modo a integridade do território assim como a vida das populações, bem como as suas habitações e outras infraestruturas.

A presença de instabilidades na área de estudo são condicionadas por vários fatores, para cada um dos taludes selecionados procedeu-se à definição de várias características como: a dimensão e a geometria das vertentes/taludes, aspetos litológicos e estruturais, a existência e descrição da vegetação, as condições climáticas, a descrição do tipo de instabilidades observadas, a sua velocidade, o tipo de atividade, a volumetria, bem como as principais consequências e causas.

A metodologia deste estudo está representada na Fig. 4.1 e é constituída numa primeira fase por uma extensa recolha e revisão bibliográfica, procedendo-se à obtenção de cartas topográficas e geológicas, de fotografias e imagens digitalizadas, de modo a proceder à análise e interpretação dos mesmos. Numa segunda fase definiram-se as zonas a estudar, que se localizam nas cidades de Lobito e Catumbela, procedeu-se à realização de fichas de trabalho de modo a possibilitar o desenvolvimento do estudo.

Na terceira fase procedeu-se ao estudo de campo, em que se consideraram características geológicas, geomorfológicas, estruturais, a presença de vegetação e definiram-se e caracterizaram-se as várias situações de instabilidade, no presente trabalho recorreu-se a uma ficha de trabalho e utilizou-se para os taludes das vias de comunicação rodoviária a classificação Rockfall Hazard Rock System (RHRS).

Na última fase efetuou-se a seleção da informação obtida no levantamento de campo, procedendo ao seu estudo de modo a permitir uma melhor ocupação do território e impedir ou mitigar as situações de instabilidade.

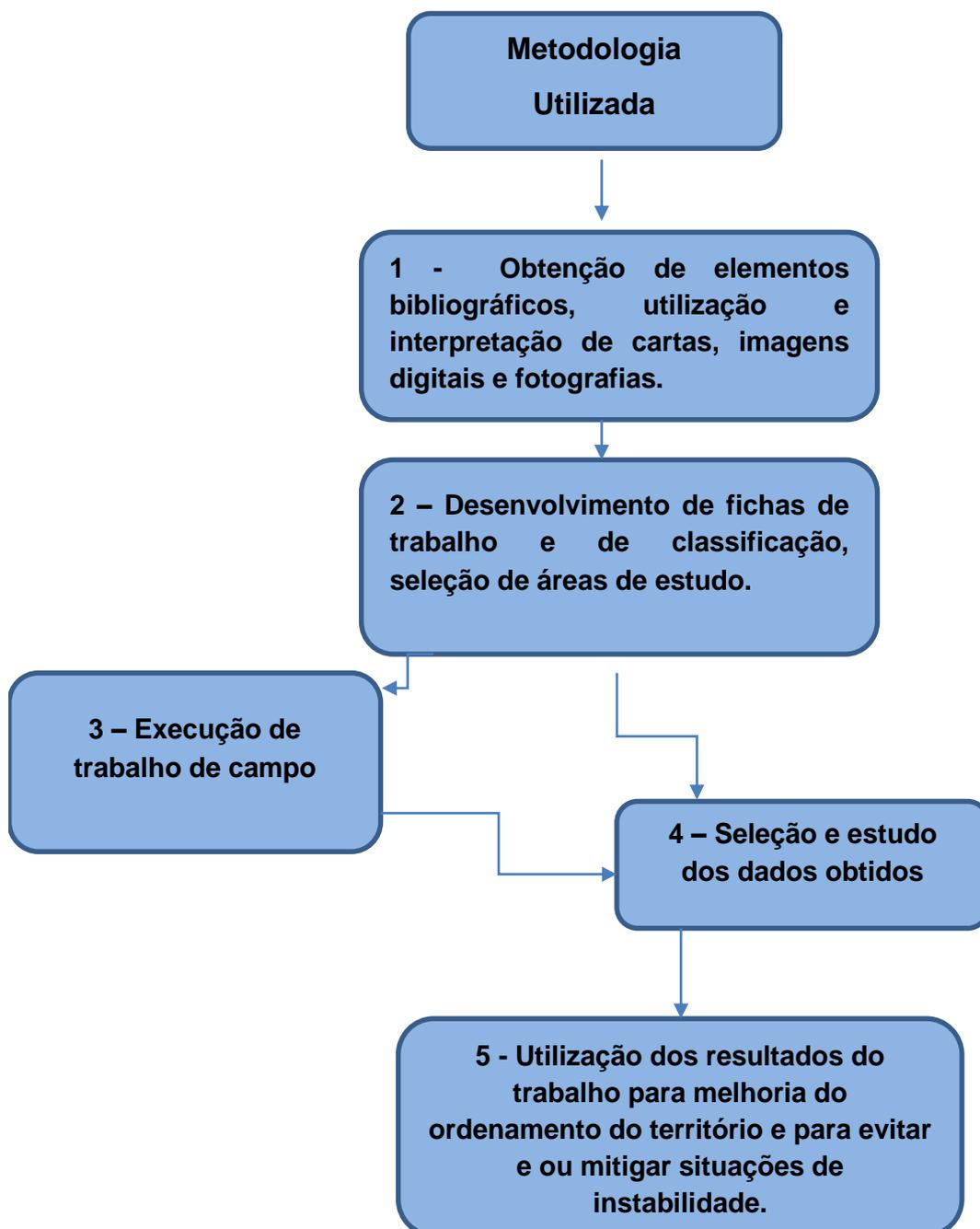


Figura 4.1 – Fluxograma da metodologia aplicada no trabalho.

Na **Fase 1** procedeu-se à obtenção e análise de um conjunto de materiais fundamentais para a elaboração deste trabalho provenientes de várias fontes, designadamente livros, revistas e artigos científicos, cartas temáticas, topográficas e geológicas, fotografias e imagens digitalizadas, entre outros materiais.

Na Fase 2 a partir da identificação e seleção das situações de instabilidades das áreas consideradas (apresentados no capítulo V), foi possível elaborar uma inventariação

(ficha de trabalho) que engloba vários parâmetros fundamentais, dos quais se podem destacar: caracterização do material litológico, geometria e pendor dos taludes/vertentes, classificação das instabilidades, velocidade de movimentação, estado de atividade e dimensão, bem como causas externas e internas, consequências e ainda a existência de trabalhos de estabilização (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 – Componentes da ficha de trabalho relacionada com as situações de instabilidade.

1- Denominação do talude/vertente
2- Localização
3- Comprimento (m) do talude/vertente
4- Altura (m) do talude/vertente
5- Declive (inclinação) do talude/vertente
6- Características geológicas
7- Tipo de vegetação <ul style="list-style-type: none"> . Desflorestada e vegetação ausente . Vegetação rasteira . Existência de árvores de médio e pequeno porte e vegetação moderada . Existência de árvores de grande e médio porte e vegetação moderada e densa
8- Estruturas geológicas
9- Classificação de instabilidades <ul style="list-style-type: none"> . Desmoronamentos . Basculamentos . Deslizamentos . Fluxos . Creep
10- Medidas de estabilização
11- Esboço da instabilidade
12- Velocidade dos movimentos de instabilidade <ul style="list-style-type: none"> . Muito rápido . Rápido . Moderado . Lento . Muito lento
13- Definição de atividade da instabilidade
14- Volumetria da instabilidade
15- Consequências da instabilidade
16- Causas externas da instabilidade
17- Causas internas da instabilidade

No trabalho de campo utilizou-se, igualmente, a classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS), de acordo com Pierson et al. (1990), de modo a averiguar a potencialidade das situações de instabilidade dos taludes de vias de comunicação, tendo em especial atenção as possíveis ocorrências de quedas de material rochoso que podem atingir os utentes das vias de comunicação rodoviárias. Esta classificação apresenta vários parâmetros como a altura do talude, eficácia da vala, risco médio para veículos, distância de visibilidade de decisão, dimensão da largura da via de comunicação, características geológicas, volumetria das situações de instabilidade, características climáticas e existência de água no talude, registo histórico das situações de instabilidade. Os diferentes parâmetros da classificação RHRS são apresentados no Quadro 4.2.

A **Fase 3** do presente estudo decorreu no terreno e consistiu em trabalhos de campo com vista ao reconhecimento das áreas selecionadas, e das suas características físicas e geológicas. As observações e análises foram realizadas nos bairros: Vista Alegre, Bandeira, Morro da Quileva, Chimbuila II, Bela Vista, Santa Cruz, Vila Flor, Chitongue e Açude/ Catumbela. Após o reconhecimento, localização e seleção dos taludes, procedeu-se à análise de aspetos geométricos dos taludes (comprimento, altura e pendor), do tipo de unidades litológicas presentes e respetiva mineralogia, estrutura interna e textura, à caracterização das superfícies de descontinuidade do maciço rochoso (diáclases, estratificação, falhas e dobramentos) e uma avaliação do tipo e densidade de vegetação. Para estes pressupostos utilizaram-se como instrumentos a fita métrica, GPS e bússolas, definiram-se principais tipos de instabilidades de acordo com as classificações de Varnes (1978) e Dikau et al. (1996) e verificou-se alguns trabalhos de estabilização e proteção efetuados nos taludes/vertentes. Estimou-se a velocidade dos movimentos de vertentes/taludes da área de estudo como rápidos a muito rápidos. Para os taludes adjacentes a vias rodoviárias utilizou-se a classificação Rockfall Hazard Rock System (RHRS).

Quadro 4.2 – Classificação Rockfall Hazard Rating System (adaptado de Hoek, 2007).

Parâmetro		Classificação e Valor Ponderal				
		3 Pontos	9 Pontos	27 Pontos	81 Pontos	
Altura do Talude		7,6 m	15,2 m	22,9 m	30,5 m	
Eficácia da Vala		Retenção Eficaz	Retenção Moderada	Retenção Limitada	Ausência de Retenção	
Risco Médio Para Veículos		25% do tempo	50% do tempo	75% do tempo	100% do tempo	
Distância de Visibilidade de Decisão		Distância de Visibilidade Adequada (100%)	Distância de visibilidade moderada (80%)	Distância de visibilidade limitada (60%)	Distância de visibilidade muito limitada (40%)	
Largura da Plataforma da Via de Comunicação		13,4 m	11,0 m	8,5 m	6,1 m	
Características Geológicas	CASO 1	Condições Estruturais	Diaclases não contínuas, orientação Favorável	Diaclases não contínuas, orientação aleatória	Diaclases não contínuas, orientação não favorável	Diaclases contínuas, orientação não favorável
		Atrito da Rocha	Rugoso, irregular	Ondulado	Liso	Material de Preenchimento Argiloso ou Superfície Polida
	CASO 2	Condições Estruturais	Algumas características de erosão distintas	Características de erosão ocasionais	Muitas características de erosão	Enormes características de erosão
		Diferença das Taxas de Erosão	Diferença Reduzida	Diferença moderada	Diferença elevada	Diferença Muito elevada
Dimensão do Bloco		0,31 m	0,61 m	0,91 m	1,22 m	
Volume de Queda de Blocos por evento		2,29 m ³	4,59 m ³	6,88 m ³	9,18 m ³	
Características de Precipitação e Existência de Água no Talude		Precipitação reduzida a moderada, ausência de períodos de congelamento, Água não presente no Talude	Precipitação moderada, ou curtos períodos de congelamento, ou presença intermitente de água no talude	Precipitação elevada, ou períodos longos de congelamento, ou presença contínua de água no talude	Precipitação elevada e longos períodos de gelo, ou presença contínua de água no talude e longos períodos de congelamento	
Registo histórico da Queda de Blocos		Quedas pouco frequentes	Quedas ocasionais	Quedas frequentes	Quedas constantes	

Na **Fase 4** efetuou-se o trabalho de integração das informações e dados obtidos, designadamente os obtidos a partir das fichas. Com o auxílio do programa informático ArcGis foi possível produzir diversas cartas temáticas. Definiram-se parâmetros essenciais relativos às características geomorfológicas, geológicas e estruturais de diferentes locais do estudo, bem como a probabilidade de ocorrência de movimentos de instabilidade em taludes rodoviários selecionados.

Na **Fase 5** após a seleção e análise das situações de instabilidades existentes ou prováveis em vários locais das áreas urbanas do Lobito e da Catumbela, e tendo em atenção o crescimento urbano acelerado que não obedece a um prévio plano de ordenamento, são mencionadas no presente trabalho algumas medidas mitigadoras relativamente às situações de instabilidades e que permitam um melhor ordenamento do território.

5 – Caracterização das situações de instabilidades nas áreas urbanas do Lobito e da Catumbela

5.1 – Descrição dos taludes/vertentes

O estudo demográfico revela-se muito importante para a compreensão da realidade territorial ao nível da sua ocupação e do seu ordenamento. As zonas de Lobito e da Catumbela têm apresentado um crescimento urbano muito acentuado e que não obedece a um plano de ordenamento de território. Verificaram-se nas últimas décadas, e de um modo evidente no mês de Março de 2015, numerosos problemas de instabilidades de taludes/vertentes, sendo por isso necessária a realização de trabalhos acerca das características e possíveis consequências das situações de instabilidade nos taludes/vertentes, bem como a sua possível prevenção.

A localização dos 12 taludes considerados é apresentada na Fig. 5.1, os taludes de escavação correspondem aos designados como de 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11 e 12, enquanto os restantes taludes correspondem a vertentes que foram parcialmente escavadas.

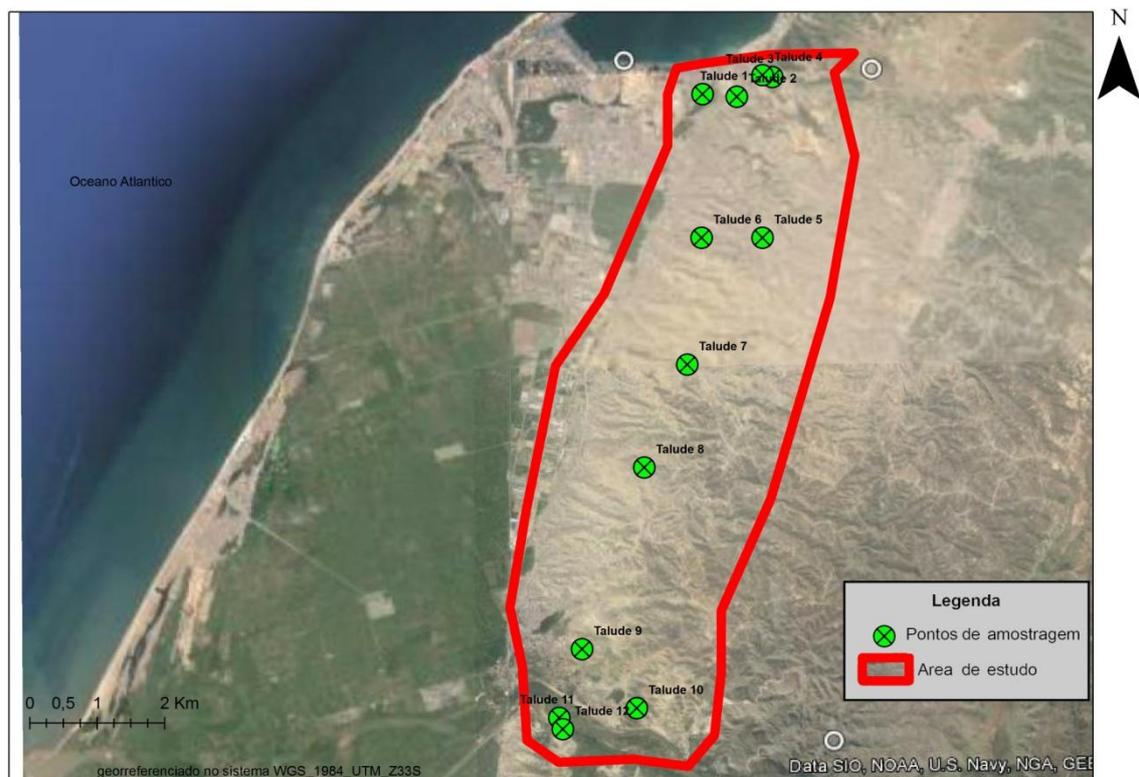


Figura 5.1 – Localização geográfica dos taludes/vertentes estudados.

Os movimentos de instabilidades nos vários taludes correspondem, de modo geral, a queda de blocos e fluxos apresentando velocidades classificadas como rápidas e muito rápidas. As medidas de estabilização estão ausentes em quase todos os taludes, exceto nos Taludes 2, 6 e 4 nos dois primeiros, devido à presença de vias de comunicação, optou-se pela construção de valas de drenagem na base dos taludes e que muitas vezes contêm os materiais resultantes das instabilidades. No Talude 4 verifica-se a presença de muros de proteção relacionados com as situações de instabilidades. A totalidade dos taludes apresenta instabilidades consideradas como ativas. De modo geral, a vegetação é escassa e rasteira, nos Taludes 2 e 4 observa-se uma maior presença de vegetação herbácea, nos Taludes 1, 3, 5 e 6 constata-se uma vegetação rasteira a moderada. As causas internas dos movimentos de instabilidade correspondem às características litológicas, à presença de estruturas geológicas, ao incremento das pressões da água e ao decréscimo da resistência dos terrenos. As causas externas de instabilidades estão relacionadas com as exurgências e a infiltração de água, escavação na base dos taludes/vertentes e aplicação da sobrecarga no topo dos taludes/vertentes.

O **Talude 1** localiza-se no Bairro da Vista Alegre. Apresenta uma extensão de aproximadamente 160 m, uma altura média de 18,5 m, uma direção de N30°E e um pendor de 70°NW a vertical. As litologias constituintes dos taludes/vertentes correspondem a calcários, margas e depósitos de cobertura (Figs. 5.2 e 5.3). Os primeiros apresentam uma tonalidade amarela, as margas têm cores castanhas e amareladas evidenciando igualmente a presença de gesso. No topo do talude encontram-se depósitos de cobertura, estes evidenciam uma espessura de cerca de 4 a 6 m, na base do talude verifica-se a presença de depósitos de vertente cuja espessura varia entre 1 e 3 m. A espessura dos estratos calcários está compreendida entre 0,1 e 0,5 m, enquanto as intercalações margosas evidenciam uma espessura de 0,1 a 0,3 m. A estratificação possui um pendor de cerca de 10°W a 10°SW. Constatou-se a existência de planos de falhamento com uma orientação aproximadamente perpendicular à estratificação e com uma extensão entre 6 a 8 m. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos provenientes essencialmente dos estratos de calcários, também se registou a ocorrência de fluxos cujas dimensões são aproximadamente: 6 m de extensão, 1,5 m de largura e 1 m de profundidade, verificou-se igualmente a presença de deslizamentos. As principais causas das instabilidades estão associadas à ação da água, existência de sobrecargas, realização de escavações e processos erosivos. Os blocos relacionados com as instabilidades

apresentam dimensões variáveis, desde 0,5 a 1,4 m de comprimento, de 0,3 a 1,3 m de largura e 0,3 a 1,4 m de altura.



Fig. 5.2 – Representação fotográfica do Talude 1, em que se destacam as litologias presentes como os depósitos de cobertura, os calcários e margas.



Figura 5.3 – Visualização da litologia e queda de blocos do Talude 1.

O **Talude 2** localiza-se no bairro da Bandeira, no decorrer do estudo deste talude procedeu-se à sua divisão em dois troços cada um com uma extensão de cerca de 100 m e aproximadamente uma altura de aproximadamente 13 m. As coordenadas

geológicas da face do Talude 2 são: N32°E; vertical. A composição litológica do talude compreende calcários de grão fino de tons amarelados e esbranquiçados intercalados com margas de grão fino de cores amareladas e acastanhadas, por vezes algo desagregadas ou fissuradas, evidenciando igualmente a presença de gesso. No topo do talude encontram-se depósitos de cobertura, com uma espessura compreendida entre 1 a 3 m, é de assinalar que estes depósitos servem, na sua maioria, como terreno de fundação de construções habitacionais que foram erigidas de forma improvisada (Fig. 5.4). A estratificação apresenta-se sub-horizontal, a possança das camadas de calcário é de 0,05 a 0,3 m e das margas de 0,02 a 0,06m. Verificou-se a existência de planos de falhamento por vezes com uma orientação oblíqua à estratificação, intersectando-a com um ângulo de 45°, por vezes com percolação de água. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos e os deslizamentos em cunha, estes últimos relacionados com os planos de falhamento (Fig. 5.4), podendo verificar-se fluxos que estão relacionados com os depósitos de cobertura. Os blocos rochosos possuem dimensões variáveis desde 0,1 – 0,4 m x 0,1 – 0,3 m x 0,06 – 0,2 m. Tendo em atenção as situações de instabilidade, e por se tratar de um talude adjacente a uma via de comunicação rodoviária, utilizou-se a classificação RHRS para se determinar a probabilidade de ocorrência dos movimentos de instabilidade e a possibilidade de estes atingirem os utilizadores da via de comunicação.



Figura 5.4 – Fotografia do Talude 2 em que se visualiza a presença de falhas e das roturas em cunha.

O **Talude 3** situa-se no bairro do Morro da Quileva I, tem uma extensão aproximada de 179 m e uma altura média de 22 m. A direção e o pendor do talude são,

respetivamente, $N65^{\circ}W$; $70^{\circ}SW$. As litologias constituintes dos taludes/vertentes correspondem as intercalações de estratos de calcários e margas. Verifica-se, igualmente, a existência de depósitos de cobertura na parte superior do talude, estes evidenciam uma espessura que varia de 2 a 7 m. A espessura dos depósitos de cobertura é mais elevada na parte Oeste do talude. Na base ou pé do talude observam-se depósitos de vertente cuja espessura máxima é de 0,5 m (Fig. 5.5). A espessura dos estratos de calcário está compreendida entre 0,08m a 0,5 m, enquanto as intercalações margosas possuem espessura mais reduzidas cujos valores variam de 0,02m a 0,2 m. A estratificação apresenta-se sub-horizontal ou um pendor de $10^{\circ}SW$. Em alguns estratos carbonatados registou-se a presença de cavidades de dissolução de dimensões decimétricas. Verificou-se uma diversidade de falhas com uma extensão de 5 m a 9 m. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos provenientes essencialmente das unidades carbonatadas e dos depósitos de cobertura. A diferença acentuada de resistência à erosão entre os calcários e as margas origina a ocorrência de estratos em consola, o que está relacionado com as situações de queda de blocos rochosos, designadamente na parte leste do Talude 3. Registou-se a ocorrência de fluxos cujas dimensões são aproximadamente: 4 a 7 m de comprimento, 0,5 a 2 m de largura e 0,5 a 1,5 m de profundidade, Os blocos relacionados com a instabilidade apresentam dimensões variáveis, de 0,1 a 0,2 m de comprimento, 0,05 a 0,3m de largura e 0,03 a 0,2m de altura. As principais causas das instabilidades são a ação da água, a existência de sobrecargas, os processos erosivos, a presença de animais, a ação de raízes e as vibrações provocadas pelo trânsito automóvel. No Talude 3 aplicou-se igualmente a classificação RHRS, sendo de destacar que a via de comunicação não está pavimentada e a visibilidade é reduzida na parte oeste do talude.



Figura 5.5 – Visualização do talude 3.

O **Talude 4** localiza-se no bairro Morro da Quileva II, os seus dois troços apresentam uma extensão total de cerca de 160 m de comprimento, uma altura média de 18,5 m. As coordenadas geológicas do primeiro e segundo troço são respetivamente: direção N70°W e pendor 65°-80°NE; N-S e pendor 65°-80°E a Vertical. As litologias presentes correspondem a calcários, argilitos, margas e depósitos de cobertura (Fig. 5.6). Os calcários apresentam uma cor amarelada, as margas e os argilitos têm tonalidades castanhas e amareladas evidenciando igualmente a presença de gesso que constitui material de preenchimento das diáclases. Os depósitos de cobertura localizam-se na parte superior do talude, evidenciando espessuras de cerca de 4 a 6 m. Na base do talude, em particular no segundo troço, observam-se depósitos de vertente que possuem uma espessura de 1 a 4 m. No primeiro troço constatou-se a presença de grandes quantidades de resíduos sólidos, provenientes das áreas habitacionais, que podem ser arrastados no decorrer dos períodos de maior precipitação. A espessura dos estratos de calcário está compreendida entre os 0,1 a 0,5 m. As camadas margosas e de argilitos evidenciam uma espessura de 0,1 a 0,3 m. Constatou-se a existência de planos de falhas, de modo geral, de orientação aproximadamente perpendicular à estratificação e com uma extensão de 6 a 8 m. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos provenientes essencialmente dos estratos de calcários e dos depósitos de vertente, também se registou a ocorrência de fluxos cujas dimensões são aproximadamente: 5 a 8 m de extensão, 1 a 3 m de largura e 0,5 a 1,5 m de profundidade. Como principais causas dos movimentos de instabilidades destacam-se a ação da água, existência de sobrecargas e a realização de escavações. Os blocos estabilizados têm volumetrias diversas, desde 0,5 a 1,4 m de comprimento, 0,3 a 1,3 m de largura e 0,3 a 1,4 m de altura. As instabilidades podem originar danos nas habitações e nas vias de comunicação rodoviária, apesar dos movimentos registados não se verificaram até ao final do ano de 2015 situações envolvendo vítimas humanas.



Figura 5.6 – Situações de instabilidade e ocupação humana no Talude 4.

O **Talude 5** localiza-se no bairro de Chimbuila e apresenta uma extensão de aproximadamente 80 m, uma altura de cerca de 19 m. O Talude 5 possui as coordenadas geológicas de direção N-S e pendor $80^{\circ}W$ a sub-vertical. Verifica-se a ocorrência de intercalações de calcários de grão fino e de tonalidade amarela, esbranquiçada e cinzenta, e de margas de coloração amarelada e alaranjada no topo e na parte intermédia do talude, na base deste encontramos depósitos de vertente com uma altura até 4 m e de tonalidades cinzenta e amarela escura. A espessura dos estratos calcários varia entre 0,1 a 0,8 m, as margas têm uma possança de 0,04 a 0,1 m. Observam-se depósitos de cobertura no topo do talude com uma espessura máxima de 2 m. Estão presentes falhas de extensão significativa e que podem atingir 10 m de comprimento. O Talude 5 apresenta uma vegetação relativamente escassa, por vezes pontuada pela ocorrência de arbustos de pequeno a médio porte. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos, fluxos e deslizamentos. As quedas de blocos estão associadas à presença de um diaclasamento acentuado e à presença de falhas, bem como a processos de erosão diferencial entre os calcários e os níveis margosos. Nas causas das situações de instabilidade para além das relacionadas com as estruturas geológicas e características litológicas, devem salientar-se a influência da água e das sobrecargas, estas últimas originadas pela presença de habitações clandestinas e da circulação de animais. Os materiais resultantes da instabilização na forma da queda de blocos e de deslizamentos apresentam dimensões de 0,1 a 0,5 m x 0,08 a 0,4 m x 0,05 a 0,3 m,

registou-se que os fluxos têm dimensões de 8 a 12 m de altura, 2 a 4 m de largura e 0,5 a 1,5 m de profundidade.

O **Talude 6** situa-se no bairro da Bela Vista/ Elavoco, tem um comprimento de cerca de 100 m e uma altura média de 7 m. A sua direção é aproximadamente E-W e o pendor é de cerca de 75° a 85°N, corresponde a um talude de uma importante via de comunicação, tendo sido utilizado no seu estudo a classificação RHRS. Do ponto de vista litológico o talude corresponde a intercalações de calcários de tonalidade amarela, branca e alaranjada e margas cinzentas e acastanhadas (Fig. 5.7). A estratificação possui um pendor sub-horizontal a cerca de 10°W. A espessura dos estratos de calcários é de 0,09 a 1,5 m, enquanto as margas evidenciam uma possança de 0,04 a 0,5 m. No topo e na base do talude encontram-se depósitos de cobertura, estes têm uma espessura de 1 a 1,6 m, constatou-se a existência de algumas falhas de extensão entre 7 a 8 m e que interrompem, de modo evidente, a continuidade dos estratos. A situação de instabilidade mais frequente corresponde à queda de blocos, esta é originada devido à ação da água, vibrações, processos erosivos e sobrecargas no topo do talude. É de assinalar que os materiais instabilizados são em parte imobilizados por uma vala de drenagem localizada na base no talude. Verificou-se igualmente a presença de alguns fluxos de pequenas dimensões, de 0,5 - 2,0 m de comprimento, 0,5 - 1,5 m de largura e 0,25 - 0,75 m de profundidade, que são resultantes da desagregação do material rochoso e da movimentação dos materiais de cobertura e dos resíduos sólidos originados pela ação antrópica.



Figura 5.7 – Fotografia do Talude 6 onde se visualizam litologias, algumas falhas e fluxos.

O **Talude 7** está localizado no bairro da Santa Cruz (Akongo), apresenta um comprimento de aproximadamente 120 m, uma altura de 37 m e um pendore de 70° a vertical. As litologias presentes no talude são rochas calcárias, margas e depósitos de cobertura (Fig. 5.8). Os calcários apresentam granulação fina, tonalidade amarelada e acastanhada clara e estão muito diaclasados, as margas possuem grão muito de coloração acinzentada ou acastanhada escura, registando-se a presença de filões e filonetes de gesso a preencherem os planos das diáclases existentes. Os depósitos de cobertura localizam-se na parte superior do talude e apresentam uma espessura entre 3 e 7 m. As camadas de calcários têm uma espessura de 0,5 a 1,0 m, as intercalações margosas possuem uma espessura de 0,4 a 1,5 m. As quedas de blocos são o tipo de instabilidade mais comum, ocorrendo igualmente fluxos e alguns deslizamentos. A velocidade dos movimentos de instabilidade é considerada muito rápida a rápida. Alguns fluxos apresentam dimensões de 7 - 9 m de comprimento, 0,5 -1,5 m de largura e 0,5-1,3 m de profundidade. Os blocos rochosos relacionados com as instabilidades têm dimensões variáveis, desde 0,1 a 1,6 m x 0,06 a 0,8 m x 0,03 a 1,0 m. Durante a época chuvosa, os movimentos são frequentes e têm afetado habitações, vias de comunicação e já provocaram feridos.



Figura 5.8 – Representação do Talude 7 onde se pode observar a alternância dos calcários e das margas e a presença da queda de blocos rochosos.

O **Talude 8** situa-se no bairro da Santa Cruz (Vikondo), tem cerca de 100 m de extensão, uma altura de 11 m e um pendore de 80° a Vertical. As litologias constituintes dos taludes/vertentes correspondem aos calcários, margas e depósitos de cobertura (Fig. 5.9). As rochas calcárias apresentam tonalidades amareladas e castanhas claras,

enquanto as intercalações margosas evidenciam cor cinzenta clara e igualmente a presença de gesso. No topo do talude verificam-se depósitos de cobertura cuja espessura varia entre os 2 a 5 m. A possança dos estratos calcários varia entre os 0,8 a 1 m, enquanto as intercalações margosas evidenciam uma espessura de 1,2 a 1,9 m. Constatou-se a existência de falhas com uma extensão entre 4 a 7 m. As situações de instabilidade mais frequentes são as quedas de blocos provenientes essencialmente dos estratos de calcários e registaram-se, igualmente, a ocorrência de alguns fluxos. Os blocos rochosos relacionados com as instabilidades apresentam dimensões variáveis, desde 0,1 a 0,3 m x 0,07 a 0,1 m x 0,05 a 0,1m.



Figura 5.9 – Visualização das litologias, queda de blocos, depósitos de cobertura e algumas falhas, no Talude 8.

O **Talude 9** localiza-se no bairro da Vila Flor, na área periurbana da Catumbela. Corresponde a uma vertente parcialmente escavada, apresenta uma extensão de 150 m, uma altura de 42 m e uma direção aproximadamente N-S e um pendor 45° a 70° W. As litologias constituintes dos taludes/vertentes correspondem a depósitos de cobertura, calcários e margas; Os primeiros apresentam uma grande extensão e localizam-se no topo e na base do talude/vertente, sobrepõem-se aos estratos carbonatados e apresentam uma espessura de cerca de 4 a 9 m. As camadas dos calcários possuem uma cor amarela a esbranquiçada e têm uma espessura entre 0,01 a 0,7 m, as intercalações margosas apresentam uma possança de 0,01 a 0,4 m. As situações de instabilidades mais comuns e também de maior importância correspondem aos fluxos, estes são provenientes, essencialmente, dos depósitos de cobertura, e intensificam-se nos períodos de maior precipitação, podendo na área do Talude 9 verificar-se a destruição de habitações, perdas de bens e vítimas humanas. Também se registou a ocorrência de quedas de blocos e de alguns deslizamentos,

estes têm origem nos depósitos de cobertura e nos estratos das formações calcárias, muito fraturadas, e margosas. As dimensões dos blocos rochosos instabilizados apresentam uma variação desde 0,03 – 0,4 m x 0,05 – 0,2 m x 0,03 – 0,2 m. O Talude 9 evidencia situações de grande instabilidade que no decorrer da época mais chuvosa, provocaram e poderão originar danos nas habitações e vítimas humanas.

O **Talude 10** situa-se no bairro do Chitongue, numa zona acidentada. A área de estudo compreende uma vertente de orientação NW-SE e pendor 35°-45°SW e outra de direção NE-SW e um pendor de 36°-45°NW, tem um comprimento de cerca de 250 m e uma altura de aproximadamente 53 m. Nas vertentes estão presentes calcários de grão fino e de tonalidade castanha clara e amarelada, margas de cores castanha escura, amarelada e cinzenta. Os depósitos de cobertura situam-se na parte superior do talude e têm uma espessura desde 2,5 m até algumas dezenas de metros (Fig. 5.10), alguns locais desta área de estudo servem de fundação para várias habitações que se estabeleceram de forma desorganizada, o que pode proporcionar situações de consequências gravosas durante a ocorrência de movimentos de instabilidades nos taludes. A espessura dos estratos calcários é de 0,1 a 0,6 m, enquanto as camadas margosas evidenciam uma possança de 0,1 a 0,5 m. Os fluxos correspondem às instabilidades mais frequentes e de maiores volumetrias (Fig. 5.10). As quedas de blocos e os deslizamentos estão relacionados com os depósitos de cobertura e com as intercalações de calcários e margas. Os blocos rochosos envolvidos nas instabilidades apresentam dimensões de 0,09 – 0,4 m x 0,05 – 0,3 m x 0,03 – 0,3 m. O talude durante a época chuvosa é bastante instável, os movimentos, em particular os fluxos, atingem habitações, vias de comunicação rodoviária, edifícios comerciais e podem provocar feridos e vítimas mortais.



Figura 5.10 – Probabilidade de ocorrência de fluxos, assinalados a vermelho, que podem atingir várias habitações localizadas na área do Talude10.

O **Talude 11** é adjacente a uma vala de drenagem/conduto de água e a uma estrada de terra batida no bairro do Açude, na margem esquerda do rio Catumbela. Apresenta uma extensão de cerca de 200 m, uma altura de 40 m, uma direção de N50°W e um pendore de 40° NE. As litologias constituintes do Talude 11 correspondem a calcários intercalados com margas e depósitos de cobertura (Fig. 5.11). As rochas calcárias apresentam uma tonalidade amarelada, esbranquiçada a cinzenta e a possança dos estratos está compreendida entre 0,09 a 0,5 m, enquanto as intercalações margosas apresentam uma cor castanha e acinzentada e uma espessura de 0,03 a 0,4 m. Estão igualmente presentes filões de gesso, de espessuras entre 0,2 a 4 cm. A estratificação é sub-horizontal ou possui um pendore de 5° a 10°SW. No topo e na parte intermédia do talude encontram-se depósitos de cobertura que apresentam uma espessura de 1 a 4 m. Na parte inferior do talude são frequentes os depósitos de vertente. Os tipos de instabilidade que se verificam geralmente são os desmoronamentos e os fluxos, estes últimos ocorrentes nos depósitos de cobertura e possuem 6 a 25 m de comprimento, 1 a 6 m de largura e 1 a 2,5 de profundidade. Os desmoronamentos verificam-se na forma da queda de blocos rochosos, estes têm uma dimensão de 0,1 a 0,3 m x 0,05 a 0,2 m x 0,05 a 0,2 m.



Figura 5.11 – Litologias presentes no Talude 11 e situações de instabilidade como desmoronamentos e fluxos.

O **talude 12** situa-se no bairro do Açude, na margem esquerda do rio Catumbela e corresponde a um talude de escavação, tem uma extensão de aproximadamente 150 m e uma altura de 41m. As suas coordenadas geológicas são: direção de N60°W

e pendor de 30 a 45°NE. As litologias constituintes do talude correspondem a calcários de grão fino de cor amarelada e esbranquiçada, as margas evidenciam grão muito fino e um aspeto pulverulento, de cor amarelada e acastanhada e com filões e filonetes de gesso de cor esbranquiçada a cinzenta. Constatou-se uma presença, de grande importância, de depósitos de cobertura cuja espessura pode atingir 1 a 4 m, implementados nestes depósitos encontram-se algumas habitações, postes de alta tensão e uma via de comunicação rodoviária. É de assinalar que na base do Talude 12 existem habitações que se estabeleceram de forma desorganizada e que podem sofrer danos significativos no decorrer de situações de instabilidade (Fig. 5.12). A estratificação apresenta-se, de modo geral, sub-horizontal. A espessura das camadas calcárias varia desde 0,01 a 0,5 m, e a das margas de 0,2 a 1,3 m. A vegetação é escassa a inexistente. As situações de instabilidade mais frequentes são os fluxos e algumas quedas de blocos e deslizamentos provenientes, essencialmente, dos depósitos de cobertura e dos estratos diaclasados da formação calcária e margosa. Verificam-se, por vezes, quedas de blocos rochosos cujas dimensões são 0,3 a 0,7 m x 0,1 a 0,3 m x 0,06 a 0,3 m. Durante a época chuvosa, as instabilidades podem afetar habitações, infraestruturas, vias de comunicação e provocar vítimas humanas.



Figura 5.12 – Visualização do Talude 12, em que se pode observar os depósitos de cobertura e algumas habitações.

5.2 – Estudo comparativo das situações de instabilidades dos taludes e medidas protetoras e de estabilização dos taludes/vertentes

Para a determinação das áreas suscetíveis e potencialmente vulneráveis a situações de instabilidade de taludes e de vertentes nas cidades de Lobito e da Catumbela, foi necessário um estudo prévio das condições naturais das zonas selecionadas tendo em especial atenção os aspetos geomorfológicos e estruturais, a topografia, as condições climáticas e os solos.

De acordo com o recenseamento efetuado em 2014 (PopulationData.net, 2015), as duas cidades em estudo apresentam um índice demográfico elevado, a ocupação do solo tem vindo a crescer de forma desorganizada e sem obedecer a um plano de urbanização originando deste modo situações de instabilidades.

Dos 12 taludes estudados, 11 apresentam um comprimento igual ou superior a 100 m, enquanto somente um tem um comprimento entre 80 e 100 m. Em relação às alturas médias dos taludes, três deles possuem uma altura superior a 40 m, dois têm uma altura entre 30 a 40 m, um apresenta uma altura compreendida entre 20 e 30 m, cinco têm alturas de 10 a 20 m e apenas um talude possui uma altura inferior a 10 m (Fig. 5.13).

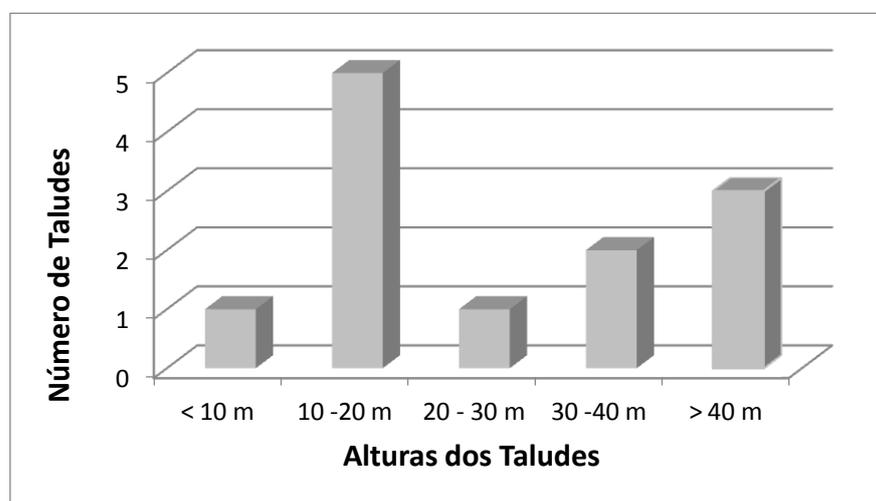


Figura 5.13 – Altura dos taludes estudados.

Tendo em atenção as litologias presentes nos taludes/vertentes estudados verificou-se que as predominantes correspondem a calcários, calcários margosos e margas que fazem parte da unidade **ALB₃ (Formação de Quissonde)**, também se registou a existência de depósitos de cobertura em quase todos os taludes,

observou-se a presença de estratos argilosos na maior parte dos taludes apesar de sua ocorrência se verificar em proporções variáveis.

Dos 12 taludes estudados, tendo em atenção a cobertura vegetal em sete esta foi definida como inexistente a rasteira e em cinco taludes foi considerada como rasteira a moderada.

Quanto aos tipos de instabilidades constatou-se que a queda de blocos rochosos é a situação de instabilidade que ocorre em todos os locais estudados. Os deslizamentos verificaram-se em 2/3 dos taludes, enquanto os fluxos observaram-se em 78,6% (Fig. 5.14).

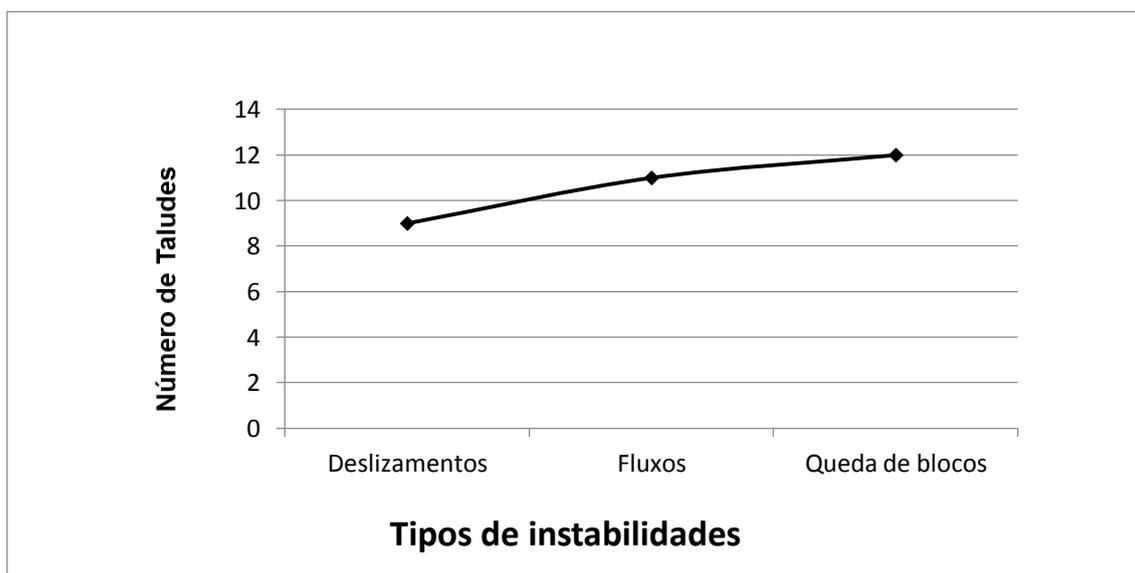


Figura 5.14 – Tipo de instabilidades presentes nos taludes.

A principal causa externa das instabilidades nos taludes corresponde à ação da água que constitui o maior agente erosivo e está presente na totalidade dos locais considerados, outras causas externas importantes são as escavações na base dos taludes/vertentes, a erosão superficial e as sobrecargas no topo dos taludes/vertentes conforme se pode verificar na Fig. 5.15.

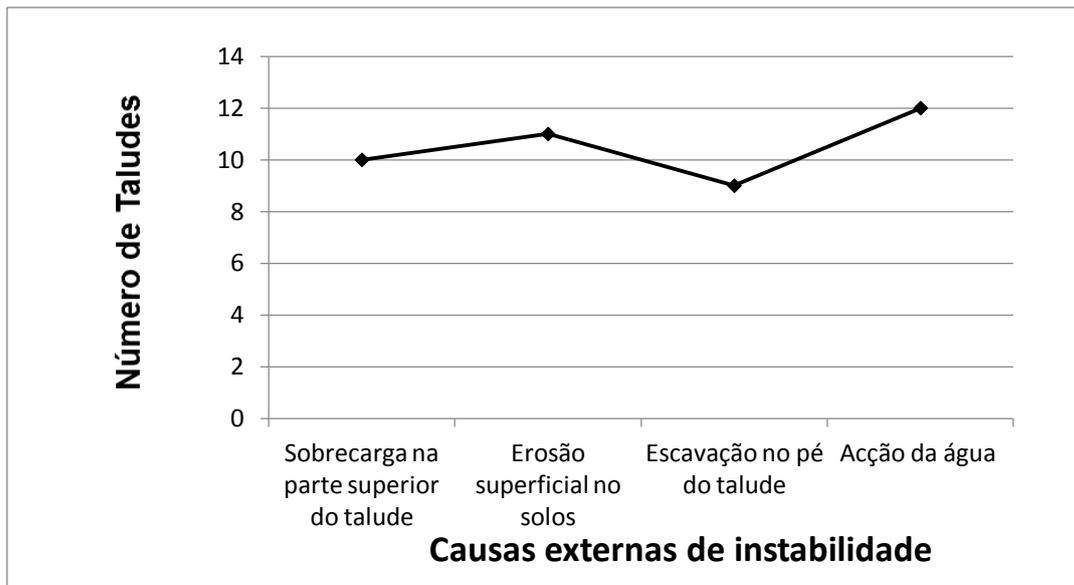


Figura 5.15 – Causas externas de instabilidades nos taludes.

As causas internas de maior importância e relacionadas com as situações de instabilidades nos taludes estudados são as características litológicas, as estruturas geológicas como as diáclases, falhas e superfícies de estratificação, o incremento das pressões de água e o decréscimo da resistência dos terrenos.

As situações de instabilidades tiveram consequências nas áreas de estudo tais como: danos em habitações localizadas nos taludes e nas suas imediações, afetaram de forma direta ou indireta as vias de comunicação próximas de 11 taludes estudados (Fig. 5.16). Causaram, igualmente, nos últimos três anos 4 vítimas feridas em dois dos taludes, sendo de referir que no recente no mês de Março de 2015 registaram-se, nas áreas urbanas de Lobito e Catumbela, mais de uma centena de vítimas mortais como resultado de movimentos de instabilidade e de inundações.



Figura 5.16 – Consequências das instabilidades

Para se minimizar as consequências provocadas pelas situações de instabilidades descritas nas zonas de estudo, é necessário alertar e sensibilizar as populações por meio de órgãos de comunicação social (televisão, rádio, jornais) e também por cartazes e/ou sinais de aviso. Algumas zonas das áreas urbanas de Lobito e Catumbela apresentam um grau de perigosidade elevado, muitas vezes sujeitas a movimentos de instabilidade iminentes, pelo que se torna imperioso adotar um conjunto de medidas mitigadoras tais como a monitorização e a aplicação de legislação relacionada com normas de segurança. Estas podem passar pela proibição da ocupação de áreas de suscetibilidade muito elevada de ocorrência de instabilidades. A vigilância e o cumprimento da legislação, bem como o planeamento do território deverão ser da responsabilidade das Administrações Municipais das cidades de Lobito e Catumbela, em conjunto com o governo provincial e nacional. Por isso, antes do licenciamento, da construção ou execução de atividades em zonas sujeitas a movimentos de instabilidades será necessário que as entidades competentes elaborem uma cartografia das áreas vulneráveis a este tipo de situações, de modo a permitir um melhor planeamento e ordenamento territorial com o objetivo de contribuir para um desenvolvimento urbanístico sustentado.

5.3 – Utilização da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS)

A classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS) de Pierson et al. (1990) foi utilizada nos Taludes 2 (com dois troços), 3 e 6, de modo a averiguar a potencialidade das situações de instabilidade em afetarem as vias de comunicação. Para cada

parâmetro da classificação RHRS (ver Capítulo 4) definiu-se um valor ponderado que varia desde 3 a 81 pontos.

5.3.1 – Altura do talude

Este parâmetro foi determinado in situ nos vários taludes considerados, destes somente 3 dos 12 taludes correspondem a taludes ou vertentes de vias de comunicação rodoviária de maior importância como os Taludes 2, 3 e 6. O Talude 2 compreende dois troços, os quais apresentam a mesma altura (13 m), para o parâmetro da altura foi atribuído um ponderal de 7 pontos. O talude 3 possui uma altura de 22 m, incluindo os depósitos de cobertura cuja espessura varia de 2 a 5 m, e foi-lhe atribuído o peso de 27 pontos. O talude 6 tem uma altura de cerca de 7 m, pelo que se definiu um valor ponderal de 3 pontos.

5.3.2 – Eficácia da vala

As valas nos taludes permitem alguma retenção de materiais instabilizados, podendo impedir que eles alcancem as vias de comunicação. Para se ter noção da sua capacidade de retenção deve-se ter em conta a altura e o pendor do talude; a morfologia, largura e profundidade da vala; a volumetria dos blocos rochosos instabilizados; a influência das irregularidades presentes na face do talude durante a movimentação do material rochoso.

Os taludes 2 e 6 apresentam uma vala na sua parte inferior que permitem a drenagem da água superficial, e por vezes a retenção de alguns blocos relacionados com as situações de instabilização. Deve salientar-se que quando as valetas se encontram obstruídas por materiais rochosos estes impossibilitam a passagem de água, uma situação que deve ser corrigida. A eficácia da vala de retenção foi classificada como moderada para os dois troços do Talude 2 e também para o Talude 6, o que corresponde a uma pontuação de 9 pontos, enquanto para o Talude 3 verificou-se a ausência de retenção, dada a ausência da vala, o que permitiu definir um valor ponderal de 81 pontos.

5.3.3 – Risco médio para veículos

Os locais dos Taludes 2 e 6 apresentam um tráfego bastante elevado, visto pertencerem a vias de comunicação importantes que permitem o acesso ao complexo da Sonagol e à estrada nacional nº 100 (ligação entre Lobito e Luanda). No parâmetro do risco médio para veículos considera-se o número de veículos por hora, a extensão do talude ou dos troços e o limite de velocidade dos veículos na via de comunicação.

Para os Taludes 2 e 6 o número de veículos por hora é respetivamente 200 e 300, enquanto para o Talude 3 o valor é de 100 veículos por hora. O limite da velocidade dos veículos é de 60 km/hora nos Taludes 2 e 6 e de 30 km/hora no Talude 3.

De acordo com os valores utilizados o risco médio para os veículos para os Taludes 2, 3 e 6 é, respetivamente, de 33,3%, 59,7% e 50% do tempo a que correspondem os valores ponderais de 6, 18 e 9.

5.3.4 – Distância de visibilidade de decisão (DVD)

Para se determinar a distância de visibilidade de decisão (DVD) deve-se dividir a distância de visibilidade no local (DVL) pela distância de decisão (DD), expressão 5.1. Esta depende fundamentalmente do estado da via, existência de traçado em curva, afloramento de materiais rochosos e presença de vegetação, pois constituem obstáculo para o condutor aquando de uma queda de bloco na via de comunicação rodoviária.

$$DVD = \frac{DVL}{DD} \times 100 (\%) \quad (5.1)$$

A DVD no primeiro troço do talude 2 apresenta um valor de 55,56% pelo que é considerada como limitada, enquanto o segundo troço do talude 2 tem um valor da DVD igual a 27,8 %, o que indica que a distância de visibilidade é muito limitada.

Para o talude 3, onde a velocidade máxima considerada é de 30 Km/h, a DVD tem o valor de 50 %, pelo que o valor ponderal é de 54 pontos, o talude 6 apresenta um valor de DVD de 33,3% e atribuiu-se um peso de 81 pontos, sendo que para este talude a distância de visibilidade de decisão é definida como muito limitada.

5.3.5 - Dimensão da largura da via de comunicação

As vias de comunicação nos vários taludes considerados possuem a mesma largura (7,5 m), deve atender-se que os Talude 2 (nos dois troços) e 6 são pavimentados, contrariamente ao Talude 3, mas não possuem bermas que possam ser utilizadas como escapatória na eventualidade de ocorrerem situações de instabilidades que atinjam as vias de comunicação. Tendo em atenção a largura das vias de comunicação considerou-se o valor ponderal de 54 pontos para o conjunto de taludes onde se aplicou a classificação RHRS.

5.3.6 – Características geológicas

Da caracterização geológica e estrutural dos taludes estudados, verificou-se que estes são constituídos por intercalações de rochas calcárias e margosas, de modo geral as primeiras estão muito diaclasadas e por vezes regista-se a presença de planos de falhamento de vários metros de extensão. Um aspeto muito importante é a diferença de resistência e de durabilidade entre os estratos calcários e os margosos, verificando-se uma diferença de erosão muito considerável. De acordo com a classificação RHRS, para o parâmetro da Caracterização Geológica considerou-se o Caso 2, no qual para as condições estruturais definiu-se o valor ponderal de 54 pontos, enquanto a diferença das taxas de erosão foi definida como elevada a extrema, a que corresponde igualmente o valor ponderal de 54 pontos.

5.3.7 – Volumetria das ocorrências de instabilidade

Constatou-se que o Talude 2 no conjunto dos dois troços, apresenta situações de instabilidade de maior volumetria do que a dos Taludes 3 e 6. Os blocos instabilizados do Talude 2 alcançam muitas vezes a via de comunicação rodoviária. Atendendo às dimensões dos materiais instabilizados foi atribuído valor ponderal de 9 pontos aos troços do Talude 2, enquanto para os taludes 3 e 6 por possuírem dimensões inferiores de material instabilizado definiu-se um peso igual a 3 pontos.

5.3.8 – Características climáticas e existência de água no talude

Os taludes em estudo estão localizadas numa região litoral de clima tropical seco de características desérticas e semidesérticas (Diniz, 2006), em que a temperatura média anual do ar atinge 23,5° C, a humidade relativa média anual do ar 78%, e as médias das precipitações anuais são inferiores a 200 mm. Não obstante, as precipitações foram consideradas como moderadas a elevadas, de acordo com as suas características torrenciais que originam situações de instabilidade graves, considerando-se deste modo o valor ponderal de 18 pontos.

5.3.9 – Registo histórico das situações de instabilidades

De acordo com os dados obtidos a partir do levantamento de campo e também de registos municipais das áreas de estudo, considerou-se para o Talude 2, nos seus dois troços, que os movimentos de instabilidade foram classificados como ocasionais e tiveram uma ponderação de 9 pontos, enquanto para os Taludes 3 e 6 consideraram-se as situações de instabilidade como ocasionais a frequentes e foi atribuído um valor ponderal de 18 pontos.

5.3.10 – Resultados da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS)

No sentido de avaliar a possibilidade das situações de instabilidade dos taludes perturbarem as vias de comunicação, e tendo em especial atenção as possíveis ocorrências de quedas de material rochoso que podem atingir os utentes dessas vias, recorreu-se à classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS), os resultados são apresentados no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Resultados da Classificação Rockfall Hazard Rating System para os Taludes 2, 3 e 6.

Parâmetro		Valor Ponderal			
		Talude 2		Talude 3	Talude 6
		Troço 1	Troço 2		
Altura do Talude		7	7	27	3
Eficácia da Vala		9	9	81	9
Risco Médio Para Veículos		6	6	18	9
Distância de Visibilidade de Decisão		54	81	54	54
Largura da Plataforma da Via de Comunicação		54	54	54	54
Caract Geológicas	Condições Estruturais	54	54	54	54
CASO 2	Diferença das Taxas de Erosão	54	54	54	54
Dimensão da Instabilidade		9	9	3	3
Características de Precipitação		18	18	18	18
Registo histórico da Queda de Blocos		9	9	18	18
Total		274	301	381	303

Tendo em conta os resultados obtidos (Quadro 5.2), constatou-se que para o segundo troço do Talude 2 e para os Taludes 3 e 6, existe a possibilidade de ocorrência de situações de instabilidades que devem ser sujeitas a medidas estabilizadoras e de prevenção a curto prazo, dado que o somatório da totalidade dos parâmetros RHRS é superior a 300. O primeiro troço 1 do Talude 2 apresenta valores inferiores a 300, não necessitando de intervenções de estabilização urgentes, mas pode definir-se um plano de monitorização relativamente à ocorrência de instabilidades, podendo igualmente estabelecerem-se medidas de prevenção e mesmo de estabilização a médio ou longo prazo.

6 – Conclusões

As zonas de Lobito e da Catumbela têm apresentado um crescimento urbano muito acentuado e que não obedece a um plano de ordenamento de território. Verificaram-se durante as últimas décadas, e de um modo particularmente evidente no mês de março de 2015, numerosos problemas relacionados com ocorrências de instabilidades de taludes/vertentes, sendo, por isso, necessária a realização de trabalhos de investigação no terreno, conducentes a conhecer e descrever as principais características e possíveis consequências das situações de instabilidade nos taludes/vertentes, bem como a sua possível prevenção e mitigação.

As instabilidades na área de estudo são condicionadas por vários fatores como as características litológicas (i.e. litologias, sua alternância e espessura), a presença de estruturas geológicas (i.e. atitude da estratificação, famílias de diáclases, sua disposição e densidade, falhas e dobramentos), o incremento das pressões da água e o decréscimo da resistência dos terrenos, os aspetos climáticos e a ação antrópica. Este último, constitui um dos fatores que mais contribui para situações de instabilidades nos taludes.

O clima da área de estudo é classificado como árido ou semiárido e com um período de maior pluviosidade curto (de outubro a maio) e de intensidade elevada. A disposição do relevo apresenta-se sob a forma de arribas e de colinas recortadas por redes de vales profundos e de flancos acentuados (dambas). Estes relevos podem atingir cotas de 100 m, aproximadamente, em algumas áreas mais internas do Lobito e da Catumbela, contrastando com as cotas baixas da restinga da planície deltaica fronteira às cidades.

Das diversas unidades litológicas presentes nas cidades de Lobito e da Catumbela, verificou-se a existência de estratos calcários, intercalações calcárias e margosas da unidade Alb₃ (Albiano Superior), correspondentes à sucessão estratigráfica da Formação de Quissonde do Cretácico da Bacia de Benguela.

No presente trabalho seguiu-se uma metodologia constituída por várias fases. Numa primeira efetuou-se uma extensa recolha e revisão bibliográfica, procedendo-se à obtenção de cartas topográficas e geológicas, de fotografias e de imagens digitalizadas, de modo a proceder à sua análise e interpretação. Numa segunda fase definiram-se as zonas a estudar, que se localizam nas áreas urbanas de Lobito e

Catumbela, procedendo-se à seleção de 12 taludes/vertentes e elaborando-se fichas de trabalho, de modo a possibilitar o desenvolvimento do estudo.

Numa terceira fase realizou-se o estudo de campo, em que se consideraram as características geológicas, geomorfológicas, estruturais, a presença de vegetação e definiram-se e caracterizaram-se as várias situações de instabilidade, no presente trabalho recorreu-se a uma ficha de trabalho e utilizou-se para os taludes das vias de comunicação rodoviária a classificação Rockfall Hazard Rock System (RHRS).

Na última fase efetuou-se a seleção da informação obtida no levantamento de campo, procedendo ao seu estudo e avaliação de modo a permitir uma melhor ocupação do território e impedir, mitigar ou prevenir as situações de instabilidade.

Nos 12 taludes estudados, estão presentes várias situações de instabilidades como a queda de blocos que se verificam na totalidade dos taludes e os fluxos que ocorreram em 11 dos taludes considerados, verificaram-se também deslizamentos em 9 taludes, sendo que a velocidade dos movimentos de instabilidade ocorrentes é rápida a muito rápida. A vegetação foi classificada como escassa a rasteira em 58% dos taludes e como rasteira a moderada nos restantes 42%. As causas externas de instabilidades dos taludes consideradas como principais foram as exurgências e a infiltração de água, a escavação na base dos taludes/vertentes, a erosão superficial e a aplicação da sobrecarga no topo dos taludes/vertentes. Nas causas internas de maior relevância destacaram-se as características litológicas, a presença de estruturas geológicas, o aumento da pressão da água e a diminuição da resistência dos terrenos.

A aplicação da classificação Rockfall Hazard Rating System (RHRS) revelou que o segundo troço do Talude 2 e os Taludes 3 e 6, apresentam valores totais de RHRS superiores a 300, o que implica que devem ser efetuadas medidas de estabilização e de prevenção de características relativamente urgentes. Para o primeiro troço 1 do Talude 2 verificaram-se valores totais de RHRS inferiores a 300, pelo que a intervenção nesse troço não deve ser prioritária, podendo no entanto estabelecer-se um plano de monitorização relacionado com as possíveis situações de instabilidades.

Para se evitar consequências das instabilidades nos taludes, é necessário alertar e sensibilizar as populações dos perigos a que estão sujeitas, tendo em conta a vulnerabilidade do ambiente em que vivem, atendendo ao grau de perigosidade e de suscetibilidade geomorfológica. Devem, por isso, adotar-se medidas pró-ativas desde a fiscalização e o rigor legislativo, de modo a serem definidas normas de segurança.

Sugerem-se as seguintes medidas para minimizar as situações de instabilidades nas cidades de Lobito e da Catumbela:

- ❖ Devem realizar-se estudos relacionados com situações de instabilidades de taludes das áreas mais suscetíveis e vulneráveis a estes fenómenos que podem colocar em risco as populações.
- ❖ Para se evitar consequências provenientes ou provocadas por situações de instabilidades descritas, recomenda-se a utilização de medidas estabilizadoras e proteção tais como: drenagem, muros de suporte, ancoragens e pregagens, redes de proteção e utilização de vegetação.
- ❖ As Administrações Municipais, em conjunto com o governo provincial e nacional, devem efetuar o levantamento das áreas potencialmente instáveis de modo a elaborarem políticas de planeamento e de ordenamento do território eficazes e, deste modo, contribuir para o desenvolvimento urbano sustentado das populações. Estes levantamentos devem constar na carta de risco das áreas envolventes, de modo a servirem de planos futuros de prevenção.

Referências Bibliográficas

- Aldeias, J.B. (2011) – *Soluções de escavação e contenção periférica intersectando o nível freático*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 162 p.
- AMC (2014) - *Relatório do 4.º trimestre - 2013*. Administração Municipal da Catumbela, Angola.
- Andrade, P.S. (2008) – *Estudo das principais características das discontinuidades*; Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra, 41 p.
- Andrade, P.S. (2009) – *Dispositivos de disciplina de Análise e Gestão de Riscos Naturais*. Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Andrade, T.J.R. (2011) – *Estabilidade de Vertentes nas Formações Vulcânicas da Ilha da Madeira*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade da Madeira, Funchal, 137 p.
- Angeli, M.G.; Gasparreto, P.; Menotti, R.M.; Pasuto, A.; Silvano, S.; Soldati, M. (1996) – *Rock avalanche. Landslide recognition*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 190 – 201.
- Ayala-Cacerdo, F.; Marques, M.; Gijon, M.F.; Gil, A. (1987) – *Manual de taludes*. Serie Geotecnia, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 455 p.
- Bastos, M.J.N. (1999) – *A estabilidade estrutural na segurança de pedreiras a céu aberto-Maciços terrosos*. Comunicações Técnicas Visaconsultores. <http://www.visaconsultores.com>, acedido em Dezembro de 2013.
- Bloom, A. (1970) – *Superfície da terra*. Editora Edgard Blücher, S. Paulo, Brasil, 184 p.
- Branco, F.E.F. (1996) – *A Drenagem – No Projecto, Construção e Exploração de Estradas*. Seminário sobre Drenagem de águas Superficiais em vias de comunicação. 15-16 abril de 1996.
- Brognon, G.P.; Verrier, G. R. (1966) – *Oil and geology in Cuanza Basin of Angola*. *AAPG Bulletin*, 50: 108 – 158.
- Buta-Neto, A.; Tavares, T. S.; Quesne, D.; Guiraud, M.; Meister, C.; David, B.; Morais, M-L. (2006) - *Synthese des travane menes sur le bassin de Benguela (Sud Angola): implications sédimentologiques et structurales*. *Africa Geoscience Review*, 13 (3):23 -250.
- Carvalho, G.S. (1957) – *A fotografia aérea ao serviço da geologia e da morfologia*. Separata das Jornadas das Estradas, Luanda, 11 p.
- Carvalho, G.S. (1961) – *Alguns problemas dos terraços quaternários de litoral de Angola*. *Boletim do Serviço de Geologia e Minas de Angola*, 2: 5 – 15.

- Carvalho, G.S. (1963) – Problemas de sedimentologia das praias do litoral de Angola (Entre a foz do rio Coporolo e o Lobito). *Garcia de Orta*. 10: 12 – 18.
- Coates, D.R. (1977) – *Landslide. Reviews in Engineering Geology*. The Geological Society of America, vol.III, 278 p.
- Coelho, S. (1996) – *Tecnologia das fundações*. E. P. Gustave Eiffel, Amadora, 996 p.
- Cruden, D. M. (1991) - A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43: 27 – 29.
- Cruden, D.M.; Varnes, D, J. (1996) – Landslides Types and Processes. *In Special Report 247: Landslide. Investigation and Migration* (Turner, A. K. & Schuster R. L. eds) Transportation Research Board, National Research Council. Washington D. C., pp. 36 – 375.
- Cunha, L. (2007) – *Zona de vertente*. http://www.sandra_Biogeo.Blogspot.pt. Acedido em 17 de janeiro de 2016.
- Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; Ibsen, M. L. (1996) – *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester, 274 p.
- Diniz, A.C. (2006) – *Características mesozóicas de Angola*. 2ª Edição, IPAD, Lisboa, 450 p.
- Dramis, F.; Sorriso-Valvo, M. (1994) – Deep-seated gravitational slope deformations related landslides, and tectonics. *Engineering Geology*, 38: 231 – 243.
- Dyminski, A.S. (2010) – *Noções de estabilidade de taludes e contenções*. *Estabilidade de Taludes*. Universidade Federal do Paraná, 28 p.
- Feio, M. (1960) – As praias levantadas da região do Lobito e Baía Farta. *Garcia de Orta*, 8 (2): 357 – 370.
- Fibratex (2014) – Aplicações. <http://www.fibratex.com.br/produtos/aplicacoes-geoflex> Acedido em Outubro de 2015.
- Galvão, C.F.; Silva, Z. (1972) – Notícia explicativa da folha 227 – 228. Lobito da Carta Geológica de Angola, à escala 1:100000. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas, Luanda, 40 p.
- Gedeon, G., (1993) - Engineering and design: Standard practice for shotcrete.US army Corps of Engineers”. Washington DC, 42 p.
- Gersovich, D.M.S. (2014) – *Estabilidade de Taludes*. Oficina de Textos. 166 p.
- Gonçalvez, I. (2006) – Estabilização de taludes em auto-estradas. Formação de Estabilização de taludes. LEMO, Oeiras.
- Goodman, R.E.; Bray, J M. (1976) – Toppling of rock slopes. *Specialty Conference on Rock Engineering for Foundation and Slopes, Boulder, Colorado*. ASCE, vol. 2, pp. 201 – 234.

- Guiraud, M.; Neto, A.; Quesne, D. (2010) – Segmentation and differential post-rift Uplift at the Angola margin as recorded by the transform – rifted Benguela and oblique-to-orthogonal-rifted Kwanza basins. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 27, pp. 1040 – 1068.
- Highland, L. M.; Bobrowsky, P. (2008) – *The Landslide Handbook. A Guide to Understanding Landslides*. US Geology Survey, Circular 1325, 129 p.
- Hoek, E. (2007) – *Practical rock engineering*. <http://www.rocscience.com/hoek>. Acedido em Fevereiro de 2014.
- Hunt, R.E. (2007) – *Geologic Hazards: A Field Guide for Geotechnical Engineers*. Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida, USA, 352p.
- Hutchinson, J.N. (1968) – *Mass Movement. Encyclopedia of Geomorphology*. Ed. R. W. Fairbridge. Reinhold, New York, pp. 668 - 695.
- Hutchinson, J.N. (1988) – General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hidrogeology. *Proc. 6th international Symposium on Landslides*. Ed. C. Bonnard. Balkema, Rotterdam, Ud. 1, pp. 3 – 26.
- Hyndman, D.; Hyndman, D. (2006) – *Natural hazard and disasters*. Thonson Brooks/Cole, Belmont, 509 p.
- Ibsen, M.I.; Bronhead, E.; Collison, A. (1996) – *Flow Slide. Landslide Recognition*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 202 - 211.
- IGM (Instituto Geologico e Mineiro) (1999) - *Regras de Boa Prática no Desmonte a Céu Aberto*. Versão Online no Site do INETI: [http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes online/diversos/boa prática/indice.htm](http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/boa_prática/indice.htm). Acedido em Outubro de 2013.
- Kapule, E.E. (2012) – *As instabilidade de taludes e vertentes na descida da Serra da Leba, Angola*. Tese de Mestrado em Geociências do ramo de Ambiente e Ordenamento, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra, 61 p.
- Keller, G.; Sherar, J. (2008) – *Ingeniería de Caminos Rurales. Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Gestión de Caminos Rurales*. US Agency for International Development (USAID). Versión en español producida por Instituto Mexicano del Transporte.
- Maccaferri (2015) - *Queda de Rochas. Barreiras Dinâmicas RMC*. <http://www.maccaferri.com/br>. Acedido em Outubro de 2015.
- Nemcok, A.; Pasek, J.; Rybar, J. (1972) – Classifications of Landslides and other mass movements. *Rock Mechanics*, 4: 71 – 78.

- Neto, M.G.M. (1961) – As bacias sedimentares de Benguela e Moçamedes. *Boletim do Serviço de Geologia e Minas de Angola*, 3: 63 – 93.
- Oliveira, N.C.D. (2010) – *Soluções para a estabilização de taludes em linhas férreas*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Especialidade em Geotecnia. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 104 p.
- Panet, M. (1976) – *La mécanique des roches appliqué aux ouvrages du génie civil*. Nationale des Ponts et Chaussée, Paris, 235 p.
- PopulationData.net (2015) – Angola, République d'Angola. MyPopulationData. <http://www.populationdata.net/index2.php?option=pays&pid=7&nom=angola>
Acedido em 14 de janeiro de 2016.
- Quinta-Ferreira, M. (2009) – *Taludes em Rocha*. Estabilidade de Taludes e Instrumentação. Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Coimbra, 75 p.
- Rebelo, F. (1991) – Geografia Física e Riscos Naturais. Alguns exemplos de riscos geomorfológicos em vertentes e arribas no domínio mediterrâneo. *Biblos*, 67: 353 – 371.
- Santos, G.A.F. (2014) – *Soluções de Pregagens para a Estabilização de Taludes: uma Contribuição para o seu Dimensionamento*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Perfil Estruturas e Geotecnia. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 142 p.
- Saraiva, A.A. (1994) – *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. Centro de Geociências da Universidade de Coimbra,
- Sassa, K. (1985) – The geotechnical classification of landslides. *Proc. 4th Internacional Conference and Field Workshop on Landslides*. Tokyo, vol. 1, pp. 31 – 40.
- Tavares, T. (2006) – *Ammonites et Echinides de l'Albien de Benguela. Systématique, Biostratigraphie, Paléoenvironnement et Paléobiogéographie*. Tese de Doutoramento, Université de Bourgogne, France, 381 p.
- Tavares, T.; Meister, C.; Duarte-Morais, M. L. ; David, B. (2007) – Albian amonites of the Benguela Basin (Angola): a biostratigraphic framework. *South African Journal of Geology*, 110: 137 – 156.
- Technoexportstrov (1990) – *Esquema para o desenvolvimento sócio-económico da província de Benguela*. Comissão provincial de Benguela, Gabinete do Plano.
- Teixeira, M. (2005) – Movimentos de Vertentes. Factores de Ocorrência e Metodologia de Inventariação. *Geonovas*, 19: 95-106.
- Vallejo, L.I.G.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. (2002) – *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall Ed., Madrid, 715 p.

- Varnes, D.J. (1958) – Landslide Type and Processes. In ECKEL, E. B. (Ed.), *landslides and Engineering Practice, Highway Researad Bord, National Academy of Sciences Special Report*, 29: 20 – 47.
- Varnes, D.J. (1978) – *Slope Movement Types and Processes*. In: R.L. Schuster and R.J. Krizek (Eds.) - *Landslide: Analysis and Control*, Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 176, pp. 11 – 33.
- Varnes, D.J. (1984) – *Landslides Hazard Zonation; A Review of Principles and Practice*. Paris: UNESCO Press, 63 p.
- Vilaça, C.S.S. (2009) – *Adaptação do Caderno de Encargos Tipo da Ex-JAE a Estradas Municipais de Baixa Velocidade*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Vias de Comunicação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 118 p.
- WP/WLI (1993) – A suggested method for describing the activity for a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 47, pp. 53 – 57.
- Lobitowebste (2003) – *A sala de visitas de Angola*. www.lobitowebste.com. Acedido em janeiro de 2016.
- Wylie, D.; Mah, C. (2004) – *Rock Slope Engineering*. Taylor and Francis, London and New York.
- Zaruba, Q.; Mencl, V. (1976) – *Engineering Geology*. Elsevier, Amsterdam, 504 p.
- Zêzere, J.L. (2000) – *A Classificação dos movimentos de vertente: Tipologia, actividade e morfologia*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 34 p.
- Zêzere, J.L. (2003) – *Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos*. Centro de Estudos geomorfológicos. Relatório nº 41. Lisboa, 129 p.