



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

**Estudo e Avaliação da Estabilidade dos Taludes
situados nas Zonas 3 e 4 da Comuna da Catumbela,
Município da Catumbela-Benguela.**

José Gregório Segunda

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS - AMBIENTE E ORDENAMENTO

Setembro, 2015



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

**Estudo e Avaliação da Estabilidade dos Taludes
situados nas Zonas 3 e 4 da Comuna da Catumbela,
Município da Catumbela-Benguela.**

José Gregório Segunda

Mestrado em Geociências - Ambiente e Ordenamento do Território

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

Orientador científico:

**Prof. Doutor Mário Quinta Ferreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra.**

Setembro de 2015



2015
FCTUC

Est. e Aval. da Estabilidade dos Taludes situados nas Zonas 3 e 4 da Comuna da Catumbela. J. G. Segunda

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela força e inspiração que me foi dada nos momentos difíceis.

Ao meu falecido pai, minha mãe, minha esposa, meus filhos e toda minha família pelo apoio e compreensão.

Ao Departamento de Ciências da Terra, da Universidade de Coimbra.

Ao meu orientador Professor Doutor Mário Quinta-Ferreira, pela paciência e destreza que teve na elaboração do trabalho.

Aos colegas do Mestrado, em especial aqueles que propiciaram bons momentos na coabitação e troca de informações.

A Direção da Escola Missionária de Formação de Professores do Dombe-Grande por me terem permitido frequentar este curso.

Enfim, a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

O meu muito obrigado.

Resumo:

A associação de fatores geodinâmicos internos e externos em conjunto com as atividades humanas podem contribuir para alterações na litologia, na geomorfologia e na presença de água, podendo provocar consequências, por vezes de enorme gravidade como a perda de vidas, interdição das vias rodoviárias, destruição de edifícios e o aumento da pobreza. No trabalho fez-se o estudo e avaliação da estabilidade de quatro taludes (três naturais e um de escavação) localizados na Comuna da Catumbela. O estudo foi realizado com base na cartografia já existente e no trabalho de campo pormenorizado em que se efetuou o levantamento de parâmetros dos taludes, sendo as famílias das diaclases elementos fundamentais na avaliação cinemática da estabilidade. Este estudo foi complementado com a análise dos fatores que podem afetar a estabilidade do maciço. Aplicou-se a Rock Mass Rating e Slope Mass Rating. A metodologia utilizada mostrou ser eficiente para os objetivos do estudo quanto à classificação do maciço rochoso, à previsão da probabilidade de ocorrência de roturas e às obras de contenção ou estabilização consideradas necessárias.

Palavras - chave: Estabilidade, Calcários, RMR, SMR, Catumbela

Abstract:

The combination of internal and external geodynamic factors together with human activities may contribute to changes in the lithology, geomorphology and the presence of water, causing consequences, sometimes very serious, as is the loss of lives, interdiction of roads, destruction of buildings and the increase in poverty. The work deals with the study and stability evaluation of four slopes (three natural and one of excavation) located in the municipality of Catumbela. The study was conducted based on existing maps and on a detailed field work carried out to obtain survey parameters of the slopes. The joint families are key elements in the kinematic evaluation of stability. This study was complemented with an analysis of the factors that can affect the stability of the rock mass. The Rock Mass Rating and Slope Mass Rating were used. The methodology used was efficient for the purposes of the study allowing the classification of the rock mass, forecasting the likelihood of failure. Containment works or stabilization is considered necessary.

Keywords: Stability, limestone, RMR, SMR, Catumbela

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Capitulo I – Introdução Geral	1
Objetivos.....	1
Antecedentes	2
Estrutura da dissertação.....	2
Capitulo II – Caraterização geral do local de estudo	4
2.1. Situação geográfica e Administrativa.....	4
2.2. Geomorfologia.....	6
2.3. Solos.....	9
2.4. Vegetação.....	10
2.5. Clima.....	11
2.5.1. Precipitação.....	12
2.6. Ocupação humana e atividades económicas.....	14
2.6.1. Assentamentos humanos.....	14
2.6.2. Atividades económicas.....	17
2.7. Geologia.....	19
2.7.1. Geologia Regional da área de estudo.....	19
2.7.2. Geologia Local.....	24
2.8 - Tectónica Regional.....	26
Capitulo III- Métodos geomecânicos de otimização do estudo dos taludes para avaliação de situações de estabilidade, a RMR e SMR	28
3.1. Método Rock Mass Rating - RMR de Bieniawski, (1989).....	28
3.2. Sistema Slope Mass Rating - SMR – Romana, (1993).....	36
3.3. Propostas de medidas de minimização e técnicas de estabilização.....	39
3.4. Descrição de medidas não - estruturais de Prevenção de Riscos.....	41
Capitulo IV – Materiais e métodos	42
4.1. Seleção da área de estudo.....	43
4.2. Pesquisa bibliográfica.....	43

4.3. Trabalho de campo.....	43
4.4. Procedimentos de Gabinete: Tratamento de dados.....	44
4.5. Integração e análise dos dados.....	45
Capitulo V- Caraterização pormenorizada dos locais	46
5.1. Seleção da área de estudo	46
5.1.1. Caraterização do Talude A	47
5.1.2. Caraterização do talude B	51
5.1.3. Caraterização do Talude C	54
5.1.4. Caracterização do Talude D	58
5.2 - Aplicações das classificações Geomecânicas	61
5.2.1. Talude do Chimbuila (Talude A)	62
5.2.2. Talude do poli - Tata (Talude B)	64
5.2.3. Talude do Lomboloque (Talude C)	66
5.2.4. Talude de escavação do Cambambi (Talude D)	71
5.3 - Relação entre SMRfinal de cada talude e probabilidade de rotura(%)	73
Capitulo VI - Análise das soluções a aplicar	75
6.1. Causas que influenciam na estabilidade dos taludes/ vertentes estudados.....	75
6.2. Consequências da instabilidade dos taludes/ vertentes estudados.....	76
6.3. Soluções à adotar com vista a minimizar ou estabilizar os taludes/vertentes estudados	77
6.3.1 - Medidas estruturais	77
6.3.2 - Medidas não estruturais	78
Capitulo VII - Conclusões e Recomendações	79
Referências bibliográficas	81

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Comparação em números entre a extensão territorial e o número da população (A.C.C 2014; INE, 2014).....	4
Quadro 3.1.a – Sistema de classificação geomecânica ponderado de $RMR_{básico}$ de Bieniawski (1989 <i>in</i> Fontinhas, 2012).....	29
Quadro 3.1.b - Resumo da Classificação de maciços rochosos - $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989).....	30
Quadro 3.2 - Resumo da Classificação de maciços rochosos - $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989).....	30
Quadro 3.3 - Resumo da classificação de resistência de materiais rochosos, ISRM (1978).....	31
Quadro 3.4 - Resumo da Classificação dos maciços, (Deere <i>et al.</i> , 1967).....	31
Quadro 3.5 - Classificação do espaçamento entre fraturas consecutivas, ISRM (1981) e Bieniawski (1989).....	32
Quadro 3.6 - Descrição da persistência, Bieniawski (1989).....	32
Quadro 3.7 - Resumo da classificação da abertura das descontinuidades, Bieniawski (1989).....	33
Quadro 3.8 - Descrição do enchimento, Bieniawski (1989).....	33
Quadro 3.9 – Classificação da rugosidade, Bieniawski (1989).....	33
Quadro 3.10 - Classificação da condição das descontinuidades de acordo com o seu grau de alteração BIENIAWSKI (1989).....	34
Quadro 3.11: Classificação da percolação nas descontinuidades, Bieniawski (1989).....	35
Quadro 3.12: Resumo da classificação SMR de Romana, (1993).....	38
Quadro 3.13 - Fatores corretivos consoante as orientações das descontinuidades, para escavação em diferentes tipos de obras geotécnicas, Bieniawski (1989).....	38
Quadro 3.14 - Caraterização das classes de SMR, Romana (1993).....	39
Quadro 3.15 – Propostas de medidas de estabilização, e técnicas de contenção segundo a SMR, Romana (1993).....	39

Quadro 5.1: Resumo de amostras obtidas para o setor estudado - Talude A.....	49
Quadro 5.2 - Resumo das amostras obtidas para setor estudado -Talude B.....	53
Quadro 5.3 - Resumo das amostras obtidas para setores 1 e 2 estudados - Talude C.....	57
Quadro 5.4 - Resumo das amostras obtidas para setores 1 e 2 - Talude D.....	60
Quadro 5.5 - Classificação do Maciço rochoso do setor estudado (Talude A), RMR - Bieniawski (1989).....	63
Quadro 5.6 - Classificação de rotura do setor estudado (Talude A), SMR - Romana (1993)...	63
Quadro 5.6.1 - Resumo da probabilidade de rotura para cada descontinuidade do setor estudado (Talude A), Tomás <i>et al.</i> , (2006).....	64
Quadro 5.7 - Classificação do Maciço rochoso do setor estudo (Talude B), RMR de (Bieniawski 1989).....	65
Quadro 5.8 - Classificação de rotura do setor estudado (Talude B), SMR de Romana (1993).....	62
Quadro 5.8.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude B, Setores 1 e 2), Tomás <i>et al.</i> , (2006).....	66
Quadro 5.9 - Classificação do Maciço rochoso no Talude C, Setor 1, RMR - Bieniawski, (1989).....	67
Quadro 5.10 - Classificação de rotura no Talude C, sector 1, SMR de Romana (1993).....	68
Quadro 5.10.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude C, Setor 1), Tomás <i>et al.</i> , (2006).....	68
Quadro 5.11: Classificação do maciço rochoso do talude C, sector 2, RMR Bieniawski, (1989).....	69
Quadro 5.12 - Classificação de rotura do Sector 2, Talude C, SMR _{básico} de Romana (1993).....	70
Quadro 5.12.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude C, Setor 2), Tomás <i>et al.</i> , (2006).....	70
Quadro 5.13 - Classificação do maciço rochoso do talude D (Setor 1 e 2), segundo a RMR Bieniawski, (1989).....	71

Quadro 5.14 - Classificação de rotura no Talude D (Setores 1 e 2), segundo a $SMR_{básico}$ de Romana (1993)	72
Quadro 5.14.1 - Resumo da probabilidade de rotura do talude D (Setores 1 e 2), Tomás <i>et al.</i> , (2006)	72
Quadro 6.1 – Resumo das probabilidades de roturas em relação ao menor valor da SMR (Taludes A, B, C e D).....	74

Índice de figuras

Figura 2.1- A - Ilustração do território angolano no Mapa de África; B – A seta destaca o Município da Catumbela no Mapa de Angola.....	5
Figura 2.2- Destaque da área de estudo – Zonas 3 e 4 - Comuna da Catumbela (Google earth, 2015).....	6
Figura 2.3a - Geomorfologia da África, Amaral (1963); o retângulo a preto indica o enquadramento geomorfológico da área de estudo no mapa da África.....	7
Figura 2.3b – Geomorfologia de Angola, Honrado <i>et al.</i> , (2010); o retângulo a preto indica o enquadramento geomorfológico da área de estudo no mapa de Angola.....	8
Figura 2.3c. Visão panorâmica da geomorfologia do setor em estudo pertencentes a Província de Benguela.....	9
Figura 2.4 - Neste mapa apresenta-se o tipo vegetação existente em cada região do Continente Africano, no quadrado a preto destaca - se a vegetação predominante na Província de Benguela.....	11
Figura 2.5 – Mapa de clima do continente africano, com maior apreciação ao clima predominante na área aproximada de Angola e Benguela.....	12
Figura 2.6 - Precipitação para o período JFM – 2014 – Angola, destaca-se a zona I, enquadramento da província de Benguela (INAMET, 2013-2014).....	13
Figura 2.7 - Ilustração da atual ocupação de solos na Comuna da Catumbela (Google earth, 2015).....	16
Figura 2.8- Vista panorâmica da centralidade da Catumbela (Google Earth, 2015).....	17
Figura 2.7 – Nova Ponte sobre o rio Catumbela, “4 de Abril” - Catumbela, inaugurada 10.09.2009, pelo Presidente da República de Angola, Eng. José Eduardo Dos Santos (Feio & Pereira, 2009)	18
Figura 2.8 - Principais bacias sedimentares de Angola (Rosante, 2013).....	19
Figura 2.9 – a - Mapa Geológico da Margem Angolana localizando as Bacias de Kwanza e Benguela. Detalhe para as duas discordâncias em verde na legenda. Modificado de Guiraud <i>et al.</i> , 2010. Retirado de Rosante (2013). b - Síntese da estratigrafia da Bacia do Kwanza, incluindo no seu setor sul a Bacia de Benguela, GeoLuanda (2000 <i>in</i> Victorino, 2011); Área a preto selecionada para estudo.....	20

Figura 2.12. Estrato da Carta geológica do Lobito, Folhas 227/228 (escala 1:100.000) (Galvão & Silva, 1972), ilustrando área aproximada do município da Catumbela e área estudo efetuado.....	24
Figura 3.1 – Ilustrações relativas a abertura das descontinuidades (adaptado de ISRM, 1978).....	33
Figura 3.2 - Perfis de Rugosidade (ISRM,1981), adaptado de Gonzalez de Vallejo <i>et al.</i> , (2002).....	34
Figura 3.3- Representação esquemática das propriedades geológico-geotécnicas das descontinuidades (adaptado de Gonzalez de Vallejo <i>et al.</i> , 2002).....	35
Figura 3.4 – Visão panorâmica de um DHPs.....	40
Figura 3.4 - a - Confeção da drenagem superficial; b - Execução do concreto projetado; c - Muro de Gabiões em execução, Canaletas centrais e de pé de talude; d - Rede de proteção contra a queda de pedras. Fonte: IPT, 1991; Oliveira, 2006; Vilaça, 2009.....	40
Figura 4.1- Fluxograma da Metodologia adotada.....	42
Figura 5.1 - Localização dos Taludes em estudo – Comuna da Catumbela – Benguela, imagem da Google Earth (2015): Os taludes em estudos localizam - se entre os bairro do Ácala - Chimbuila o talude A, natural, zona 3; entre os bairros poli-Tata Talude B natural, zona 5; no Bairro do Lomboloque Talude C, zona 3, natural; Bairro do Cambambi o Talude D, de escavação, zona 4.....	47
Figura 5.2 - Setor selecionado para estudo. Ilustrações de Habitações, vegetação, evidências de blocos instabilizados.....	48
Figura 5.3: ilustrações de movimentos: a - Desabamento do muro; b - Atingimento da Habitação; c - movimento do material de aterro em consequência da presença da água; d - acumulação da água ao longo do muro da habitação de adobes e provoca desabamento e destruição de bens.....	50
Figura 5.4 - ilustrações de movimentos: a - Desabamento de muro de gravidade; b - Habitação atingida e projeção da mesmo para outra habitação; c - Evidências do material que caiu de cima para baixo, a reabilitação d; d - evidências de erosão.....	50
Figura 5.5: Ilustrações de movimentos: a - Desabamentos de muros de gravidades; b - Habitações atingidas; d - Obstruções das vias de acessos para outras habitações; c - Evidência de erosão.....	51

Figura:5.6 – A desagregação das margas ocasiona a perda de suporte das bancadas de calcário e a sua instabilização, conferindo aos maciços um comportamento muito evolutivo; calcários margosos e Intercalações das camadas de margas com gesso; vegetação, lixo e habitações no topo e base do talude.....	52
Figura 5.7 – a : Ilustração do desabamento de um muro; b : destruição de uma habitação e perda de bens.....	54
Figura 5.8 - Evidência do difícil acesso a área de estudo, a - área de estudo; b - via de acesso; c - enchente da lagoa da Tata, consequência da obstrução dos canais de drenagem. Foto tirada a partir da cidade da Catumbela.....	54
Figura 5.9 - Ilustração do setor 1 do talude C. Estratificação das camadas, vegetação, habitações e sinais de inundações provocadas pelas chuvas do dia 11 de março de 2015.....	55
Figura 5.10: a - habitações no topo; b - visível grande quantidade de lixo na face do talude; c - Ilustração da estratificação.....	56
Figura 5.11 - a - Destruição da habitação; b - Obstrução da via de acesso para outras habitações; e - Movimentação do carro em cerca de 100 m, arrastado pelas águas provenientes das cotas mais altas; d - Obstrução do maior canal de escoação das águas; f - Bombas de combustível inundada, situada a menos de 30 m da base do talude; g - Evidências do nível das águas, ponto referência a residência que dista 20 m do setor estudado.....	58
Figura 5.12 – terraço de praia-mar e sua instabilidade; blocos instabilizados; c - desagregação das margas ocasiona a perda de suporte das bancadas de calcário e a sua instabilização, conferindo aos maciços um comportamento muito evolutivo. Calcários margosos e Intercalações das camadas de margas com gesso; Presença de água entre a estratificação de calcários margosos. (Foto tirada em tempo seco).....	59
Figura 5.13: ilustração de constrangimento na via de acesso no talude do Cambambi, causadas pelas chuvas do dia 23 de Abril 2015.....	61
Figura 5.14 – a - Situações de instabilidades na época seca. Observa-se menores quedas de blocos e constrangimentos na circulação de pessoa e bens neste período; b - Situações de instabilidades na época chuvosa. Observa-se maior queda de blocos e constrangimentos na circulação de pessoas e bens neste período	61

Índice de gráficos

Gráfico 2.1 - Apreciação das máximas das precipitações na zona envolvente. Fonte (Cruz,1940; Paulo, 1945; Sweco, 2005; DR,2011; Dinis <i>et al.</i> , 2013; Rodrigues, 2014; INAMET, 2014).....	14
Gráfico 5.1 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude A).....	64
Gráfico5.2 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude B).....	66
Gráfico 5.3 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude C, setor 1).....	68
Figura 5.4 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude C, setor 2).....	70
Gráfico 5.5 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude D, setores 1 e 2).....	73

Índice de Equações

$RMR_{básico} = P1+P2+P3+ P4+ P5$, (Equação 3.1- Cálculo da $RMR_{básico}$ proposta por Bieniawski, 1989)	28
$RMR_{final} = RMR_{básico} - 5$, (Equação 3.2- Cálculo da RMR proposta por Bieniawski, 1989)	28
$RQD = (\Sigma \text{ comprimento do testemunho} \geq 10) \times 100 / \text{comprimento total}$, (Equação 3.3 - cálculo da RQD, proposto por Deere <i>et al.</i> , 1967)	31
$SMR = RMR_{básico} + (F1+F2+F3) + F4$ Equação 3.4 (Romana, 1993)	36
$F1 = (1 - \text{sen } \alpha_j - \alpha_s)^2$ Equação 3.5 (Romana, 1993)	36
$F1 = (1 - \text{sen} \alpha_j - \alpha_s - 180)^2$ Equação 3.6 (Romana, 1993).....	36
$F2 = \text{tg}^2 \beta_j^2$, Equação 3.6 (Romana, 1993)	36
$F3 = \beta_j - \beta_s$ Equação 3.8. (Romana, 1993) proposta para o cálculo da Rotura planar.....	37
$F3 = \beta_j + \beta_s$ Equação 3.9. (Romana, 1993) proposta para o cálculo da Rotura por tombamento.....	37
$P (\%) = 100 - SMR$ Equação 5.1 – Cálculo da probabilidade ou suscetibilidade de rotura do talude (Tomás <i>et al.</i> , (2006)	62

Abreviaturas

RMR- Rock Mass Rating

SMR- Slope Mass Rating

RQD ou IQR - Rock Quality Designation

GPS – Global positioning system

DR- Diário da República

AMC- Administração Municipal da Catumbela

ACC- Administração Comunal da Catumbela

INE- Instituto Nacional de Estatística

INAMET- Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

CFB- Caminho de Ferro de Benguela

PDIC- Pólo de Desenvolvimento Industrial da Catumbela

EN- Estrada Nacional

ISRM- Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas

IPT- Instituto de Pesquisa Tecnológico

R.M.O.T.U.H.A - Repartição Municipal de Ordenamento do Território, Urbanismo, Habitação e Ambiente

FM- Formação

BB- Bacia de Benguela

α_j = Direção da descontinuidade

α_s = Direção do talude

β_j = inclinação da descontinuidade;

β_s = inclinação do talude

J1, J2 e J3 - Famílias de descontinuidades

Capítulo I: Introdução Geral

A Engenharia do Ambiente e Ordenamento do Território, é uma área menos explorada em Angola, em particular na Catumbela o que tem contribuindo significativamente nos desastres naturais, vitimando vidas humanas, animais, interdição das vias rodoviárias e aumento da pobreza.

Neste trabalho, o objeto a caraterizar são os taludes situados nas Zona 3 e 4, Comuna da Catumbela, Município da Catumbela, Província de Benguela, enquadradas na Bacia do Cuanza, numa peneplanície, caraterizada por uma litologia composta por Calcários, Margas e Gessos (Tavares *et al.*, 2007).

Esta associação litológica contribui para a existência de descontinuidades quando ela é exposta as precipitações e as temperaturas que alternam de período seco (Maio, Junho, Julho e Agosto) a períodos de chuvas (Setembro, Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril).

Com as classificações Geomecânicas RMR (Bieniawski, 1989) e SMR (Romana, 1993) pretende-se analisar as condições geomecânicas dos taludes e avaliar sumariamente as suas condições de estabilidade, possibilitando reduzir os riscos. Entre os parâmetros usados na RMR figura a resistência à compressão uniaxial ou em alternativa, o índice de carga pontual ou ainda pela técnica expedita como proposta da ISRM (1978).

A escolha deste tema veio da necessidade de buscar soluções otimizadas e práticas exequíveis para estabilização dos taludes acima referidos, uma vez que tem sido preocupação tanto dos académicos, como também do Estado, em particular da Administração Comunal da Catumbela, em função dos acidentes registados, causados pelos fatores geológicos, precipitações e ações humanas.

1.1 – Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral, contribuir para uma melhor compreensão dos métodos de avaliação de situações de estabilidade dos taludes, aplicando métodos de campo e de gabinete.

Para o efeito e de modos a concretizar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- ❖ Identificar os principais taludes na zona de estudo;
- ❖ Identificar os fatores condicionantes e desencadeantes das instabilidades dos taludes;
- ❖ Aplicar a classificação do maciço rochoso com base nos sistemas de classificações geomecânicas (RMR e SMR) para avaliação e correção de possíveis instabilidades.
- ❖ Averiguar as probabilidades de ocorrências de desastres e possíveis consequências;
- ❖ Propor medidas estruturais e não estruturais, às Autoridades locais (Administração, Instituições de Ensino, etc), que visam minimizar os riscos.

1.2 - Antecedentes

O comportamento geomecânico dos taludes/vertentes devem ser constantemente estudados e avaliados pelos engenheiros do Ambiente e Ordenamento para fornecer suporte à engenharia civil, especialmente à geotecnia, com informações sobre os maciços rochosos e sua estabilidade. Estes estudos incluem propostas para estabilidade ou técnicas de contenção dos taludes/vertentes, aproximando de certa forma as qualidades exibidas pelos maciços às medidas de estabilização necessárias.

Foram realizados e publicados estudos sobre as avaliações de instabilidades dos taludes/vertentes do oeste de Angola, como os trabalhos de Prego, 2010; Alberto, 2010; Derna, 2011; Gonçalves, 2011; Caiúve, 2014; Andre, Andrade & Callapez, 2015; Camela, Andrade & Tonicher, 2015; Carvalho, 2015; Kapule, Andrade & Dinis, 2015; Saque, 2013; Palanga, Duarte & Tavares, 2015 e Lialunga, 2015.

1.3 - Estrutura da Dissertação

O trabalho está estruturado em sete capítulos:

No Capítulo I – (Introdução Geral) - são apresentados de uma forma geral assuntos relevantes que levaram a investigação, assim como a justificação, os objetivos, os resultados esperados, o enquadramento geral da área de estudo e a estrutura do trabalho. No Capítulo II – (Caraterização geral do local de estudo), são referenciados aspetos relacionados com a situação geográfica e administrativa; Caraterização geomorfológica e geológica, a ocupação humana e atividades económicas, atividades

sísmicas no local, situação climatológica com maior realce as precipitações, o tipo de vegetação característico na área. No Capítulo III - (Métodos geomecânicas de otimização do estudo dos taludes para avaliação de situações de estabilidade, a RMR e SMR), faz-se uma elaboração do historial dos métodos, o seu desenvolvimento, aplicação e a contribuição deles nos processos de avaliação e de propostas de soluções possíveis. No Capítulo IV – (Materiais e métodos), são apresentados os materiais e procedimentos utilizados para a recolha de amostras, como é o caso da seleção da área de estudo, pesquisas bibliográficas, trabalho de campo, procedimento de gabinete para a aplicação dos métodos RMR e SMR e integração e análises de dados. Para o Capítulo V - (Caraterização dos talude), foi feita uma caraterização pormenorizada dos taludes previamente selecionados nomeadamente os taludes do bairro do Chimbuila (A); Talude do Poli-Tata (B); Talude do Lomboloque (C); Talude do Cambambi (D), bem como a avaliação do maciço rochoso a partir do método RMR e diagnóstico de ruturas com base no método SMR. No Capítulo VI - (Análise das soluções), são apresentados soluções preconizadas com base na análise de cada caso (Talude A, B C e D) de conformidade aos planos locais de desenvolvimento. No último Capítulo, Capítulo VI – (Conclusões) – são apresentados os principais resultados do trabalho bem como são tecidos algumas recomendações às autoridades administrativas locais.

Capítulo II – Caracterização geral do local de estudo

2. 1 - Situação geográfica e administrativa

O presente trabalho foi efetuado na Comuna da Catumbela, sede do novo Município da Catumbela, na província de Benguela, em Angola, desde 06 de Dezembro de 2011, ao abrigo da Lei n.º 32/11 de 5 de Outubro de 2011, do Diário da República de Angola, no âmbito da revisão da atual divisão político-administrativa da Província de Benguela.

Catumbela é um termo que se vulgariza e fixa, a partir do nome Quitumbela, que derivou do nome do primeiro Soba “Quitumbela” (Tchikwala, 2010). A atual Comuna da Catumbela ocupa cerca de 0,6 % do território angolano e 0,2% do território de Benguela. Estima-se uma população de 0,5% de Angola, 7% de Benguela e representa 80% aproximadamente do Município da Catumbela, (Quadro 2.1). Localiza-se a 6 quilómetros do oceano atlântico e 12 quilómetros da Baía do Lobito, com coordenadas 12° 24' de latitude sul e 13° 35' de longitude este (A.MC, 2014; A.C.C, 2014; INE, 2014) (Figura 2.1).

Quadro 2.1 - Comparação em números entre a extensão territorial e número da população (A.C.C 2014; INE, 2014).

	Área (km ²)	Nº de habitantes	Situação geográfica
Angola	1.246.700	24 383 301	Entre os paralelos 4° 22' e 18° 02' S
Província de Benguela	39. 826, 86	2 036 662	13° 15' S; 15° 30' E
Município da Catumbela	814.71	167 625	12° 25' 53" S; 013° 32' 49" E
Comuna da Catumbela	80,31	134 676	12° 25' 53" S, 013° 32' 49" E



Figura 2.1- **A** - Ilustração do território angolano no Mapa de África; **B** – A seta destaca o Município da Catumbela no Mapa de Angola (<http://www.britannica.com/place/Angola>).

O território da Comuna tem uma extensão de área aproximadamente de 80,31 km² e congrega as Zonas 3, 4 e 5, com cerca de 24 bairros, população estimada em 134 676 habitantes. A figura 2.2 mostra - nos que a Comuna encontra-se limitada a Norte, com o Município do Lobito (Damba do Icundo e a rotunda do Cassequel); a Sul com o Rio Catumbela; a Este com Comuna do Biópio e, a Oeste, com (CFB) a Linha férrea de Caminho de Ferro de Benguela (A.C.C, 2014).

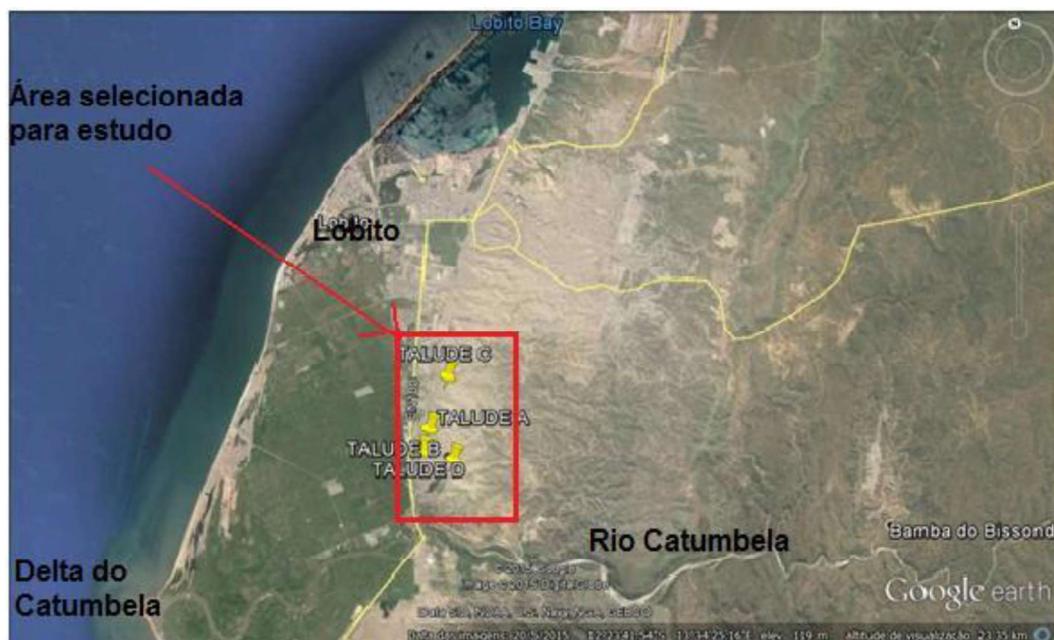


Figura 2.2- Destaque da área de estudo – Zonas 3 e 4 - Comuna da Catumbela (Google earth, 2015).

2.2 – Geomorfologia

A geomorfologia da Angola é enquadrada na zona V da classificação global com características de formação de superfície de aplanção, classificação baseada na cartografia das cinco zonas num planisfério, que resultou da combinação entre os “fatores climáticos” e “fatores aclimáticos” (Amaral, 1963). Esta aplanção enquadra-se na bacia do Cuanza que alcança 180 km de largura e uma inclinação para o mar chega a 8%, segundo Otto Jessen (*in* Feio, 1946). O mesmo autor acha que esta peneplanície trunca o cristalino, o metamórfico do soco africano, e junto a costa, o cretácico, o terciário antigo e, na bacia do Cuanza, também o terciário moderno. É identificada nesta área dois terraços de abrasão, um superior (Terraço A) de 80-130 metros de altura, por vezes muito largo e inferior, muito estreito, com cerca de 40m. (Figura 2.3.a). Todavia, Lester King, (*in* Amaral, 1963), apresentou no debate sobre “Plataforma de abrasão peneplanície”, a sua discordância com a ideia de Otto Jessen em considerar estas zona como peneplanície e propõe que fosse chamada de pediplanície porque resulta de uma evolução longa e contínua em ambientes de clima semiáridos, ou de tipo semelhante.

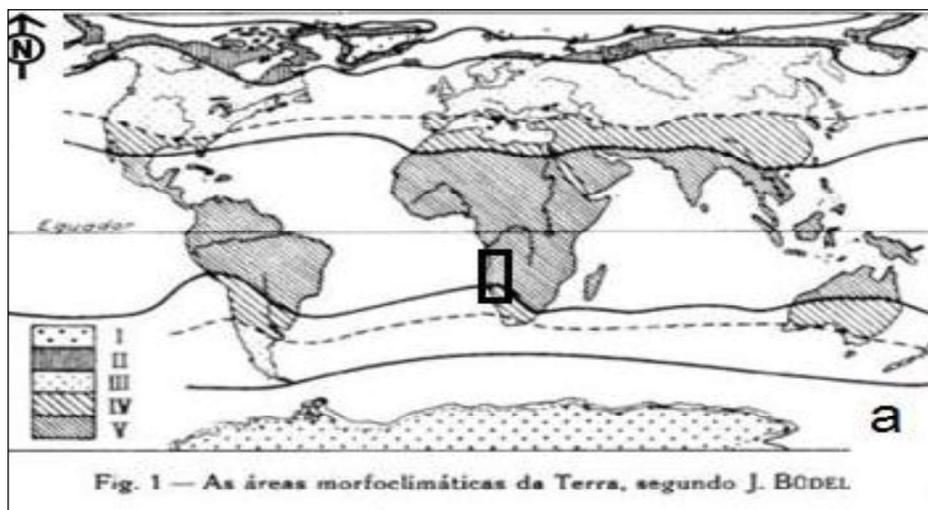


Figura 2.3a - Geomorfologia da África, Amaral (1963); o retângulo a preto indica o enquadramento geomorfológico da área de estudo no mapa da África.

Legenda

- I** - Zona de glaciares (regiões polares e montanhas elevadas);
- II** - Zona de formação pronunciada de vales (regiões polares, atualmente livres de gelos, mas com solos gelados);
- III** - Zona extratropical de formação de vales: Engloba a maioria das regiões das latitudes médias; Os efeitos dos processos de formação de vales estão, regra geral, subordinados aos testemunhos fósseis do período plistocénico;
- IV** - Zona "Subtropical" de pediment e formação de vales: é uma área de transição entre III e V;
- V** - Zona tropical de formação de superfícies de aplanção: engloba regiões de floresta de chuva.

O território angolano apresenta características específicas de relevo, razão que levou a considerar-se como sendo uma parte ocidental e a outra oriental (Figura 2.3b). Na parte leste é característico o relevo de acumulação, enquanto na parte oeste predomina o relevo de desnudação com intensos fenómenos de erosões atuais (Honrado *et al.*, 2011; Galvão & Silva, 1972).

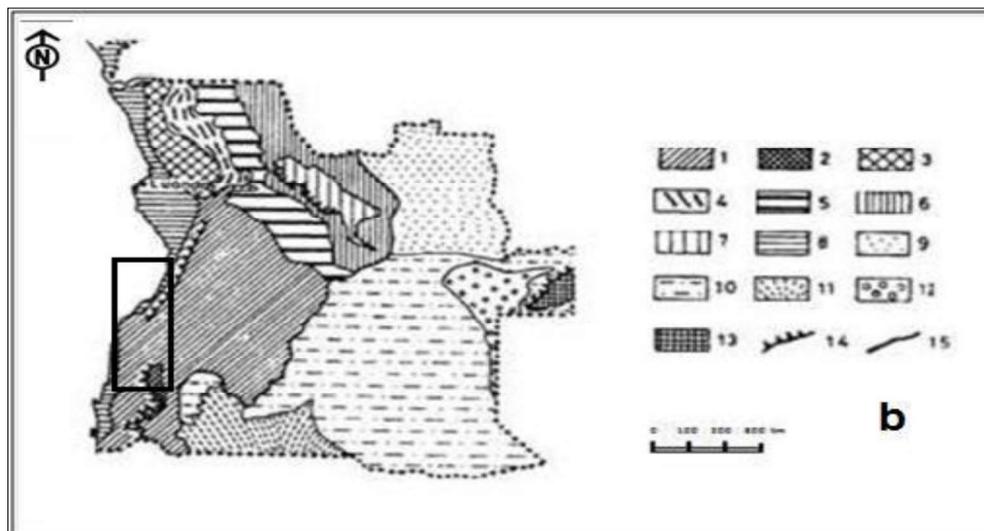


Figura 2.3b – Geomorfologia de Angola, Honrado *et al.*, (2011); o retângulo a preto indica o enquadramento geomorfológico da área de estudo no mapa de Angola.

Legenda

I Parte Ocidental: 1- Planalto Central; 2- Cadeia de montanhas marginais de Angola; 3 - Planície do Maiombe com relevo pouco acidentado; 4 - Zona em cordilheira do Zenza - Loge; 5 - Planície ondulada do Kwanza - Longe; 6 - Planície fortemente dissecada do Cuango; 7 - Depressão de Cassanje; 8 - Depressão litoral;

II Parte Oriental: 9 - "plateau" da Lunda; 10 - Planície leste; 11 - Planície proluvionar do Cunene; 12 - Depressão de Cameia - Lumbate; 13 - Elevação do Alto Zambeze;

III Outras convenções: 14 - os mais importantes degraus formados por efeitos de tectónica e denudação; 15 - limite entre as partes oriental e ocidental.

A Província de Benguela, apresenta geomorfologia dividida em duas plataformas diferentes:

Plataforma litoral: Corresponde a forma quase contínua, cotas inferiores a 10 metros, e descontínua com cotas entre 10-150 metros, 150 a 250 metros e 250 a 150 metros, (figura 2.3.c). Esta plataforma, em alguns intervalos atinge médias aproximadas a 300 metros de cota ou superior, diminuindo sua inclinação e declividade em direção para oeste, terminando em alguns casos numa arriba descontínua entre 100 - 150 metros. A descontinuidade da plataforma deve-se unicamente à acção dos cursos dos rios que rasgam vales largos e profundos onde se desenham extensas planícies fluviais (Feio, 1946; Diniz, 1998), e sobre esta mesma plataforma se observam superfícies de terraços de praia-mar e depósitos do plistocénicos (Galvão & Silva, 1972).

Plataforma Subplanáltica: marcada como de transição para o interior do planalto e que se desenha de norte e sul do território a cotas médias compreendidas entre 400 a 600 m, da qual se erguem frequentes formas residuais de relevo, desde montes-ilhas, plataformas salientes delimitadas por escarpas, degraus ou formas desmanteladas e

até serranias, cujos cumes atingem por vezes cotas dos 1000 m, como se pode observada na figura 2.3c, (Feio,1946; Feio,1960; Diniz,1998).

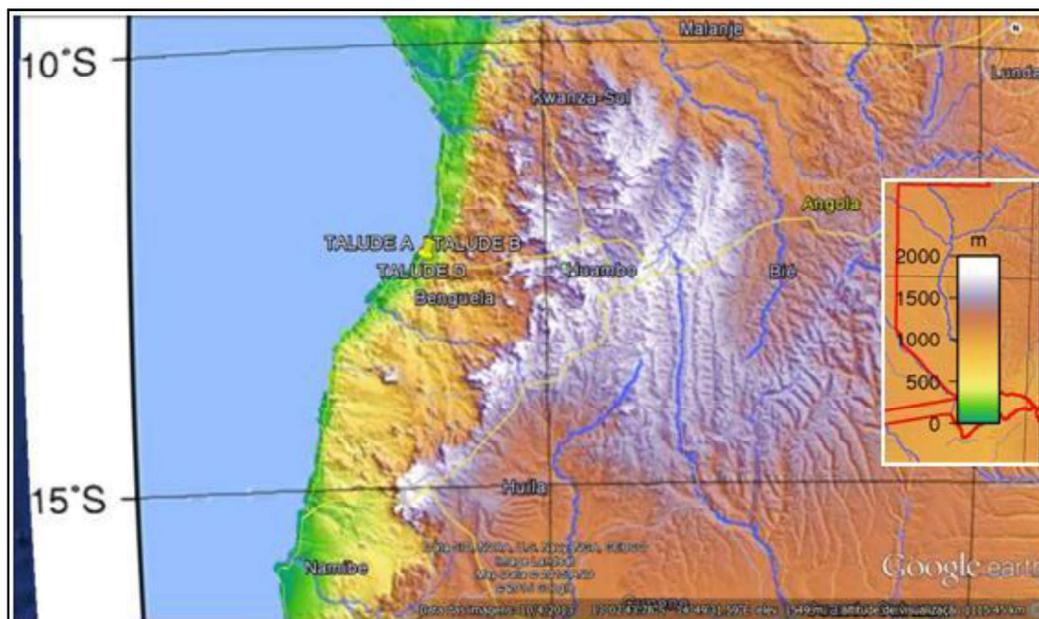


Figura 2.3c. Visão panorâmica da geomorfologia do setor em estudo pertencentes a Província de Benguela, (https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sadalmelik#Topographic_maps).

2.3 - Solos

Os solos de Angola foram caracterizados numa perspetiva agrícola, sendo indicadores os solos da **zona leste**, climas húmidas os psamíticos (Arenossolos); e subhúmidas os “ferralíticos”, os “arídicos psamíticos”, os “para-ferralíticos e os fersialíticos”; nas **zonas do planalto centro** e do **sub-planalto do centro norte**, solos com caraterísticas dos Ferralíticos (Ferralsolos); **Faixa do litoral**, desde o **Ambrizete ao Namibe**, solos com caraterísticas de Aluviais (Fluvisolos), Barros (Vertissolos), Calsiálíticos (Luvisolos ou Causissolos), Arídicos tropicais (Cambissolos e Calcissolos, Solonchaks e Solonetz) e Fersialítico (Luvisolos, Nitissolos); os solos psamíticos e os calcários pardos em **zonas desérticas e sub-desérticas**, (Carvalho, 2009).

Em termos Naturais mais de 50% do território esta sujeito a processos constantes ou periódicos de erosão provocados pelas chuvas, pelos ventos e outros fatores climáticos, Roosbroeck *et al.*, (2006).

Na região de Benguela, são predominantes os **solos calcários e Aluviais**:

solos calcários: São ricos em cálcio e matérias orgânicas, por isso, são extremamente férteis, originários da rocha calcária, com proporção variável de carbonato de cálcio, grau de saturação em bases próximo dos 100%, normalmente de texturas finas e com argila do tipo sialítico (Diniz, 1998).

Solos Aluviais: são de origem de deposição (intemperismo físico) de sedimentos minerais (aluviões) e orgânicos nas margens de rios e áreas de planícies, e apresenta elevado teor de fertilidade (Diniz, 1998).

Em alguns lugares da Catumbela observam-se sedimentos junto das linhas das águas, transportadas por ação das águas e dos ventos, e estes apresentam texturas bastantes heterogéneas, predominadas por texturas finas nas baixas do rio Catumbela. Os solos calcários, são sempre enriquecidos por quantidades abundantes de minerais primários, de diversas composições mineralógicas, constituídas por reservas nutritivas das plantas (Exemplos: Os solos apreciáveis, explorados até a década 90, com a plantação da cana de-açúcar, hoje praticada nela agricultura de diversos produtos). Nas baixas do Catumbela são visíveis solos aluvio-Coluvionais, de textura fina e muito espessa, devido o elevado teor de Calcário, Marga e Gesso, consequência da intensa erosão que nela se verifica (Diniz, 2006).

2.4 - Vegetação

Neste trabalho são apresentado os principais agrupamentos vegetais que se distribuem na zona litoral sul, como é ilustrada na área selecionada a preto (Figura 2.4) pelo fato de nesta área estar inserida a nossa a ação: Mato Brenhoso (*Kaikaea plurijuga*); Floresta Aberta (Mata de Panda); Formações de *Andosonia Digitata* (*Sterculia Setigera* e *Commiphora SPP*); Formações de *Colophospermum Mopane* C/*Spyrostachys Africana*; Formações Estépicas com *Colophospermum Mopane*; Estepes com Subarbustos (Acácia); Estepes Graminosas (*Aristida*); Dunas; e frequência de *Welwitschia Mirabilis*, (Diniz, 2006).

A área de estudo apresenta vegetação de tipo de estepe com arbustos e subarbustos (acácia) em solos calcários (figura 2.4). Os mesmos autores sustentam a hipótese de haver formações arbóreas, arbustivas e formações de acácia albida nos aluviões marginais nos cursos das águas das regiões quente e seco, sobretudo na faixa litoral, (Diniz & Aguiar, 1969; Diniz, 2006).

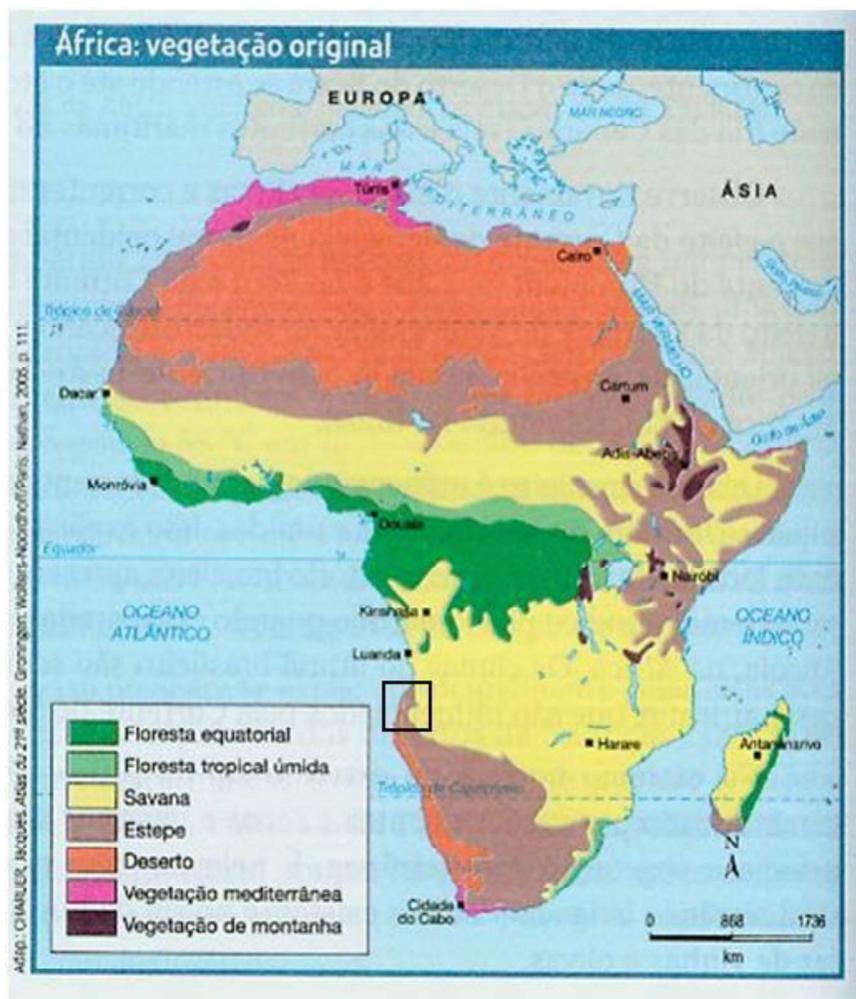


Figura 2.4 - Neste mapa apresenta-se o tipo vegetação existente em cada região do Continente Africano, no quadrado a preto destaca - se a vegetação predominante na Província de Benguela. (<http://africaredefor.blogspot.pt/2012/05/vegetacao-do-continete-africano.html>).

2.5 - Clima

A situação geográfica de Angola, na zona intertropical do hemisfério Sul, a proximidade do mar, a corrente fria de Benguela e as características do relevo são os fatores que determinam e caracterizam basicamente duas estações bem diferenciadas: Uma seca, denominada Cacimbo, de Maio a Setembro e outra quente, Chuvosa, de Outubro a Maio (Cruz, 1940; DR, 2011; Roosbroeck *et al.*, 2006).

A província de Benguela, é marcada por clima: Cwa - Quente e seco, sobretudo na faixa litoral, com uma considerável aridez e humidade relativa durante todo ano, o ar mantém valores elevados; e BSh – Mesotérmico no interior. A classificação do clima Cwa, aponta 20,6°C como temperatura média em Benguela e uma média anual de pluviosidades de 1207 mm, (Kopper & Geiger, 1954) (figura 2.5).

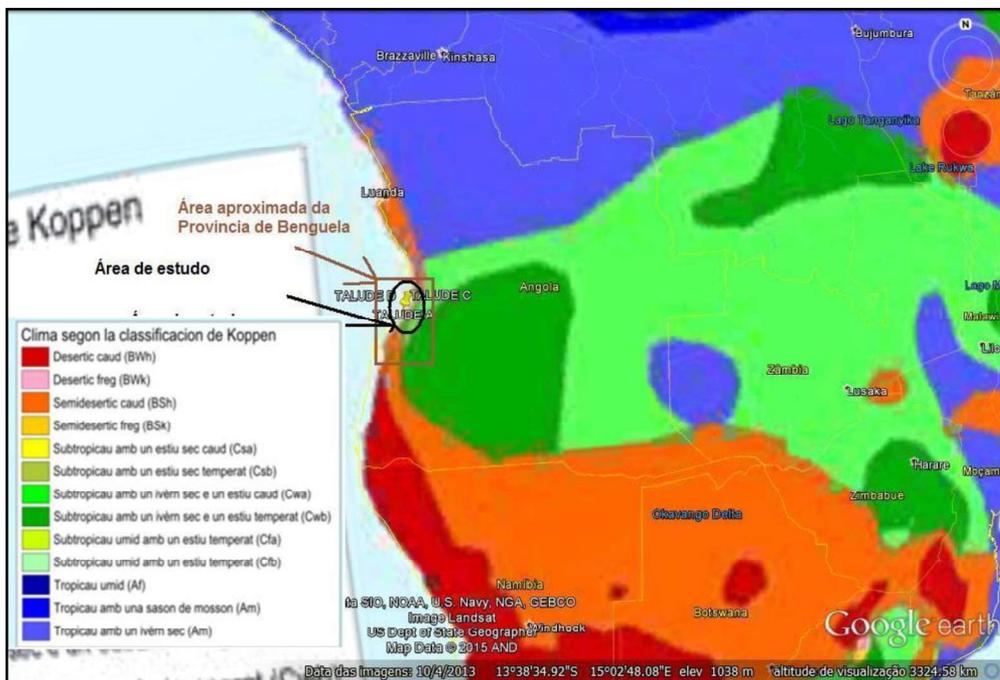


Figura 2.5 – Mapa de clima do continente africano, com maior apreciação ao clima predominante na área aproximada de Angola e Benguela. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clima_african_segons_la_classificacion_de_Koppen.png); (Google earth, 2015) adaptado em 2015.

2.5.1- Precipitação

A vasta extensão de Angola, integrando-se na zona intertropical, com cerca de 73% da área do território situada acima da cota dos 1000 m, faz com que tenha aspectos climáticos relativos à precipitação, sua distribuição e duração da estação das chuvas, no território angolano divide em três zonas distintas (figura 2.4). A precipitação média anual decresce do Norte para Sul e aumenta com a altitude e distância do mar (Diniz, 1998).

A probabilidade de ocorrência de precipitação é caracterizada como sendo valor dentro da norma e tendência para valor abaixo da normal nesta região (INAMET, 2013-2014).

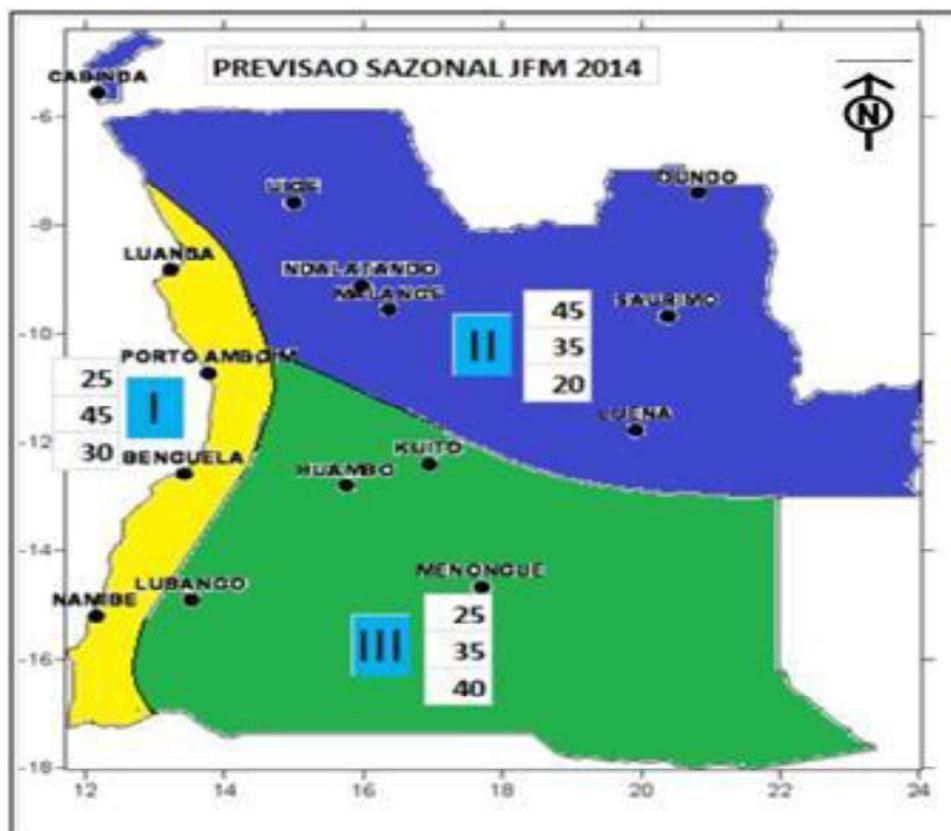


Figura 2.6 - Precipitação para o período JFM – 2014 – Angola, destaca-se a zona I, enquadramento da província de Benguela (INAMET, 2013-2014).

Legenda:

- I- Precipitação com valores dentro da Normal com tendência para valores abaixo da Normal;
- II- Precipitação com valores acima da Normal com forte tendência para valores dentro da Normal;
- III- Precipitação com valores abaixo da Normal com forte tendência para valores dentro da Normal.

Os estudos sobre precipitações na zona, foram analisados com base nas amostras efetuadas nas bacias hidrográficas da Catumbela e cavaco (estação do Caiave e Guviri), analisadas e emitido pelo INAMET.

As máximas verificadas, indicam haver maiores probabilidades de chuvas torrenciais no mês de Março em maior parte dos anos na envolvente da Catumbela (Cruz, 1940; Paulo, 1945; Sweco, 2005; DR, 2011; Dinis *et al.*, 2013; Rodrigues, 2014; INAMET, 2014) (Gráfico 2.1).

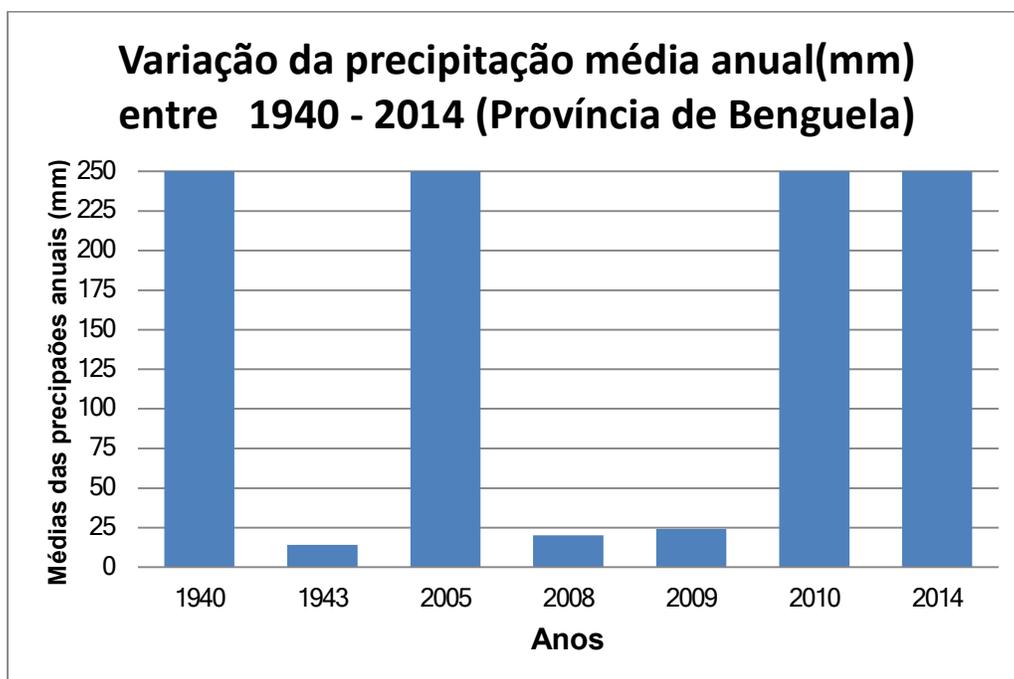


Gráfico 2.1 - Apreciação das máximas das precipitações na zona envolvente. Fonte (Cruz,1940; Paulo, 1945; Sweco, 2005; DR,2011; Dinis *et al.*, 2013; Rodrigues, 2014; INAMET, 2014).

Dizer que, foram apresentadas as variações das precipitações para zona I, que integra a província de Benguela, com previsões de maiores quedas pluviométricas no mês de Fevereiro em médias de 45mm no ano 2014, (INAMET, 2014).

Quanto ao ano 2015, o INAMET fazia a previsão sazonal para os meses de Janeiro, Fevereiro e Março, com tendências para chuvas normais e acima do normal para as regiões do centro e norte, com maiores quedas pluviométricas no mês de Março (Fukiady, 2015).

2.6 - Ocupação humana e atividades económicas

2.6.1 - Assentamentos Humanos

Esta região que se chamava de Asseicieira, foi marcada como lugar comercial entre os Portugueses e os nativos, que se fixaram em Benguela no ano de 1578, e o comércio basiava-se na troca produtos como: Escravos, Marfim e Cobre.

A cidade da Catumbela, marcou o seu nome na história da humanidade, quando em 1836 foi fundada, por decreto de 17 de Março de D. Maria II, rainha de Portugal (Bastos, 1912). Ela tinha o nome primitivo de Asseicieira, em comemoração da batalha ganha em Portugal.

A população mais antiga das margens do rio, integrava os povos Mundombes fixados na margem esquerda, que se ocupavam em tempos da agricultura e gado, e por outro, na margem direita, gente proveniente de Quinssanje, Cahula e Hanha, (Bastos, 1912).

Em 1846, em função das agressões sofridas pelos colonos com ações dos residentes provenientes de várias partes do país, obrigou negociar o processo de reconciliação, sendo mediado por Francisco António Gonçalves Cardoso, com o intuito de acabar com a situação e construiu-se nesta altura o “Reduto de S. Pedro” sendo hoje um documento histórico (Bastos, 1912).

No período entre 1846 a 1856, começou um aumento gradual da população; A mundaça para margem esquerda aconteceu no período entre 1856 e 1864, sob a influência das populações provenientes do Bié e do Bailundo, e também surgem as primeiras casas com coberturas de capim; Surgiu ainda no mesmo período fazendas de S. Pedro, Fazenda Maravilha do Cassequel, Fazenda do Lembeti, todas tendo sua actividade principal o cultivo do algodão e depois da cana sacarina para fabrico de aguardente; De 1874 a 1886, aumentou a densidade populacional urbana (Bastos, 1912); e durante a segunda metade do Séc. XX, começou o processo de migração, e a ocupação dos solos obedecendo os princípios do ordenamento e urbanização, efetuada pela Empresa do Cassequel na Catumbela, com intenção de criar condições de habitabilidade e segurança dos trabalhadores contratados (exemplos: Compão do S. Pedro; do João Maluco; do Morro de Galo; do Lomboloque) (autoridades tradicionais, 2015).

No período entre 1981- 2002, com a intensificação da guerra, aumentou cada vez mais o número da população, sobretudo nas cidades das províncias do litoral, o que proporcionou o surgimento de zonas peri - urbanas, que são área de expansão da cidade situadas na periferia do casco urbano que ofereciam maior segurança e facilidade de acesso a bens e serviços. Este crescimento apanhou desprovida de capacidades humanas, técnicas e financeiras as autoridades locais no que concerne as políticas de desenvolvimento do ordenamento do território, habitação e ambiente.

Já com a paz alcançada 2002, a ocupação de solos continuou de forma mais forte (figura 2.7), motivadas pela procura de novas oportunidades de trabalho e de negócios entretanto proporcionados pelas cidades, apanhando assim a administração desprovida de meios e métodos para contrapor a situação, obrigando o governo central dentro das suas funções públicas, elaborar um programa estratégico “Plano de Desenvolvimento Nacional” (2009 - 2013 e 2014 -2017).

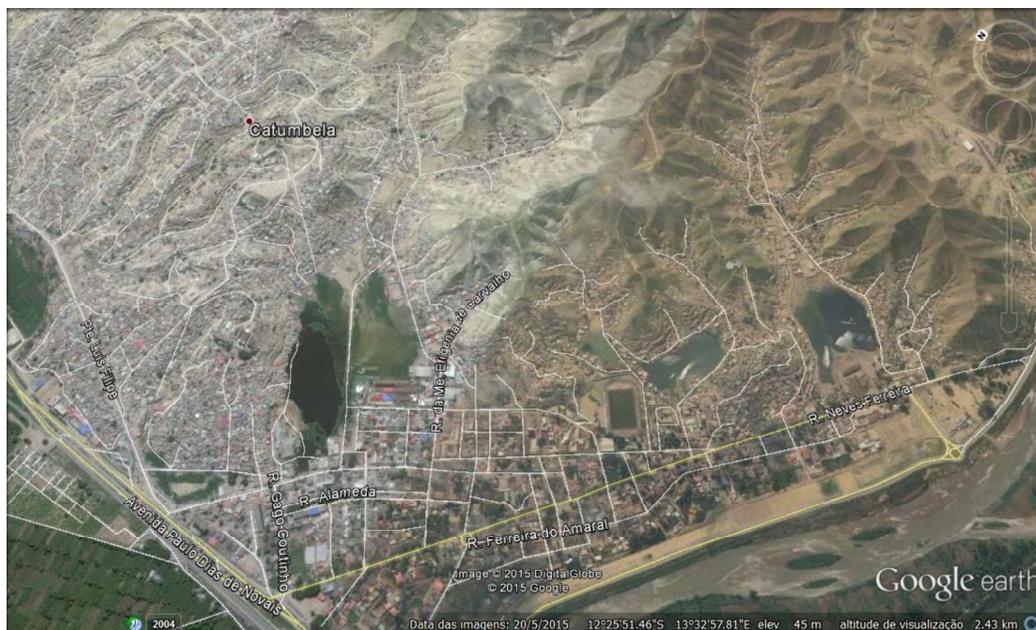


Figura 2.7 - Ilustração da atual ocupação de solos na Comuna da Catumbela (Google earth, 2015).

O plano de Desenvolvimento Nacional, trouxe uma melhoria para o município da Catumbela, porque verificam-se projeções de nova centralidade e urbanizações como são os exemplos: A centralidade da Catumbela “Bela Catumbela”, situada na Comuna do Gama (Figura 2.8), com uma capacidade de duas mil casas, e com capacidades cerca de 12 mil pessoas; A menos de 5 km de distância para norte, foram erguidas cerca de 50 habitações no âmbito do programa construção dirigida; Foram entregues as populações 100 dos 580 lotes previstos as populações da Comuna do Gama; Na urbanização denominada “Sagrada Esperança”, projeta-se a entrega de total de 600 lotes, relatos do Jornal de Angola - Reportagem de Jesus Silva, 2014.

Para a zona em estudo foram entregues mais de 200 lotes às populações residentes nas zonas de riscos, segundo o Administrador Comunal da Catumbela.



Figura 2.8- Vista panorâmica da centralidade da Catumbela (Google Earth, 2015).

2.6.2 - Atividades económicas

A população da Catumbela, fala Umbundu desde a sua aparição e associou o português em função do comércio. O comércio foi desenvolvido em período, sendo destaques:

- No período compreendido entre 1856 e 1864, apareceram as primeiras fazendas S. Pedro, Fazenda Maravilha do Cassequel, Fazenda do Lembeti, com o cultivo do algodão e da cana de açúcar, sendo as principais atividades;
- No período compreendido entre 1874 e 1900, sugiu o comércio dominado pelos produtos como o marfim, a cera e a borracha de primeira qualidade, sendo a borracha o produto mais procurado e abriu-se novas perspetivas para o exterior; Surgiu a fábrica de cal; em 3 de Janeiro de 1884 foi aberta ao serviço público a comunicação telegráfica entre Benguela e Catumbela; deste período cresceu a política, acompanhada de ofertas sociais como construções de casas, melhoramentos públicos, estabelecimento de escolas, estrada que liga Lobito-Benguela e outras, pontes, saneamento da região, estabelecimento de farmácias;
- Em 2009-2013, o Plano de Desenvolvimento Nacional relançou a diversificação da economia no País e em particular na Catumbela, surgindo assim Pólo de Desenvolvimento Industrial da Catumbela (PDIC), um impulsionador do crescimento económico da região, com uma extensão de dois mil oitocentos e

sessenta e nove hectares, espaço que pertencia a Companhia Açucareira do Casseque para a plantação de cana-de-açúcar. No espaço do PDIC, estão já instaladas cerca de 50 empresas, vocacionadas para a produção de alimentos, equipamentos industriais, materiais de construção, lojas e supermercados e prestação de serviços. Perspetiva-se a entrada de mais 30 novas empresas na Catumbela com maior destaque as unidades de produção de eléctrodos, tubos PVC, blocos para a construção e pavimentação, aproveitamento de granitos, fábrica de mobílias, produtos de higiene entre outras, relatos do Jornal de Angola - Reportagem de Jesus Silva, 2014.

Destacar as fábricas de Cimento, Cimenfort e a Secil Lobito nos arredores da comuna da Catumbela, como um dos pontos fortes para aquilo que se pretende no ponto de vista de medidas de estabilização dos taludes em estudo. Ainda no âmbito do relançamento da economia nacional e regional, foram reabilitadas as vias de comunicação, a rodoviária (EN100) e a ponte “4 de Abril” (Figura 2.9), Caminho de Ferro de Benguela (CFB) e o Aeroporto Internacional da Catumbela.



Figura 2.9 – Nova Ponte sobre o rio Catumbela, “4 de Abril” - Catumbela, inaugurada 10.09.2009, pelo Presidente da República de Angola, Engenheiro José Eduardo Dos Santos (Feio & Pereira, 2009).

2.7- Geologia

2.7.1- Geologia Regional da área de estudo

O pacote sedimentar angolano é subdividido em cinco setores (figura 2.10) os quais se resumem a três bacias costeiras, nomeadamente: A Bacia do Congo a Norte, ao Centro a bacia do Cuanza (Sub-Bacia de Benguela, designada por BB), e a Sul a bacia do Namibe, que encontram-se delimitadas a Leste pelo soco cristalino, e a Oeste pelo oceano Atlântico (Victorino, 2011; Rosante, 2013).



Figura 2.10 - Principais bacias sedimentares de Angola (Rosante, 2013).

As Formações da sub-bacia de Benguela estão separadas parcialmente da bacia do Cuanza desde o Cenomaniano, devido à génese de relevos submarinos da região do Sumbe e está relacionada com um fenómeno de importância global, a evolução da margem continental angolana, ou seja, a abertura do oceano Atlântico, (Marzoli *et al.*, 1999; Guiraud *et al.*, 2010; Bondo, 2014) (figura 2.10).

GeoLuanda (2000 *in* Victorino, 2011), em Síntese da estratigrafia da Bacia do Kwanza, inclui o setor sul a sub-Bacia de Benguela na Bacia do Kwanza, que coincide com os estudos de Jackson & Hudec (2005 *in* Rosante, 2013). Dentro dos limites da Sub-bacia de Benguela localiza-se a região em estudo, caracterizada na sua envolvente as Formações seguintes (figura 2.11a, figura 2.11b):

AC – Formação Areia Cinzentas; **BG** – Formação Binga; **CC** – Formação Cacuaco;

CL – Formação Cabo Ledo; **CG** – Formação Cunga; **CT** – Formação Catumbela;
DGG – Formação Dombe Grande; **ITB** – Formação Itombe; **GT** – Formação Gratidão;
LC – Formação Cuvo inferior; **LD** – Formação Luanda; **MS** – Formação sal massiço;
NGL – Formação N’Golome; **QF** – Formação Quifangondo; **QL** – Formação Quelo;
QS – Formação Quissonde; **RD** – Formação Rio Dande; **SL** – Formação Chela;
TB – Formação Teba; **TS** Tchipupa Shales; **TZ** – Formação Tuezia; **UC** – Formação Cuvo superior.

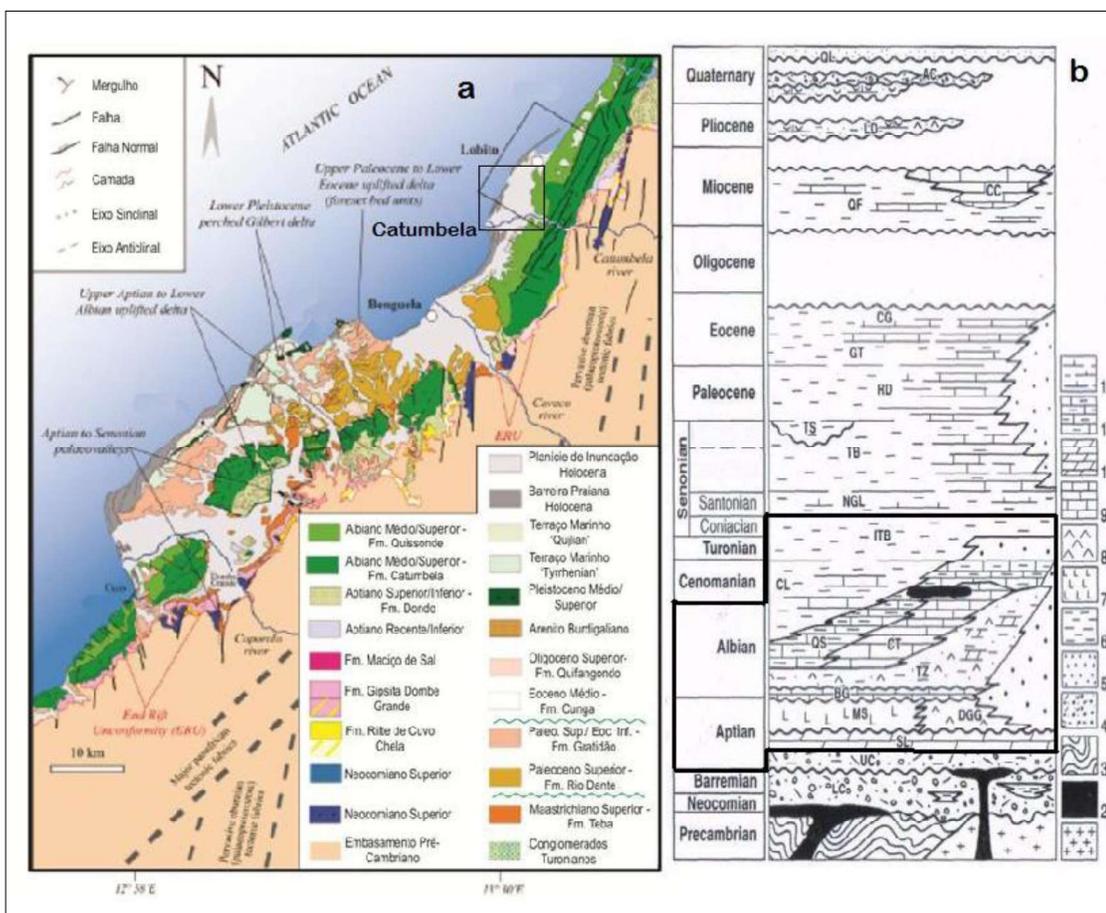


Figura 2.11 – a - Mapa Geológico da Margem Angolana localizando as Bacias de Kwanza e Benguela. Detalhe para as duas discordâncias em verde na legenda. Modificado de Guiraud *et al.*, 2010. Retirado de Rosante (2013). **b** - Síntese da estratigrafia da Bacia do Kwanza, incluindo no seu setor sul a Bacia de Benguela, GeoLuanda (2000 *in* Victorino, 2011); Área a preto selecionada para estudo.

A análise da geologia foi feita com base na nota explicativa, Folhas 227/228 da Carta geológica de Angola (escala 1:100.000), que observa a zona envolvente da área de estudo divide em três setores diferentes dentro da geologia regional (Galvão & Silva, 1972) (Figura 2.12).

- 1- Faixa que se estende de Norte a Sul, junto à costa, predominada por rochas sedimentares cujas formações aponta idade entre o Quaternário recente e à base do Aptiano (Galvão & Silva, 1972);
- 2- Faixa designada por Complexo Metamórfico, ocupada por uma área abatida entre as rochas graníticas da faixa oriental e as rochas sedimentares a ocidente, condicionada por falhas NNE-OSO e situada entre as rochas granitóides da faixa oriental da carta e a bordadura sedimentar meso-cenozoica. Os principais litótipos presentes são gnaisses, granitos-gnaissicos e micaxistos, tendo sido considerados de idade mais antiga dentro da geologia regional, recuando ao Pré-Câmbrico. A mancha cartografada correspondente ao Complexo Metamórfico cortado por diversos diques de rochas intrusivas, diabásicas, com extensão variável e direção predominante de NE-SO. Outros corpos intrusivos presentes nalguns locais possuem uma composição que varia entre o gabro e o diorito. A idade destes corpos ainda carece de estudos radiométricos, mas parece certa a sua relação com o *rifting* e início da estruturação da margem atlântica, sobretudo a partir do Neocomiano (Galvão & Silva, 1972);
- 3- Faixa cartografada é dominada por extensos afloramentos de rochas granitoides, correspondentes às manchas cartografadas da faixa oriental da carta. As idades destes corpos estarão compreendidas entre a base do Aptiano e a idade das rochas do Complexo Metamórfico (Galvão & Silva, 1972).

A nível da envolvente da zona de estudo foram identificadas várias unidades segundo Galvão & Silva, (1972) (Figura 2.12).

Unidades geológicas locais

1) Depósitos do Holocénico e do Plistocénico

Correspondem a depósitos de cobertura de idades pliocénica e holocénica, constituídos por materiais sedimentares, quase sempre não consolidados, depositados ou em trânsito. Na mancha cartografada estão presentes as unidades designadas por **a', a'', Q, Q₁ e Q₂** e que designam, respetivamente, areias de praia, aluviões, depósitos diversos (tufos, calcários, areias, cascalheiras e sedimentos argilosos), depósitos de terraços (terraços altos – cota > 40 metros) e sedimentos argiloarenosos de planície costeira. Em particular, há que diferenciar:

Areias de praia (a'), presentes na atual faixa litoral e desenvolvidas em frente de plataformas arenosas, cujos depósitos representam a antepraia (“*backshore*”) e aos quais Carvalho (1961) atribuiu uma idade flandriana.

Aluviões modernos (a'') que, em geral, são constituídos por areias finas, um pouco argilosas, contendo matéria orgânica, e recobertas por cascalheiras superficiais de materiais em trânsito, sobretudo durante os períodos de cheia.

Sedimentos da planície deltaica do Rio Catumbela (Q), repartidos pela extensa faixa costeira situada entre Lobito e Benguela, e formando uma plataforma cotas que oscilam os 3 a 6 m, constituída por dois tipos dominantes de sedimentos: vasas escuras e areias mais ou menos lodosas; areias de praia de idade mais recente que as anteriores.

Depósitos de terraço (Q₁) ligados à evolução quaternária da faixa litoral e ao desenvolvimento de praias levantadas, sobre as quais Feio (1960), em estudo de pormenor realizado na região do Lobito.

2) Depósitos de idade plistocénica

Deverão ser desta idade os depósitos consolidados de grés grosseiros, feldspáticos contendo, por vezes, calhaus rolados e fósseis de moluscos bivalves arcídeos (*Senilia senilis* Linné, 1758), que se encontram em pequenos retalhos sobre a superfície cretácica, em cotas que variam entre 100 a 135 metros (Galvão & Silva, 1972).

3) Formações do Cretácico

De acordo com a nomenclatura seguida na notícia explicativa da carta geológica do Lobito, que temos vindo a seguir, as unidades estratigráficas representativas deste período são:

3.a - Albiano

3.a.a – Albiano superior (Alb₃)

Constitui a base do Cenomaniano. Atravessa toda a faixa litoral a Este dos sedimentos de planície costeira (Q). É formada por calcários impuros, margosos, por vezes nodulares, argilas calcárias e lutitos (Galvão & Silva, 1972).

3.a.b – Albiano médio – Albiano inferior (Alb₂)

É considerada desta unidade a mancha que se estende do Norte a Sul da Carta, de maneira irregularmente paralela à costa e que está limitada a ocidente pelas formações calcário-margosas do Albiano superior/Cenomaniano e a leste pelas formações gresosas, laguno-continentais, do Albiano inferior e formações do Aptiano inferior (Fig. 2.11) (Galvão & Silva).

3.a.c – Albiano inferior (formação laguno-continental) - (Alb₁ lg)

Esta unidade equivalente Equivale às Formações Catumbela e Tuenza *sensu* Tavares (2005) e autores posteriores, representativas de setores paleogeográficos mais internos da Bacia de Benguela, contacta a ocidente com as formações calcárias do Albiano médio e a oriente por formações do Aptiano inferior, Aptiano superior e Complexo de base (Fig. 2.12) (Galvão & Silva, 1972).

3.b – Aptiano

3.b.a – Aptiano superior – (Apc₂)

É constituída por calcários margosos com fósseis de *Pholadomya pleuromyaeformis* Choffat e *Natica feioi* Choffat, assim como calcários sublitográficos, lagunares, calcários com algas, calcários dolomíticos com margas gipsíferas, grés feldspático e calcários em plaquetas (Galvão & Silva, 1972). Equivalem à Formação Bingo *sensu* Tavares (2007) e autores posteriores, indicadora de uma evolução transgressiva gradual no seio do *onshore* da Bacia de Benguela.

Encontra-se limitada a oeste pelos calcários do Albiano médio e Aptiano superior, bem como por formações de grés laguno-continentais do Albiano inferior. A Este, esta unidade contacta com formações rochosas do “Complexo Metamórfico” (A₁) e rochas calcárias do Aptiano superior, inferior a médio (Fig. 2.12).

3.b. b – Aptiano Médio – inferior – (Apc₁)

Esta unidade equivalente à Formação Sal Massivo *sensu* Tavares (2007) e autores posteriores é limitada a ocidente por calcários do Albiano médio e Aptiano superior e por formações gresosas laguno-continentais do Albiano inferior e a oriente por rochas do Complexo Metamórfico e também por formações calcárias do Aptiano superior. Tem espessura bastante variável e consiste, sobretudo, em rochas evaporíticas ricas

em gesso, cuja gênese está relacionada com deposição em meio lagunar e subsequente atividade diapírica.

3.b.c – Pré-Aptiano ou Aptiano inferior – (ci)

É constituída por níveis greso-conglomeráticos espessos, contendo abundantes clastos de rochas do soco que representam a unidade mais antiga do Cretácico (Galvão & Silva, 1972) e equivale à Formação Cuvo *sensu* Tavares (2007) e autores posteriores.

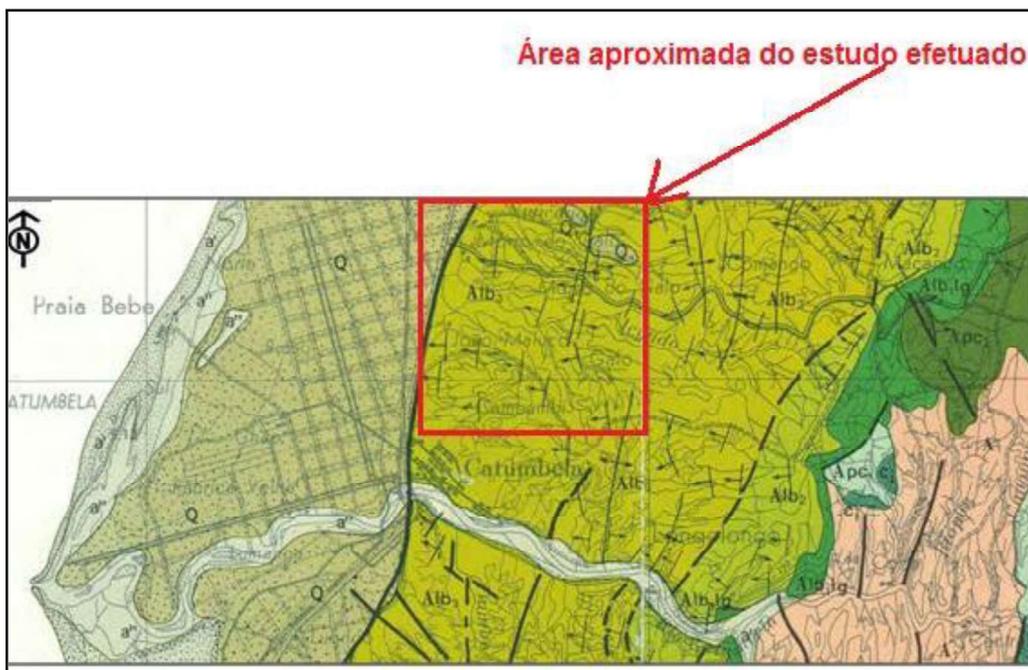


Figura 2.12. Estrato da Carta geológica do Lobito, Folhas 227/228 (escala 1:100.000) (Galvão & Silva, 1972), ilustrando área aproximada do município da Catumbela e da área do estudo efetuado.

2.7.2 - Geologia Local

Com base nos estudos realizados por Soma (2011), unidades litoestratigráficas e outros estudos geológicos representadas nas cartas (Galvão & Silva, 1972), (Figura 2.12), realizados na sub-bacia de Benguela e com particular realce ao setor geológico da Catumbela, no Benguela Cretáceo, afirmação já apresentada pelo Zoólogo Anchieta na qual indicava a presença do Terciário e do Cretáceo em Benguela citação de Paul Choffat (1886). Destes dados conclui-se que:

Unidade **Apc1** – as unidades existência nesta área possuem características sedimentares, ricas em gesso, espessura bastante variável, corresponde à **FM- Sal**

Massivo (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Unidade **Apc2** corresponde à **FM Binga**, unidade essencialmente carbonatada formada por calcários sem macrofauna, lagunares, sal-gema, evaporitos, carbonatos micríticos e argilas betuminosas aos quais sucedem calcarenitos marinhos oolíticos arenosos enquadradas no setor da Catumbela, e com facilidade de as observar na região do Dombe Grande, bacias do Kwanza, Sub-Bacia Benguela, apesar de haver discordância na espessura destas unidades (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Alb1 corresponde à **FM Tuenza**, caracterizadas pelas formações sedimentares, apresenta diversas fácies mais siliciclásticas na sua maioria e avermelhados, apesar de outras serem salíferas, anidriticas e dolomíticas, identificadas no setor do Dombe Grande sub-bacia de Benguela e bacia do Kwanza, e varia entre 40 a 250 metros de espessura (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Alb2 corresponde **FM Catumbela**, possui características semelhantes sendo claramente equivalente à parte inferior da, que ocorre na Sub-bacia de Benguela e na bacia do Kwanza, são Unidade que apresenta faciologicos semelhantes às da **U2**, essencialmente calcário oolítico a oncolítico. Pode ser observado nesta unidade estratográfica intercalações de U2 U3 e U4, variações de espessura que ronda 100 a 300 metros dependendo da área estudo (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Alb2 pertencentes as unidades **FM Catumbela** são separadas apenas devido interposição da **U6** num intervalo reduzido (10 metros). Quanto a faciologia, são idênticas e essencialmente carbonatadas e com domínio de fácies oncolítica e separadas por uma sucessão maioritariamente siliciclástica, composta por conglomerados e arenitos (grosseiros a finos) e um nível muito peculiar de lumachela de ostreídeos, com cerca de 10 metros de espessura de fácies bem aflorantes e diferenciadas (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Alb3 esta unidade corresponde à **FM Quissonde**, com características sedimentares bem marcadas, rica em calcários, margas e gesso, definida para as Bacias do Kwanza e Sub-bacia de Benguela. Estas formações tem uma espessura

maior no setor de Cabo Ledo, com cerca de 250 metros, intermédia com (110 metros) e espessura no setor do Cuio e menor do setor da Catumbela (75 metros) (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006; Quesne *et al.*, 2009; Soma, 2011).

Os taludes selecionados pertencem área de formações do cretácico e constituem a base do Cenomaniano “formada por Calcário impuros, Margosos, por vezes nodulares, Argilas Calcárias e Lutitos” Alb3 (Galvão & Silva, 1972; Buta-Neto *et al.*, 2006).

Soma (2011), enquadra a área na Unidade litostratigráfica U8 “Unidade composta basicamente pela alternância entre camadas de Calcários, margas e de gesso, exibindo uma espessura de cerca de 75 metros, a espessura máxima das camadas é de cerca de 20 centímetros, com atitude N15°W; 8°W, num conjunto alternante variável quanto ao nível de compactação”. É representado o Miocénico segundo Diniz (2006) ao longo da orla sedimentar, caracterizado por um conjunto de sedimentos finos, predominantemente Margas, Argilas e “Siltstones”.

Otto Jessen (1936 *in* Feio, 1946), associa a formação da peneplanície I, características do Miocénico e o pliocénico em discordância sobre o Eocénico resultado do abatimento no fundo do mar, subida do flanco continental. Para justificar este processo o mesmo autor utiliza os exemplos da presença junto da costa dos depósitos daqueles períodos que são constituídos por massas de calhaus rolados, Grés, Margas, e Calcários. Nesta mesma altura formou-se a peneplanície I, que se estendeu pela orla sedimentar que o mar tinha abandonado desde o Eocénico. Ainda para Otto Jessen (1936 *in* Diniz, 1946), o terraço presente na área, denominado terraço de abrasão A, teve origem com o avanço do mar, ao acabar do terciário ou no princípio do Quaternário, que foi levantada a acima do nível do mar e dessecado no Pleistocénico.

2.8 - Tectónica Regional

As unidades do soco da Sub-bacia de Benguela terão sido afetados por um sistema de falhas submeridianas que tiveram um papel importante na estruturação da bacia. A direção destes acidentes foi herdada na estrutura do soco Pré-câmbrico (Stark *et al.*, 1991). De acordo com (Guiraud *et al.*, 2010), a extensão *sin-rift* foi dominada pelas estruturas N-S a NNE, típicas do Cratão Eburniano, com o limite entre este e a faixa de milonitos Pan-africanos a constituir a estrutura mais marcante da extensão. Estas falhas determinam a orientação geral da costa e da plataforma continental. Na área adjacente a norte, o setor sul da Bacia do Kwanza, orientação NNW-SSE da maior parte das estruturas salíferas, mostra que a migração do sal-gema foi inicialmente

induzida por estas profundas falhas submeridianas. Também terão sido estas as estruturas através das quais se elevou o magma basáltico, controlando as manifestações vulcânicas da área (Galvão & Silva, 1972; Stark *et al.*, 1991).

As falhas transversais NE-SW a E-W, associadas com a orogenia Pan-africana, interceptam e interrompem por vezes o traçado das falhas submeridianas, compartimentando o soco em blocos falhados.

As formações sedimentares da banda relativamente estreita ao longo da costa foram afetadas por um sistema de dobras com direções aproximadas NW-SE, salvo na vizinhança do soco, onde têm tendência em se disporem com a direção do contato sedimentar-cristalino, ou seja, com as direções aproximadas NNW-SSE e N-S. A extensão ocupada por rochas sedimentares para o interior é limitada, pois foram muito afetadas pela erosão, bem marcada por uma depressão nas rochas do complexo metamórfico (Galvão & Silva, 1972; Stark *et al.*, 1991).

Ao longo da margem direita do rio Catumbela, as camadas mergulham predominantemente para ocidente. Na base da série existe uma unidade calciclástica afetada por numerosas dobras mais pequenas. Mais para leste, onde o vale do rio se alarga, notam-se nas duas margens, as camadas muito dobradas e fraturadas. Na margem direita do rio, junto as comportas, as camadas formam um sinclinal transverso, atravessado por numerosas falhas (Soma, 2011).

Capítulo III- Métodos geomecânicos de otimização do estudo dos taludes para avaliação de situações de estabilidade, a RMR e SMR.

Os Sistemas de classificações geomecânicas, são usados para vários fins de engenharia e análise de estabilidade. Estes são baseados em relações empíricas entre os parâmetros do maciço rochoso e aplicações de engenharias, como: túneis, taludes, fundações e escavação.

3.1- Método Rock Mass Rating - RMR de Bieniawski, (1989)

A Classificação do maciço rochoso proposta por Bieniawski (1989), no caso RMR foi utilizada para a avaliação da qualidade do maciço rochoso, em vários tipos de engenharia e análise de estabilidade dos taludes (http://en.wikipedia.org/wiki/Slope_Mass_Rating).

Este método foi desenvolvido entre 1972-1973 e tem sido correlacionado com outras classificações desde 1976 até 2005 com contribuições de Romana (1993), Barton *et al.*, (1974,1976); Hoek (1998); Marinos & Hoek (2000, 2001) citados por Negalli, (2010) e mais recentemente, Singh (2004) e Marinos *et al.*, (2005), também retirado em Negalli, (2010). A classificação baseia-se na consideração de seis parâmetros geológico-geotécnicos, aos quais se atribuem pesos relativos (Quadro 3.1). O resultado do índice RMR para um determinado maciço pode variar entre 0 e 100 e é obtido através da soma algébrica dos pesos referidos, como ilustram as equações:

$RMR_{\text{básico}} = P1+P2+P3+ P4+ P5$, (Equação 3.1- cálculo da $RMR_{\text{básico}}$ proposta por Bieniawski, 1989).

Para o ajuste dos pesos devido à orientação das descontinuidades para taludes (- 5) favoráveis:

$RMR_{\text{final}} = RMR_{\text{básico}} - 5$, (Equação 3.2- cálculo da RMR proposta por Bieniawski, 1989)

Sendo P1- Resistência à rotura em compressão uniaxial da rocha intacta (0 – 15); P2- RQD ou IQR “Rock Quality Designation” (3 - 20); P3 - Espaçamento das descontinuidades (5 - 20); P4 - Condições das descontinuidades (0 - 30): (orientação, Persistência, Abertura, Rugosidade, Enchimento e alteração); P5 - Presença de água nas descontinuidades (0 - 15) e P6 um fator de ajustamento devido a orientação das

descontinuidade que pode varia de (- 50) a 0 para taludes/ vertentes (Quadro 3.1a ; 3.1b).

Quadro 3.1a – Sistema de classificação geomecânica ponderado de RMR_{básico} de Bieniawski (1989 *in* Fontinhas, 2012)

Parâmetros	Coeficientes						
Resistência à rotura por Compressão Uniaxial (MPa)	> 250	100 – 250	50 – 100	25 – 50	5 - 25	1 – 5	< 1
Peso RMR	15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)	90 – 100	75 – 90	50 – 75	25 – 50	< 25		
Peso RMR	20	17	13	8	3		
Espaçamento das descontinuidades	> 2 m	0,6 – 2 m	200 – 600 mm	60 – 200 mm	< 60 mm		
Peso RMR	20	15	10	8	5		
Condição das descontinuidades	Superfícies muito rugosas, não contínuas. Sem abertura. Paredes não meteorizadas	Superfícies ligeiramente rugosas. Abertura <1mm. Paredes ligeiramente meteorizadas	Superfície ligeiramente rugosas. Abertura <1mm. Paredes muito meteorizadas	Superfícies lisas ou enchimento < 5mm ou aberturas contínuas com 1-5 mm	Enchimento com > 5 mm ou aberturas contínuas com > 5 mm		
Peso RMR	30	25	20	10	0		
Presença de água nas descontinuidades	Completamente seco	Húmido	Molhado	Escorrimento	Fluxo contínuo		
Peso RMR	15	10	7	4	0		

Quadro 3.1.b - Resumo da Classificação de maciços rochosos - $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989)

Parâmetros	Coeficientes				
Persistência (m)	< 1	1 - 3	3 – 10	10 – 20	> 20
Peso RMR	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	Nenhuma	< 0,1	0,1 – 1,0	1 – 5	> 5
Peso RMR	6	5	4	1	0
Rugosidade	Muito rugoso	Rugoso	Ligeiramente Rugoso	Liso	Espelhada
Peso RMR	6	5	3	1	0
Enchimento	Nenhum	Enchimento duro < 5 mm	Enchimento duro > 5 mm	Enchimento mole < 5 mm	Enchimento mole > 5 mm
Peso RMR	6	4	2	2	0
Estado de meteorização	Sã ou não meteorizado	Ligeiramente meteorizado	Moderadamente meteorizado	Muito meteorizado	Completamente meteorizado ou decomposta
Peso RMR	6	5	3	1	0

Quadro 3.2 - Resumo da Classificação de maciços rochosos - $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989)

RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
CLASSE	I	II	III	IV	V
Descrição	Maciço rochoso de muito boa qualidade	Maciço rochoso de boa qualidade	Maciço rochoso de qualidade razoável	Maciço rochoso de fraca qualidade	Maciço rochoso de muito fraca qualidade
Ângulo de atrito (°)	>45	35- 45	25-35	15-25	<15
Coesão do maciço Kpa	>400	300- 400	200-300	100-200	<100

P1 - Resistência da Rocha ou Compressão Uniaxial (MPa), A determinação da resistência a compressão uniaxial do material rochoso pode ser realizada através da utilização do esclerómetro portátil.

Neste trabalho foi aplicado a técnica expedita para determinar a classificação de resistência de materiais rochosos baseado em valores de compressão uniaxial proposta da Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas ISRM (1978) (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 - Resumo da classificação de resistência de materiais rochosos, ISRM (1978)

Grau	Descrição	Identificação de campo	Resistência (MPa)
R0	Rocha extremamente fraca	Marcada pela unha	0,25 - 1,00
R1	Rocha muito fraca	Esmigalha-se sob o impacto do martelo de geólogo, pode ser raspada por canivete	1,0 - 5,0
R2	Rocha fraca	Pode ser raspada por canivete com dificuldade, marcada por pancada firme com a ponta do martelo	5,0 - 25
R3	Rocha com resistência média	Não pode ser raspada por canivete, amostras podem ser fraturadas com um único golpe do martelo.	25 - 50
R4	Rocha resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para se fraturarem	50-100
R5	Rocha muito resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para se fraturarem	100-250
R6	Rocha extremamente resistente	Amostras podem somente ser lascadas com martelo de geólogos	>250

P2 - R.Q.D – Em geral, boa parte dos sistemas de classificações de maciços rochosos utilizam o Índice de Qualidade da Rocha (IQR), como um dos parâmetros de enquadramento. O conceito de IQR foi introduzido por Deere (1963), sob o nome *Rock Quality Designation* (RQD), e desenvolvido por Deere *et al.*, (1967) durante seus trabalhos de sondagens em rocha. Na ausência de laboratório pode-se utilizar o cálculo da RQD pela equação:

$RQD = (\sum \text{comprimento do testemunho} \geq 10) \times 100 / \text{comprimento total}$, (Equação 3.3 - cálculo da RQD, proposto por Deere *et al.*, 1967).

Em função do resultado obtido na fórmula anterior se faz a classificação do maciço rochoso através da tabela proposta por Deere *et al.* (1967) (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 - Resumo da Classificação dos maciços, (Deere *et al.*, 1967)

RQD (%)	Qualidade do Maciço
0 - 25	Muito Fraco
25 - 50	Fraco
50 - 75	Razoável
75 - 90	Bom
90 - 100	Excelente

P3 - Espaçamento das Descontinuidades: é a distância medida perpendicularmente (diaclases) adjacentes e pertencentes a mesma família. O mesmo autor recomenda que as diaclases da mesma família devem apresentar-se paralelas entre si (Andrade, 2008), Bieniawski (1989) propõe a classificação em metros (Quadro 3.5).

Quadro 3.5 - Classificação do espaçamento entre fraturas consecutivas, ISRM (1981) e Bieniawski (1989)

Espaçamento das discontinuidades	> 2 m	0,6 – 2 m	200 – 600 mm	60 – 200 mm	< 60 mm
Peso RMR	20	15	10	8	5

O espaçamento das famílias das discontinuidades pode ser caracterizado em termos de valor máximo, mínimo e modal (mais frequente) ou de espaçamento médio, Simons *et al.*, (2001 *in* Andrade, 2008).

P4 - Condições das Descontinuidades

Persistência

A persistência pode ser definida como a extensão de uma discontinuidade medida num plano, sendo um dos parâmetros que mais influenciam o comportamento mecânico e hidráulico do maciço rochoso. É a característica mais difícil de determinar, principalmente quando as discontinuidades se prolongam para o interior do talude. A persistência condiciona a estabilidade do talude, influenciando as definições das dimensões do material rochoso que está presente no processo de instabilidade, contribuindo também nos valores da permeabilidade do maciço (Vallejo *et al.*, 2002).

Vallejo *et al.*, (2002), apontam a hipótese de que as discontinuidades mais extensas devem ser alvo de um estudo pormenorizado, devido ao fato de serem estas que determinam os principais planos de rotura do maciço rochoso.

Os comprimento das superfícies são classificados em metros de acordo com o ISRM (1981) e Bieniawski (1989) (Quadro 3.6).

Quadro 3.6 - Descrição da persistência, Bieniawski (1989)

Persistência (m)	< 1	1 - 3	3 – 10	10 – 20	> 20
Peso RMR	6	4	2	1	0

Abertura das discontinuidades: corresponde á distância medida na perpendicular entre as superfícies de uma discontinuidade nos quais o interior é preenchido com solos, raízes, ar ou com água (ISRM, 1981) (figura 3.1).



Figura 3.1 – Ilustrações relativas das aberturas das descontinuidades (adaptado de ISRM, 1978).

A classificação da abertura das descontinuidades em mm, proposta da ISRM (1978) e Bieniawski (1989) (Quadro 3.7).

Quadro 3.7 - Resumo da classificação da abertura das descontinuidades, Bieniawski (1989)

Abertura (mm)	Nenhuma	< 0,1	0,1 – 1,0	1 – 5	> 5
Peso RMR	6	5	4	1	0

Enchimento das descontinuidades: é o material que preenche total ou parcialmente, o espaço entre as descontinuidades (Andrade, 2008). A classificação do material de preenchimento de menos resistente a resistente, depende da largura das descontinuidades (Bieniawski (1989) (Quadro 3.8).

Quadro 3.8 - Descrição do enchimento, Bieniawski (1989)

Enchimento	Nenhum	Enchimento duro < 5 mm	Enchimento duro > 5 mm	Enchimento mole < 5 mm	Enchimento mole > 5 mm
Peso RMR	6	4	2	2	0

Rugosidade das superfícies das descontinuidades: é representada pelas irregularidades e ondulações presentes nas superfícies das descontinuidades que condiciona, de modo determinante, a resistência ao corte das mesmas (ISRM, 1978).

Quadro 3.9 – Classificação da rugosidade, Bienawski (1989)

Rugosidade	Muito rugoso	Rugoso	Ligeiramente Rugoso	Liso	Espelhada
Peso RMR	6	5	3	1	0

Rugosidade pode ser determinada pela observação visual das superfícies das descontinuidades com perfis típico de rugosidade propostos por (ISRM,1981), como mostra a figura 3.2. A sua classificação pode estar baseada no Quadro 3.8, proposta por Bienawski (1989).

Estado de meteorização (alteração): A meteorização de uma rocha consiste na sua desagregação e decomposição levadas a cabo por agentes físicos e químicos naturais, que transformam essa rocha noutro produto natural, encontrando-se em equilíbrio físico-químico com o meio ambiente.

A ISRM (1978), sugere que deve ser descrito em primeiro lugar o estado de meteorização do maciço rochoso, podendo este ser avaliado diretamente no terreno, realizando-se uma observação direta do afloramento. A meteorização dos maciços rochosos inicia-se nas paredes das descontinuidades e vai-se aprofundando progressivamente no material rocha por efeito do ar atmosférico e da água de percolação (Quadro 3.10).

Quadro 3.10 - Classificação da condição das descontinuidades de acordo com o seu grau de alteração Bieniawski (1989)

Estado de meteorização	Sã ou não meteorizado	Ligeiramente meteorizado	Moderadamente meteorizado	Muito meteorizado	Completamente meteorizado ou decomposto
Peso RMR	6	5	3	1	0

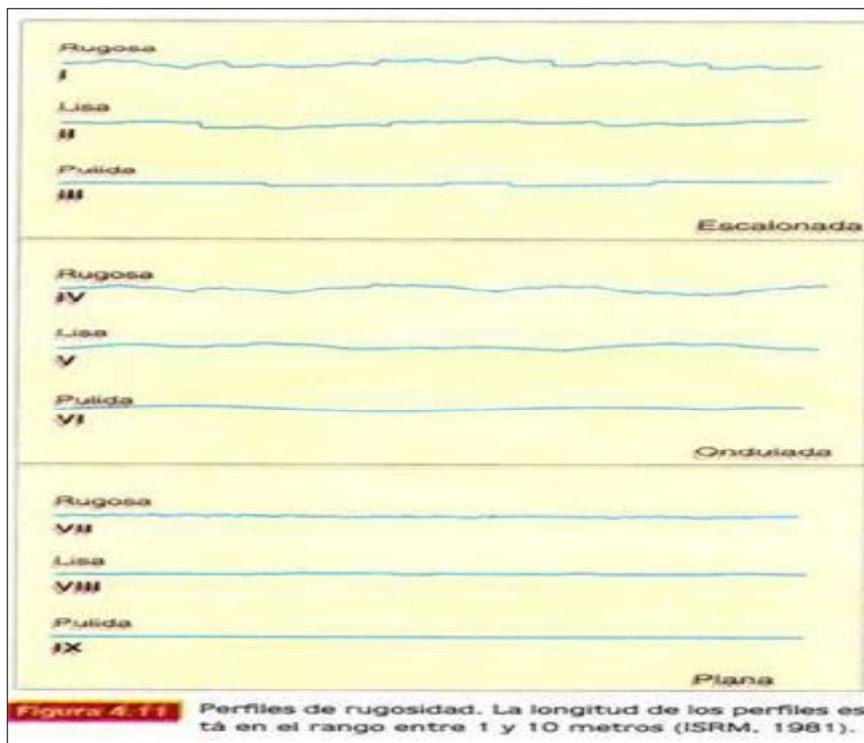


Figura 3.2 - Perfis de Rugosidade (ISRM, 1981), adaptado de Gonzalez de Vallejo *et al.*, (2002)

P5 - Presença de água nas descontinuidades: a existência de água num talude poderá justificar-se ou pela infiltração das águas das chuvas ou pelas águas residuais entre as camadas rochosas, que altera o nível freático, influenciando de certo modo a resistência das paredes das descontinuidades e acelerando a instabilidade. Para a identificação da percolação existem vários métodos como o cálculo da Permeabilidade e Pressão através do furo de sondagem (Hoek, E. & Bray, J.W., 1981).

Neste trabalho, foi utilizada a observação de vista, para verificar a circulação ou a presença da água ao longo das paredes das descontinuidades.

Quadro 3.11: Classificação da percolação nas descontinuidades, Bieniawski (1989)

Presença de água nas descontinuidades	Completamente seco	Húmido	Molhado	Escorrimento	Fluxo contínuo
Peso RMR	15	10	7	4	0

P6 - Orientação das descontinuidades:

Atitude geológica (direção/inclinação): A atitude geológica de uma descontinuidade é determinada pela direção e pendente, sendo a sua medição realizada com recurso a “bússola de geólogo” ou bússola com clinómetro, fazendo medições de campo a face do talude (Figura 3.3).

A direção é o ângulo que é uma linha horizontal do plano define com o Norte magnético; por outro lado, a inclinação é o ângulo que a reta de maior declive do plano (perpendicular à direção) define com o plano horizontal.

No estudo de um maciço rochoso é aconselhável medir um número suficiente de descontinuidades para definir cada família. O número de medidas dependerá da dimensão da zona estudada, bem como da aleatoriedade das orientações dos planos.

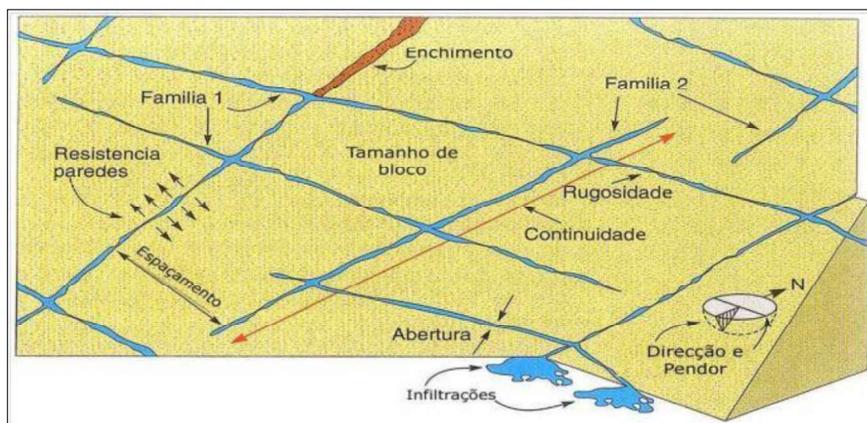


Figura 3.3 - Representação esquemática das propriedades geológico-geotécnicas das descontinuidades (adaptado de Gonzalez de Vallejo *et al.*, 2002).

3.2 - Sistema Slope Mass Rating - SMR - Romana (1993)

A classificação geomecânica SMR, sistema de inclinação proposta por Romana (1993) para taludes de rocha obtém-se por uma adição da $RMR_{\text{básico}}$ de uma série de fatores de ajuste dependentes da relação geométrica existente entre as descontinuidades e talude, assim como a soma de um fator dado por método de escavação, determinar o tipo de rotura e prever as medidas de minimização, atendendo à expressão seguinte:

$$SMR = RMR_{\text{básico}} + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \quad \text{Equação 3.4 (Romana, 1993).}$$

Funções contínuas da SMR

O cálculo da SMR contínuo se leva a cabo mediante a expressão (Equação 3.4).

A caracterização dos fatores (F1, F2, F3 e F4), baseada na relação entre o parâmetro P6 – orientação das descontinuidades e a orientação do talude, Romana (1993) (Quadro 13).

Segundo Romana (1993) o parâmetro F1 corresponde a função contínua:

$$F1 = (1 - \text{sen } |\alpha_j - \alpha_s|)^2 \quad \text{Equação 3.5 (Romana, 1993).}$$

$$F1 = (1 - \text{sen}|\alpha_j - \alpha_s - 180|)^2 \quad \text{Equação 3.6 (Romana, 1993).}$$

Donde $|\alpha_j - \alpha_s|$ indica o ângulo entre a direção do talude (α_s) e da descontinuidade (α_j) em rotura por tombamento e planares. Este fator de ajuste varia entre 1,00 (quando os ângulos são paralelos) e 0,15 (quando o ângulo resultante da diferença entre os ângulos das descontinuidades e a face do talude é maior de 30° e a probabilidade de haver rotura é muito baixa) (Quadro 3.14).

O mesmo autor estabelece uma função contínua para o cálculo do parâmetro de ajuste F2:

$$F2 = (\text{tg}^2 \beta_j)^2 \quad \text{Equação 3.7 (Romana, 1993).}$$

Donde β_j representa o ângulo de inclinação da descontinuidade em graus, para rotura por tombamento e planares. Pode ser considerado como uma medida de resistência ao deslizamento da descontinuidade que, na rotura planar, depende do ângulo de inclinação das descontinuidades. Em relação à rotura por tombamento o valor deste fator é unitário. Pode ser determinado pela expressão visualizada (Quadro 3.14). β_j é o ângulo de inclinação da descontinuidade. O valor deste parâmetro está confinado a

1,00, para descontinuidades com mergulho igual ou superior a 45°, e 0,15 para descontinuidades de inclinação inferior a 20° (Quadro 3.14).

Para o parâmetro F3, são propostas funções contínuas que se ajustam aos valores das diferenças e somas das funções:

F3 = $\beta_j - \beta_s$ Equação 3.8. (Romana, 1993) proposta para o cálculo da Rotura planar.

F3 = $\beta_j + \beta_s$ Equação 3.9. (Romana, 1993) proposta para o cálculo da Rotura por tombamento.

No caso de rotura planar, F3 representa a possibilidade das descontinuidades aflorarem no talude. Essa possibilidade é classificada de razoável se a inclinação da família de descontinuidades for igual à do talude, o que permite assumir o afloramento de apenas algumas descontinuidades. Se o declive do talude é superior em 10° ao das descontinuidades, criam-se condições estruturais muito desfavoráveis. Se pelo contrário for a inclinação da descontinuidade superior em 10° à do talude, essas condições tornam-se muito favoráveis.

F4 - Estabelecido de forma empírica e os seus valores tabelados em função das condições de desmonte, isto é, se é um talude natural (+15), se foi sujeito a pré-corte (*presplitting*, +10), a detonação com efeito suavizado por micro retardos (*smooth blasting*, +8), a detonação adequadas (+0) ou inadequadas (-8).

A classificação SMR encontra-se resumida (Quadro 3.12), onde se encontram os ajustes e os valores que F1, F2, F3 e F4 devem assumir.

Quadro 3.12: Resumo da classificação SMR de Romana, (1993)

Fatores de ajustamento para descontinuidades (F1, F2, F3 e F4)						
Caso		Muito Favorável	Favorável	Normal	Desfavorável	Muito Desfavorável
Rotura planar	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
Rotura por tombamento	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $					
Relação	F1	$F1 = (1 - \text{sen } \alpha_j - \alpha_s)^2$				
Valor de	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1
	β_j	< 20°	20° - 30°	30° - 35°	35° - 45°	> 45°
Relação	F2	$F2 = \text{tg}^2 \beta_j$				
Rotura planar	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1
Tombamento	F2	1	1	1	1	1
F3	Rotura planar $\beta_j - \beta_s$	>10°	10° - 0°	0°	0° - (-10°)	< -10°
F3	Tombamento $\beta_j + \beta_s$	<110	110° - 120°	>120°		
Valor de F3	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60
Fator de ajuste para o método de desmonte, F4		Talude natural	Pré-corte	<i>Smooth blasting</i>	Detonações adequadas ou desmonte mecânico	Detonações inadequadas
Valores F4		+15	10	+8	- 0	-8

α_j = Direção da descontinuidade; α_s = Direção do talude; β_j = inclinação da descontinuidade; β_s = inclinação do talude

Romana propôs uma classificação que indica os limites normais de obras de estabilização baseados na história de várias obras (Quadro 3.14), dependendo apenas no valor do índice SMR obtido e, ainda, algumas recomendações para o tipo de obras de contenção consoante o valor daquele índice (Quadro 3. 15) (Pires, 2009/2010).

Quadro 3.13 - Fatores corretivos consoante as orientações das descontinuidades, para escavação em diferentes tipos de obras geotécnicas, Bieniawski (1989)

Orientação das descontinuidades	Muito favorável	Favorável	Razoável	Desfavorável	Muito Desfavorável
Talude/ Pesos	0	-5	-25	-50	- 60

Quadro 3.14 - Caracterização das classes da SMR, Romana (1993)

Classes	SMR	Descrição	Estabilidade	Rotura	Contenção
I	81 – 100	Excelente	Totalmente estável	Nenhuma	Nenhuma
II	61 - 80	Bom	Estável	Alguns blocos	Ocasional
III	41 - 60	Razoável	Parcialmente estável	Pequenas planares ou muitas por cunha	Sistemática
IV	21 - 40	Fraco	Instável	Planar ou grandes por cunha	Corretiva
V	0 - 20	Muito fraco	Totalmente instável	Grandes planares ou circulares	Reescavar

Fonte: (Pires, 2009/2010).

Quadro 3.15 – Propostas de medidas de estabilização e contenção segundo a SMR, Romana (1993)

SMR	Tipos de medidas de estabilização	Técnicas de contenção
65 -100	Sem contenção	Nenhuma; possível retirada de blocos instáveis e reperfilamento.
45 -70	Proteção	Valas de pé do talude; vedações flexíveis (no sopé ou a meia encosta); redes metálicas (cobrindo a face do talude)
30 -75	Reforço com inclusões	Pregagens; Ancoragens
20 - 60	Reforço com betão	Muro suporte no pé do talude; betão projetado; betão de enchimento
10 - 40	Drenagem	Drenagem superficial; drenagem interna
10 - 30	Reescavação	

3.3 - Propostas de medidas de minimização e técnicas de estabilização

As técnicas de estabilização de taludes rochosos podem ser divididas em dois grupos, um de obras de reforço, com as quais se tentam fixar blocos soltos evitando a sua queda, e o segundo, de obras de proteção, que não previnem a queda dos blocos mas tentam evitar que os mesmos atinjam estruturas permanentes as estradas e habitações, segundo Requetim *et al.*, (2006 *in* Pires, 2009/2010).

Existem várias técnicas para manter os taludes estáveis e aqueles que podem minimizar os riscos como são os casos:

Obras de estabilização de taludes: são obras de engenharia, com objetivo principal aumentar a segurança dos taludes.

“**Drenos horizontais profundos, ou DHPs**”, é um conjunto de tubos enfiados no maciço do talude a grande profundidade, de até 20 metros (Figura 3.4). Esses Drenos são tubos com furos que captam águas do lençol freático. Aplicados os drenos, os

terrenos ficam livres das águas, e os muros, deixam de receber pressões hidrostáticas das águas (Pinotti & Carneiro, 2013).

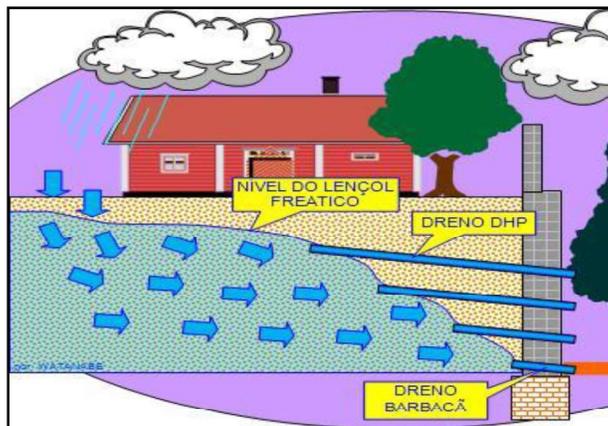


Figura 3.4 – Visão panorâmica de um DHPs, (<http://www.ebanataw.com.br/talude/caso6.htm>)

Na figura 3.5.a, é ilustrada uma drenagem superficial, que tem a função de escoar com muita competência as águas superficiais como são os casos das águas residuais ou mesmos de intensas chuvas. São igualmente ilustradas as figuras 3.5.b, betão projetado que serve para revestimento com a finalidade de proteger os taludes; Figura 3.5.c, gabião para reforçar a estabilidade nas zonas instáveis dos taludes e a figura 3.5.d, rede de proteção com o objetivo de captar blocos em quedas.

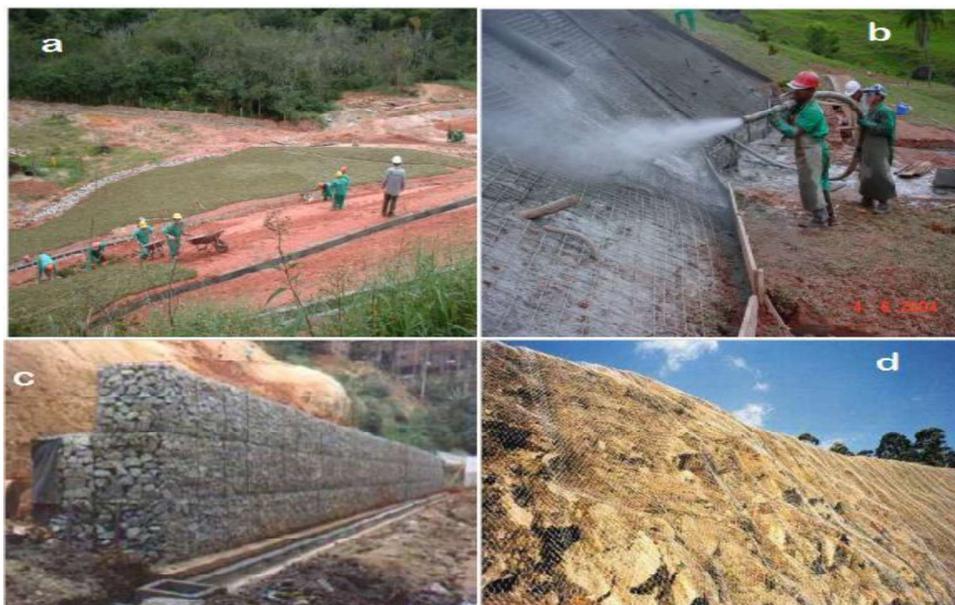


Figura 3.5 - **a** - Confeção da drenagem superficial; **b** - Execução do betão projetado; **c** - Muro de Gabiões em execução, Canaletas centrais e de pé de talude; **d** - Rede de proteção contra a queda de pedras. Fonte: IPT, 1991; Oliveira, 2006; Vilaça, 2009.

3.4 - Descrição de medidas não - estruturais de Prevenção de Riscos.

Tominanga, Santoro & Amaral, (2009), reafirmaram nos seus trabalhos de que “os danos podem ser evitados ou minimizados, se forem adotadas medidas preventivas adequadas”.

Medidas não-estruturais, na visão dos autores Junior & Longo, (2010), são de carácter educativo e de planeamento, com uma vantagem de possuir baixo custo e de fácil aplicação. Referir que os mesmos são de carácter legislativo e de cumprimento obrigatório, exemplos:

- ✓ Legislação da Lei de Bases de Protecção Civil (Lei n.º 28/03, de 7 de Novembro), a Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 5/98, de 19 de Junho) aprovados por Governo de Angola e Convenções Internacionais, não só para prevenir a ocorrência de riscos coletivos resultantes de possíveis acidentes graves, catástrofes, calamidades naturais ou tecnológicas como também para implementar um sistema de apoio à criação do Sistema Nacional de Protecção Civil, (DR, 2011) e outros;
- ✓ Sistema de drenagem de águas pluviais e residuais nas zonas peri-urbanas, constantes no Programa de Desenvolvimento do Setor de águas e o Plano de Curto Prazo do Setor das Águas, aprovado pelo Conselho Ministros. (DR,2004), (DR, 2013).

Capítulo IV – Materiais e métodos

Para a elaboração desta dissertação foram definidas quatro (4) etapas que se subdividem em atividades distintas como mostra a (Figura 4.1): 1 – seleção da área de estudo, 2 – pesquisa bibliográfica, 3 – trabalho de campo, 4 – procedimento de Gabinete (Figura 4.1).

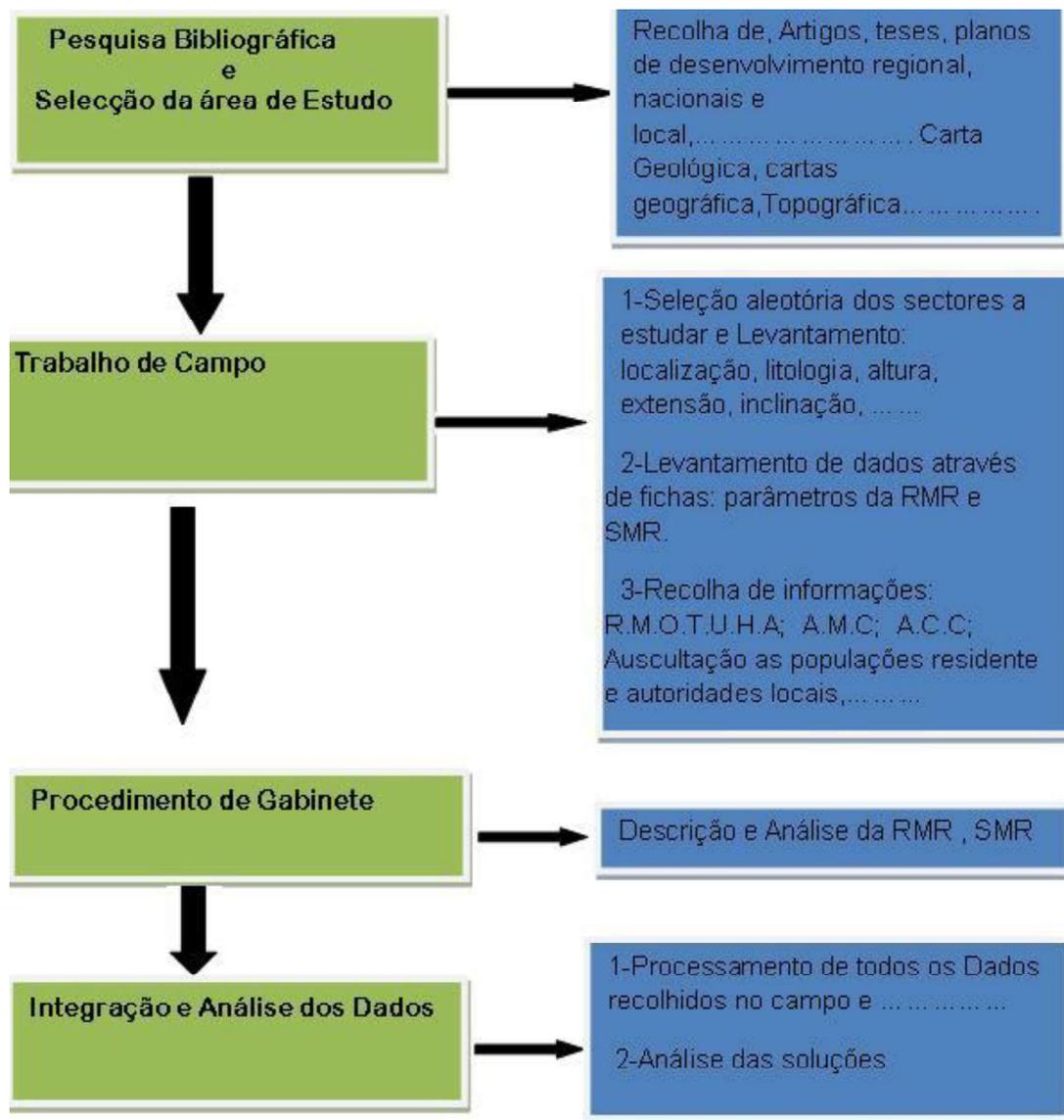


Figura 4.1- Fluxograma da Metodologia adotada.

4.1 - Seleção da área de estudo

Inicialmente foi feita uma triagem geral da distribuição das encostas ao longo do Município da Catumbela, com maior relevância as da Comuna da Catumbela, com o objetivo de identificar os taludes instabilizados, mas que se encontram ocupados pelas populações. A triagem foi feita através das Cartas, fotografias aéreas e de Satélite, mas a seleção obedeceu a análise dos fatores: Geomorfológicos, geológicos, climáticos, e ocupação da população.

4.2 - Pesquisa bibliográfica

Fez-se uma pesquisa das dissertações, periódicos especializados, livros e páginas eletrônicas, bem como o levantamento de dados geológicos, geomorfológicos e Climáticos de bases cartográficas já existentes, visando uma melhor compreensão dos fatores condicionantes e desencadeantes de instabilidades dos taludes regional e da área em estudo. Dentre a pesquisa bibliográfica realizada destacam-se a obtenção do historial e das técnicas de aplicação dos métodos de classificações Geomecânicas RMR e SMR, a nível internacional, da região e na área de estudo. Por outro lado, também foram feitas consultas bibliográficas com pendor virado aos métodos e técnicas de recolha de informações de campo.

4.3 - Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado em duas etapas distintas, que envolveu o reconhecimento da região feita através da observação de vista e auxiliada por uma carta geológica e, mais tarde, dos trabalhos de análise pormenorizada.

No campo, o trabalho consistiu na identificação e medição dos fatores considerados como parâmetros mais importantes que influenciam no comportamento de um maciço de rocha, nomeadamente: Resistência à compressão uniaxial da rocha intacta, RQD ("rock quality designation"), Espaçamento das descontinuidades, Condições das descontinuidades, Condições de água e Orientação das descontinuidades.

Para o parâmetro da resistência à compressão uniaxial da rocha intacta, a informação foi recolhida através da identificação expedita baseada na marcação de uma unha, canivete e martelo do geólogo sobre a rocha, tal como proposto por ISRM (1978). RQD, as amostras foram quantificadas através de uma fita métrica, medindo o espaçamento entre descontinuidades maiores de 10 centímetros em cada 200 centímetros, sobre uma camada de rocha, método proposto por Deere (1967).

O metro e régua graduada foram meios utilizados para recolher amostras relacionadas com condições das descontinuidades, como exemplos: Separação entre descontinuidade ou abertura, que consiste na medição em mm a distância que separa paredes adjacentes de uma descontinuidade (diáclases e limites entre camadas), medindo espaçamento das diáclases; espaçamento entre descontinuidades, medindo a distância entre duas descontinuidade adjacentes de uma mesma família; Rugosidade dos planos, para além da fita e uma linha que é sobreposta nas superfícies das descontinuidades para cada 2 metros, também utilizou-se um transferidor para aferir a amplitude da ondulação. Enchimento, medido a espessura do material que preenche a total ou parcial, espaço entre as descontinuidades.

Através da observação visual e fotográfica foi possível definir o grau de alteração e a litologia. Foi também possível propôr medidas de proteção e contenção para minimização de desastres.

Igualmente importante foi a recolha de amostras, a determinação das direções e pendores nos taludes, bem como das estratificações, diáclases, ondulações, localização dos taludes, etc, através do GPS e Bússula.

Ainda, foram recolhidas informações sobre ocorrências de desastres naturais e induzidos pela ação do homem, através de técnicas, como é o caso das fichas e entrevistas as populações e Autoridades locais.

4.4 - Procedimentos de Gabinete: Tratamento de dados.

Os trabalhos de gabinete constaram basicamente no estudo dos métodos de avaliação de estabilidade, a RMR e SMR. Durante o levantamento de campo foram coletados amostras dos quatro taludes relacionados com os parâmetros mas importantes para a aplicação dos métodos, e a organização das amostras.

Para a RMR de Bieniawski (1989) preconiza-se:

- ✓ Introdução de dados nas tabelas correspondentes, análise e atribuição dos pesos;
- ✓ Introdução dos dados num quadro geral, Sistema de Classificação Geomecânica Ponderado de Bieniawski (1989), análise e atribuição dos pesos aos parâmetros;
- ✓ O RMR se obtém como soma de pontuações que correspondem aos valores de cada um dos seis parâmetros enumerados;
- ✓ Analisar o valor do RMR para classificação do maciço rochoso;

- ✓ Relacionar a experiência de condições de rocha em um local com as condições e experiências encontradas em outros.

Para a SMR (*Slope Mass Rating* – de Romana, (1993), preconiza-se;

- ✓ Com base na tabela de resumo do SMR, estabelecer diferentes relações entre o valor do RMR e o ângulo limite de estabilidade dos taludes, para avaliar o tipo de instabilidade;
- ✓ Calcular o valor do SMR através das várias famílias de descontinuidades representativas do talude aplicação equações definidas para o efeito e consequentemente enquadrar o valor;
- ✓ Definição de medidas de estabilização a adotar através do valor da SMR e da avaliação da estabilidade.

No trabalho de gabinete, é feita a interpretação e análise de probabilidade ou suscetividade de rotura do talude baseado nos conhecimentos da função linear, tendo como referência os valores da função correspondentes a SMR, proposta por Romana (1985). Foram igualmente consultadas as propostas de análises de probabilidade (Tomás *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2009; Preto *et al.*, 2014).

4.5 - Integração e análise dos dados

Esta fase correspondeu à integração de todos os dados obtidos no processo de investigação e antecipar soluções estruturais e não estruturas a adotar no sentido de minimizar os riscos.

Capítulo V- Caracterização pormenorizada dos locais

5.1 - Seleção da área de estudo.

A configuração geográfica da Catumbela é caracterizada por um aumento da inclinação dos taludes/vertentes, diminuindo de forma significativa a estabilidade a medida que aumenta a declividade, muitas vezes resultante do corte de redes de drenagem e outras por cortes realizados pelo homem. Verifica-se na área de estudo que sobre estas condições foram construídas habitações, sem obedecer os critérios de urbanização, proporcionando assim o aumento de acidentes no futuro e desafiando as capacidades das autoridades locais, no cumprimento das suas funções públicas.

Neste trabalho objetivou-se o estudo e a avaliação de situações de estabilidade dos taludes/vertentes na Comuna da Catumbela, com apenas quatro anos desde que tomou a categoria de Comuna sede do Município da Catumbela.

Procedeu-se, a seleção e o estudo de 4 taludes: 3 taludes naturais e um talude de escavação, localizadas nas zonas peri-Urbanas, predominada pela proliferação de construção não controlada de edifícios, ou seja, exterior à planificação e ao controle da urbanização do Estado, com água canalizada, mas sem redes de drenagem, ausência de saneamento e recolha de lixo, sem estradas alcatroadas, algumas obras de contenção sem obedecer os parâmetros geotécnicos, o que potencia instabilidade destas zonas principalmente na época chuvosa.

A ocupação do solo pelas populações foi marcada por um processo longo e complicado:

1. Na década de 1920 pela Contratação de trabalhadores do interior da Província para zonas envolvente a área de estudo, feita pela Sociedade Agrícola do cassequel (Açucareira), empresa especializada no cultivo e produção de açúcar na Catumbela, que ocupava os bairros do João Maluco, Morro de Galo e Lomboloque. Estes bairros eram marcadas pela urbanização, apesar de serem algumas cobertas por capim outras de chapas de lusaliite.
2. O crescimento dos membros das famílias dos contratados, levou a proliferação de construções de novas habitações aos arredores dos bairros urbanizados citados anteriormente, o que foi aumentando cada vez mais entre os anos 1975 - 2002 por consequências da guerra, sendo o litoral considerado zona de maior segurança e de oportunidades de obtenção de bens e serviços.

A vegetação é geralmente inexistente, observando-se em alguns taludes a presença de vegetação rasteira; registou-se a ocorrência de vegetação moderada, caracterizada pela presença de árvores de pequeno porte.

Na área de estudo observou-se indícios de queda de blocos rochosos ou terra descendo cima a baixo, causando uma trajetória em saltos e algumas vezes em forma de rolamento, fluxos e deslizamentos. O movimento observado varia sua velocidade de muito rápido a extremamente rápido, dependendo da inclinação do talude. Naturalmente, estima-se desabamentos no topo dos taludes/vertentes, deslizamento ao longo dos taludes/ vertentes, atingindo muitas vezes habitações, e vias de comunicações. Como vítimas destacam-se perdas de vidas humanas, animais e destruições de bens.

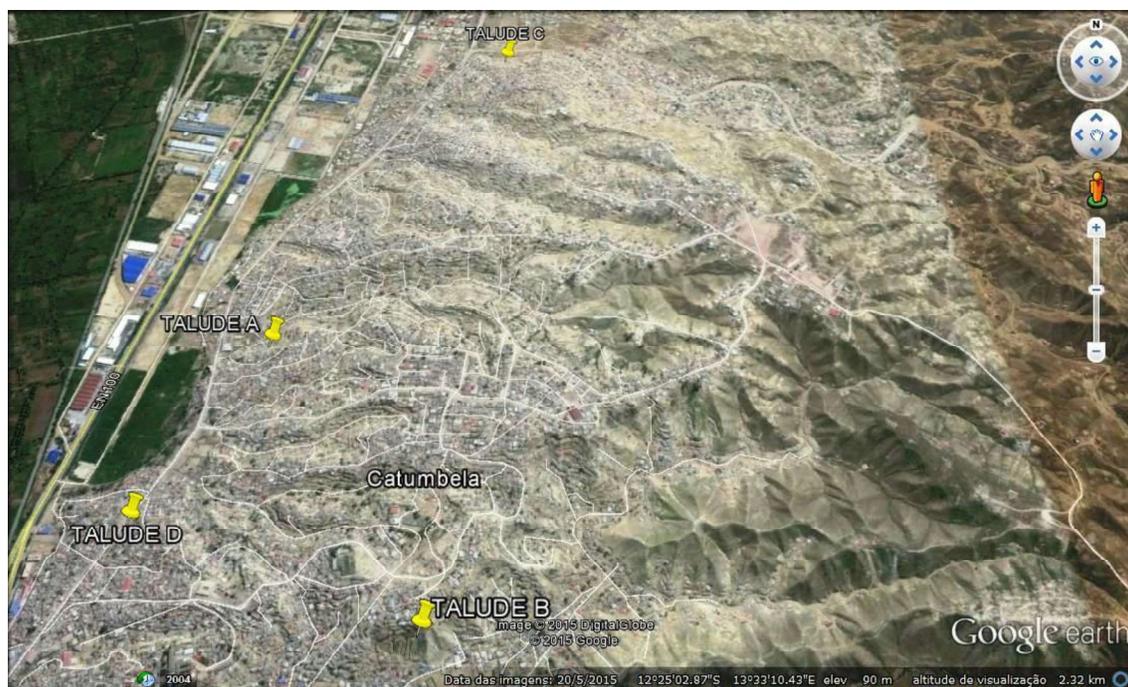


Figura 5.1 - Localização dos Taludes em estudo – Comuna da Catumbela – Benguela, imagem Google Earth (2015): Os taludes em estudos localizam - se entre os bairro do Ácala - Chimbuila o talude A, natural, zona 3; entre os bairros poli-Tata Talude B natural, zona 4; no Bairro do Lombolouque Talude C, zona 3, natural; Bairro do Cambambi o Talude D, de escavação, zona 4.

5.1.1- Caracterização do Talude A

As coordenadas geográficas do Talude A, são $12^{\circ}24,947' S$; $13^{\circ}32,731' E$. Este talude localiza-se no limite entre os Bairros do Acala e Chimbuila, possui altura aproximada em 35 m. A face do talude tem uma direção de $N70^{\circ} E$ e um pendor de $80^{\circ} W$.

A estratificação das camadas presentes no talude A tem como coordenadas geológicas: $N20^{\circ} W$; $10^{\circ} - 15^{\circ} W$.

No topo, observou-se arenitos e clastos de formação característica de terraço de praia, com uma granulometria fina a grosseira, com grãos angulosos a subarredondados, de cor branca a vermelha, embora ocorram níveis de arenitos médios e finos. O talude é predominantemente marcado pela intercalação de calcários, margas com gesso. Em alguns casos, calcários com a intrusão de gesso precipitado entre as diaclases, e não só, (Figura 5.2). Ao longo do talude é visível, o lixo, terra, entulho. Alguma vegetação rasteira no caso os Catos, verificando-se ainda uma vegetação moderada constituída por árvores de pequeno porte; Presença de água em alguns setores do talude resultado das águas infiltradas das fossas rotas e águas residuais.

Foram contabilizadas 15 habitações no topo em risco de desabamento, com uma população estimada em 60 habitantes. Na base foram igualmente contabilizadas 18 habitações, uma população estimada em 72 pessoas, com probabilidades de serem atingidas (figura 5.2).

A resistência do material rochoso obtida através do martelo do geólogo, comprovou que ela fraturava com um único golpe do martelo, 25 – 50 MPa, sendo assim considerada como uma rocha de média resistência (Quadro 5.1).

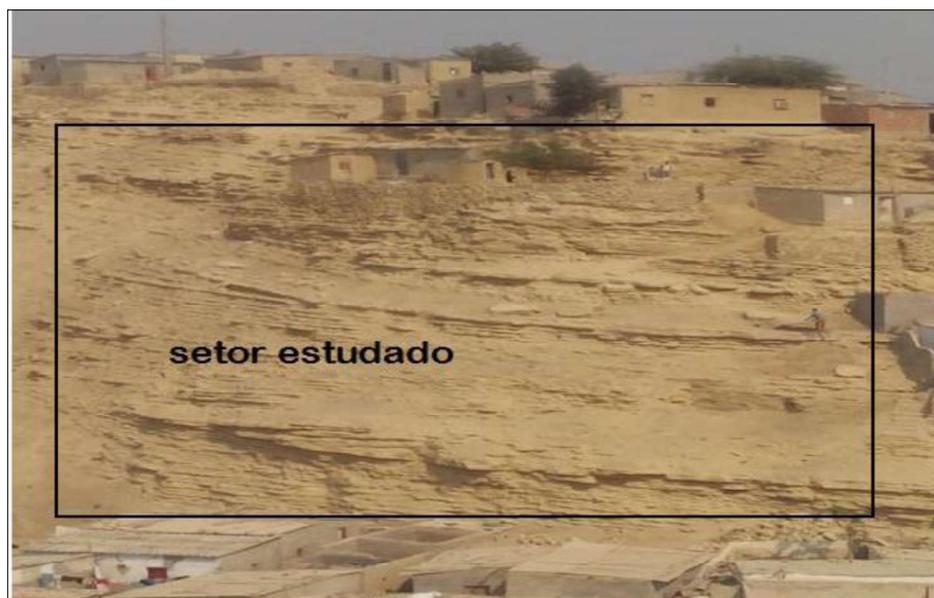


Figura 5.2 - Setor selecionado para estudo. Ilustrações de Habitações, vegetação, evidências de blocos instabilizados.

Quanto ao RQD, foram analisadas 36 amostras de espaçamentos que varia de 80 a 1200 mm, em três camadas de estratificação de 25 m cada, perfazendo um total de 75 m, deste modo 80% (Quadro 5.1).

Quadro 5.1: Resumo de amostras obtidas para o setor estudado - Talude A

Parâmetros	Descrição
Coordenadas geográficas	S 12°24.947' ; E 013°32. 731'
Face do Talude	Direção N70° E; Pendor 80°W
Altura do Talude	35 metros
Comprimento do Talude	25 metros estudados
Litologia	Calcários, Margas e Gesso
Estratificação das camadas	Direção N20°W; Pendor 15-20°W
Resistência de materiais rochoso (MPa)	25 - 50 MPa
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	80%
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 1200 mm
Persistência	10 - 20m
Abertura	1 - 5 mm
Rugosidade	ligeiramente rugoso
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga, gesso
Percolação	ligeiramente húmido
Estado de meteorização	ligeiramente alterado
J1	Direção N50°W; Pendor subvertical
J2	Direção N50°E; Pendor 70°W

Problemas recentes no talude do Chimbuila.

As chuvas dos dias 11 e 18 de Março de 2015 que se abateram sobre a Província de Benguela em particular na Comuna da Catumbela, provocou alguns problemas.

Como referido anteriormente o talude tem um comprimento maior do que 120 metros. As fotos apresentadas no texto, fazem parte do talude, embora fora do setor inicialmente estudado, porque são áreas sem afloramentos e completamente proliferado pelas habitações.

Em todo talude foram identificadas: Destruição de 10 habitações (figuras 5.3, 5.4, 5.6); Desabamentos de Muros de gravidades (Figuras 5.3, 5.4, 5.5); Perda de bens (Figuras 5.3, 5.4, 5.5); Vítimas humanas (uma vítima, registada na figura 5.3, cuja direção do movimento é de A para B, Vitimou a dona da habitação no ponto B, que tinha aproximadamente 60 anos de idade); Obstruções de vias de acesso às habitações (figura 5.3 e 5.5).



Figura 5.3: ilustrações de movimentos: **a** - Desabamento do muro; **b**- Atingimento da Habitação; **c** - movimento do material de aterro em consequência da presença da água; **d**- acumulação da água ao longo da habitação de adobes provoca desabamento e destruição de bens.



Figura 5.4 - ilustrações de movimentos: **a** - Desabamento de muro de gravidade; **b**- A Habitação atingida projeta-se para outra habitação; **c** - Evidências do material que caiu de cima para baixo, a reabilitação; **d**- evidências de erosão.



Figura 5.5: Ilustrações de movimentos: **a** - Desabamentos de muros de gravidades; **b**- Habitações atingidas; **d** - Obstruções das vias de acessos para outras habitações; **c** - Evidência de erosão.

5.1.2 - Caraterização do talude B

As coordenadas geográficas do setor selecionado para o estudo no talude do Poli-Tata, são $12^{\circ}25,470' S$; $13^{\circ}32,942' E$. Este Talude localiza-se no limite entre os Bairros do Poli e Tata, a norte da cidade da Catumbela. Possui uma altura de aproximadamente 50 m e um comprimento maior que 125 metros. Dizer que a área selecionada foi de 25 metros de comprimento. A face do talude tem uma direção de $N25^{\circ}E$ e um pendor de 75° a $80^{\circ}NW$. As camadas presentes neste setor tem uma coordenadas geológicas de: Direção $N20^{\circ} W$; 15° - $20^{\circ} W$.

As observações no campo confirmaram intercalações de rochas calcárias, com margas e gesso. Em alguns casos observou-se alguma intrusão de gesso precipitado entre as diaclases (figura 5.7). As espessuras variam para os Calcários entre 5 – 50 cm, Margas 1-35 cm e o Gesso 1- 5 mm (figura 5.6).



Figura:5.6 – A desagregação das margas ocasiona a perda de suporte das bancadas de calcário e a sua instabilização, conferindo aos maciços um comportamento muito evolutivo; calcários e Intercalações das camadas de margas com gesso; vegetação, lixo e habitações no topo e base do talude.

A resistência do material rochoso foi estimada através do martelo do geólogo, tendo-se verificado que a rocha fraturava com um único golpe do martelo, 25 – 50 MPa, podendo assim ser considerada como uma rocha de média resistência (Quadro 5.2).

Para o RQD, foram avaliadas 36 amostras, sendo encontradas 26 em aproximadamente 25m, que varia de espaçamento entre 80 - 1200 mm em três camadas de estratificação de 25 m cada, um total de 75 m, perfazendo deste modo 96% (Quadro 5.2).

Foram contabilizadas 40 habitações na base do talude que podem ser atingidas, com aproximadamente 160 pessoas. No topo do talude contabilizou-se 20 habitações com probabilidade de desabarem, significando um total de 80 pessoas em perigo permanente.

Quadro 5.2 - Resumo das amostras obtidas para setor estudado -Talude B

Setor selecionado	
Parâmetros	Descrição
Coordenadas geográfica	S 12°25.470' ; 013°32. 942' E
Face do Talude	Direção N25°E; Pendor 75°- 80°NW
Altura do Talude	50 metros
Comprimento do Talude	25 m estudados
Litologia	Calcários, Margas e Gesso
Estratificação das camadas	Direção N20° W; Pendor 15-20°W
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	96%
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 1200 mm
Persistência	10 – 20 m
Abertura	1-5mm
Rugosidade	ligeiramente rugoso
Enchimento	enchimento mole, < 5mm, margas, gesso
Percolação	húmido
Estado de meteorização	Ligeiramente alterado
J1	Direção N60° E; Pendor subvertical
J2	Direção N40°W; Pendor 60°W

Problemas recentes no talude da Tata

As chuvas que se abateram no dia 11 e 18 de Março de 2015 sobre a Província de Benguela em particular na Comuna da Catumbela, provocou alguns problemas.

Como referido anteriormente, o talude tem um comprimento maior do que 150 metros, pelo que as fotos apresentadas no texto, fazem parte do mesmo, embora fora do sector inicialmente estudado, porque são áreas sem afloramentos e completamente proliferado pelas habitações. Em todo talude foram identificadas ocorrências principais: uma habitação destruída no topo (figura 5.8); obstruções das vias de acessos às habitações (figuras 5.8, 5.9); desabamentos de 4 muros (figura 5.8).

Para este Talude é notória a sua erosão, verificando-se muitas evidências da presença do entulho e material de construção sem compactação que a cada ano vai instabilizando em quantidades consideráveis para a zona baixa.



Figura 5.7 – a: Ilustração do desabamento de um muro; b: destruição de uma habitação e perda de bens.



Figura 5.8 - Evidência do difícil acesso a área de estudo, **a** - área de estudo; **b** - via de acesso; **c**- enchente da lagoa da Tata, consequência da obstrução dos canais de drenagem. Foto tirada a partir da cidade da Catumbela.

5.1.3 - Caracterização do Talude C

O talude localiza-se no limite entre os Bairros do Lomboloque e Santa Cruz, adjacente a Damba do Vicundo, possui uma altura que varia entre 20 a 25 m. Sendo 20 m para o setor 1 e 25 m para o setor 2. O comprimento do talude é de aproximadamente 250 metros.

Setor 1

As coordenadas geográficas do Talude C são as seguintes: no Sector 1, 12° 24,333' S e 13° 33,005' E. A face do talude tem uma Direção N50°W; Pendor 80° SW. A estratificação das camadas presentes neste talude tem coordenada geológica direção: N20°W; 10° - 15°W.

Observaram-se intercalações de calcários e margas com espessura entre 1- 50cm e gesso de 1- 5mm, presença de terraços de praia mar no topo, com arenitos e clastos. Foram igualmente observados neste talude, duas fraturas com um espaçamento de 50 cm, com direções de N80°W e pendor de 60°W, preenchidas por margas, lixo e gesso, cuja abertura varia de 5 - 20cm e um comprimento de 5 m. Os calcários apresentam grão fino e uma tonalidade geralmente acinzentada a amarelada. As margas têm grão muito fino e cor cinzenta a acastanhada.



Figura 5.9 - Ilustração do setor 1 do talude C. Estratificação das camadas, vegetação, habitações e sinais de inundações provocadas pelas chuvas do dia 11 de março de 2015.

A resistência do material rochoso obtida através do martelo do geólogo, determinou que ela fraturava com um único golpe do martelo, 25 – 50 MPa, sendo assim considerada como uma rocha de média resistência (Quadro 5.3).

Quanto à RQD, foram recolhidas 25 amostras, em duas camadas de estratificação de 25 m cada, perfazendo um total 98%. Os resultados obtidos aos espaçamentos das descontinuidades variam de 80mm a 2000 mm. A meteorização foi obtida através da observação de vista, sendo considerada de ligeiramente alterada quase em todo o talude, (Quadro 5.3).

Para a análise dos parâmetros de abertura e preenchimento, foram colhidas 26 amostras. As aberturas variam entre 1- 5 mm e o preenchimento é efetuado de forma diversa: observaram-se 18 diaclases com preenchimento por margas e 8 sem preenchimento. Na persistência, observou-se uma variação média de 10 - 20m. Quanto a rugosidade, a observação de vista mostrou que ela é moderadamente rugosa, (Quadro 5.3).

Setor 2

As coordenadas geográficas do Talude C, no setor 2, são 12°24,337' S e 13°33,082' E.



Figura 5.10: **a** - habitações no topo; **b** - visível grande quantidade de lixo na face do talude; **c** - ilustração da estratificação.

A face do talude tem uma Direção N25°E; Pendor 75- 80°W. A estratificação presente no talude tem coordenadas geológicas: Direção N20° W; Pendor 15-20°W.

As residências estão construídas, maioritariamente, pelo material argiloso (adobes) em áreas elevadas e de depressão, de acessos muito estreitos, sem drenagem superficial nem subterrânea. As habitações do topo tem uma distância inferior a 1 m, enquanto as da base, a distância varia de 1 m – 5 m com o plano de inclinação do talude.

A resistência do material rochoso obtida através do martelo do geólogo, determinou que ela fracturava com um único golpe do martelo, 25 – 50 MPa, sendo assim considerada como uma rocha de média resistência (Quadro 5.3).

Quanto ao RQD, foram recolhidas 25 amostras, em duas camadas de estratificação de 25 m cada, perfazendo um total 80%. Os resultados obtidos aos espaçamentos das

descontinuidades variam de 70 - 1700 mm. A meteorização foi obtida através da observação de vista, sendo considerada de ligeiramente alterada quase em todo o talude, (Quadro 5.3).

Para a análise dos parâmetros de abertura e preenchimento, foram colhidas 26 amostras. As aberturas variam entre 1- 5 mm e o preenchimento é efetuado de forma diversa: observou-se diaclases com preenchimento por margas e sem preenchimento (5.3).

Quadro 5.3 - Resumo das amostras obtidas para setores 1 e 2 estudados - Talude C

	Setor 1	Setor 2
Parâmetros	Descrição	Descrição
Coordenadas geográficas	12 °24.333' S ; 013°33. 005' E	12 °24.337' S ; 013 °082' E
Face do Talude	Direção N50°W; Pendor 80° SW	Direção N25°E; Pendor 75-80°W
Altura do Talude	12 metros	20 metros
Comprimento do Talude	25 metros	25 metros
Litologia	Calcários, Margas e Gesso	Calcários, Margas e Gesso
Estratificação das camadas	Direção N20°W; Pendor 15-20 °W	Direção N20° W; Pendor 15-20°W
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa	25 - 50 MPa
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	98%	80%
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 2000 mm	70 - 1700 mm
Persistência	10 – 20m	10 – 20m
Abertura	1 - 5mm	1 - 5 mm
Rugosidade	ligeiramente rugoso	ligeiramente rugoso
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga, gesso, gesso	enchimento mole <5mm, marga
Percolação	ligeiramente húmido	ligeiramente húmido
Estado de meteorização	ligeiramente alterado	ligeiramente alterado
J1	Direção S80°W; Pendor subvertical	Direção N25°W; Pendor subvertical
J2	Direção N80° E; Pendor 80 °W	Direção N60°E; Pendor 60°E
J3	Direção N30°E; Pendor 80°E	Direção N50° W; Pendor 60°E

Na persistência, observou-se uma variação média de 10-20 m. Quanto à rugosidade, a observação de vista mostrou que ela é ligeiramente rugosa.

Foram contabilizadas 12 habitações no topo do talude em risco de desabamento, com uma população estimada em 60 pessoas. Na base foram igualmente contabilizadas 6 habitações, pondo em risco as populações que aí habitam.

Problemas recentes no talude do Lomboloque.

As chuvas que se abateram no dia 11 de Março de 2015 provocaram alguns problemas no talude em estudo. Em todo talude foram identificadas as seguintes principais ocorrências: destruição de 2 habitações; obstruções das vias de acessos para outras habitações; movimento de terra (figura 5.11).



Figura 5.11 - **a** - Destruição da habitação; **b** - Obstrução da via de acesso para outras habitações; **e** - Movimentação do carro em cerca de 100 m, arrastado pelas águas provenientes das cotas mais altas; **d** - Obstrução do maior canal de escoação das águas; **f** - Bombas de combustível inundada, situada a menos de 30 m da base do talude; **g** - Evidências do nível das águas, ponto referência a residência que dista 20 m do setor estudado.

5.1.4. Caracterização do Talude D

As coordenadas geográficas do Talude D foram determinadas por partes, sendo para o setor 1, 12°25,31'S e 13°32,543'E, e para o setor 2, 12°25,31'S e 13°32,543'E. O talude localiza-se no Bairro do Cambambi, resultado do corte realizado na década 70, com objetivo de abrir uma estrada, que liga as cidades da Catumbela e do Lobito, possui uma altura de 14 m e um comprimento de 125 metros aproximadamente. A face do talude tem uma direção de N25°E e um pendore de 80°NW - subvertical. A estratificação das camadas deste talude tem como coordenadas geológicas: N25°E; 10° - 15°W.

Corresponde a uma unidade composta basicamente pela alternância entre camadas de marga, calcário e de gesso, material de aterro ao longo do talude e terraço de praia-mar no topo (Figura 5.12). Os calcários apresentam grão fino e uma tonalidade geralmente acinzentada a amarelada. As margas têm grão muito fino e cor cinzenta a acastanhada. É muito fácil observar bancadas de espessura variável, desde mais fina a espessa, com intercalações de margas. Neste talude é evidente o descalçamento, por causa da diferença de resistências à erosão e à desagregação superficial das margas, geralmente muito fraturadas, exibindo grande facilidade de alteração, deixando assim algumas camadas de calcários sem suporte, potenciando a queda de blocos. Ao longo desta extensão é possível observar pessoas, veículos, e habitações, situação preocupante (figura 5.12).



Figura 5.12 – Terraço de praia-mar e sua instabilidade; blocos instabilizados; desagregação das margas ocasiona a perda de suporte das bancadas de calcário e a sua instabilização, conferindo aos maciços um comportamento muito evolutivo; calcários margosos e Intercalações das camadas de margas com gesso; Presença de água entre a estratificação de calcários margosos. (Foto tirada em tempo seco).

A resistência à compressão Uniaxial (MPa) foi estimada através do martelo do geólogo, e comprovou-se que a rocha fraturava com um único golpe do martelo, 25 – 50 MPa, sendo assim ser considerada como uma rocha de média resistência.

Quanto ao RQD, foram recolhidas 52 amostras, sendo 26 amostras em 75 metros para o setor 1 e 26 amostras em 50 metros para o setor 2, que coincidem de facto com os

resultados obtidos aos espaçamentos das descontinuidades variando assim de 80 -1450 mm para o setor 1 e setor 2 (Quadro 5.4).

A meteorização foi obtida através da observação, sendo considerada de ligeiramente moderada quase em todo o talude. Quanto a rugosidade, resultou da observação de ligeiramente rugosa. Foram recolhidas 56 amostras, sendo 26 aberturas dos setores 1 e 2, número equivalente às observações de enchimento e caracterização do material que as preenchem (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 - Resumo das amostras obtidas para setores 1 e 2 - Talude D

	Setor 1	Setor 2
Parâmetros	Descrição	Descrição
Coordenadas Geográficas	S 12°25.31' ; E 013°32. 543'	S 12°25.33' ; E 013°32. 547'
Face do Talude	Direção N25°E; Pendor 80°NW	Direção N25°E; Pendor 80°N W
Altura do Talude	14 metros	14 metros
Comprimento do Talude	75 metros	50 metros
Litologia	Calcários, Margas e Gesso	Calcários, Margas e Gesso
Estratificação das camadas	Direção N25°E; Pendor 10-15° W	Direção N25° E; Pendor 10-15°W
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25- 50 MPa	25- 50 MPa
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	90%	90%
Espaçamento entre descontinuidades	80- 1450mm	80 - 1450mm
Persistência	10 – 20m	10 – 20m
Abertura	1-5mm	1 – 5mm
Rugosidade	Ligeiramente rugosa	Ligeiramente rugosa
Enchimento	Enchimento mole < 5mm, Marga	Enchimento mole < 5mm, Marga
Percolação	húmido	húmido
Estado de meteorização	Moderadamente alterado	Moderadamente alterado
J1	Direção N20°E; Pendor subvertical	Direção N20°E; Pendor subvertical
J2	Direção N70°W; Pendor Subvertical	Direção N70°W; Pendor Subvertical
J3	Direção N25°E; Pendor 10 -15°W	Direção N25°E; Pendor 10-15°W

* famílias das descontinuidades.

As aberturas variam entre 1-5mm para os setor 1 e 2, com preenchimento de margas e outras sem preenchimentos.

Problemas recentes no talude do Cambambi.

As chuvas do dia 11 de Março de 2015 criaram grandes problemas no talude, deixando vias de comunicação inundadas, dificultando bastante o trânsito (figuras 5.13; 5.14).



Figura 5.13: ilustração de constrangimento na via de acesso no talude do Cambambi, causadas pelas chuvas do dia 23 de Abril 2015



Figura 5.14 – **a** - Situações de instabilidades na época seca. Observa-se menores quedas de blocos e constrangimentos na circulação de pessoa e bens neste período; **b** - Situações de instabilidades na época chuvosa. Observa-se maior queda de blocos e constrangimentos na circulação de pessoas e bens neste período.

5.2 - Aplicações das classificações Geomecânicas

Com os elementos recolhidos, foi possível classificar o maciço em estudo e avaliar a probabilidades de rotura para dos setores seleccionados de forma aleatória, dividindo essa avaliação em duas partes: obtenção do índice RMR, seguido da determinação do índice SMR e correspondentes medidas de contenção possíveis propostas por Romana (1993). Os valores atribuídos aos parâmetros envolvidos no cálculo do RMR são provenientes dos intervalos e médias observadas/medidas ao longo do talude (Quadros 5.1, 5.2, 5.3, 5.4).

A $SMR_{básico}$ da rotura planar (P) e por tombamento (T), foram obtidas com base na (equação 3.4, Romana, 1993), recorrendo aos valores dos quatro fatores de ajuste (F1, F2, F3 e F4) (Quadro 5.6). F1- correlacionando as direções e inclinações entre descontinuidades e a face do talude e F2, sendo para este fator classificado o pendor da descontinuidade equações 3.5; 3.6; 3.7; 3.8; 3,9 propostas por Romana, (1993), que expressa a relação dos pendores das descontinuidades e do talude, que se obtém da diferença entre o pendor da descontinuidade e a do talude para rotura planar e a soma dos pendores para rotura por tombamento (Quadro 3.14).

O método de desmonte mecânico em execução na remoção dos blocos instáveis, foi selecionado para o talude de escavação ($F=0$), “detonações normais ou desmonte mecânico” e para os taludes naturais foi selecionado ($F=+15$), terminologia dos fatores de ajuste para taludes, segundo Romana (1993) (Quadro 3.15).

Para análise da probabilidade ou suscetibilidade para cada descontinuidade e dos taludes no geral, utilizou-se a função linear, baseada em valores discretos propostos por Tomás *et al.*, (2006), que são $P(\%)$ em função dos valores correspondentes a $SMR_{básico}$ de cada descontinuidade, enquanto que para rotura dos taludes foram selecionados os menores valores nos $SMR_{básico}$ de cada talude, sendo considerada como SMR_{final} :

$$P (\%) = 100 - SMR \quad \text{Equação 5.1 – Cálculo da probabilidade ou suscetibilidade de rotura do talude (Tomás *et al.*, (2006).}$$

5.2.1- Talude do Chimbuila (Talude A)

Aplicação da classificação RMR (Bieniawski, 1989).

Aplicou-se o cálculo do $RMR_{básico}$ (equação 3.1, Bieniawski, 1989) obtendo um valor de 58. A equação 3.2 – cálculo da RMR_{final} foi aplicada o ajustamento da $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989), resultando em 53. Este maciço rochoso pertence a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 - 300 KPa (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 - Classificação do Maciço rochoso do setor estudado (Talude A), RMR - Bieniawski (1989)

Setor selecionado		
Parâmetros	Descrição	Valor ponderado
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa	4
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	80%	17
Espaçamento entre descontinuidades	80 – 1200mm	15
Persistência	10 – 20m	1
Abertura	1 - 5 mm	1
Rugosidade	ligeiramente rugoso	3
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga, gesso	2
Percolação	ligeiramente húmido	10
Estado de meteorização	Ligeiramente alterado	5
		RMR _{básico} =58
aplicado o ajuste para talude (-5) RMR_{final} = 58 - 5 = 53		

.Aplicação da classificação SMR com base no SMR_{básico} para cada família de descontinuidade (Romana, 1993)

As relações entre as orientações das famílias das descontinuidades presentes no talude e a orientação do talude, resultaram em SMR_{Básico} entre 53 – 63, e este intervalo classifica de razoável a bom, de estabilidade parcialmente estável, com roturas de pequenos planares ou por cunha e o aparecimento de alguns blocos de forma ocasional (Quadro 5.6).

Os fatores de ajustes das descontinuidades das famílias ficaram avaliados em:

J1 – (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,4 – 0,6, favorável (30° - 20°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual à (-25), normal (Quadro 5.6);

J2 – (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,4 – 0,6, favorável (30° - 20°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a valores entre (-50) e (-25), variando de desfavorável a normal (Quadro 5.6);

Quadro 5.6 - Classificação de rotura do setor estudado (Talude A), SMR - Romana (1993)

Setor selecionado													
Descontinuidades			Fatores de ajuste							RMR básico	SMR básico		SMR final
			F1	F1	F2	F2	F3	F3	F4				
	Dir.	Pend.	P	T	P	T	P	T		58	P	T	53
J1	N50°W	SubVT	0,4	0,6	1,0	1,0	-25	-25	+15		63	58	
J2	N50°E	70° W	0,4	0,6	1,0	1,0	-50	-25	+15		53	58	
Talude: Direção N70° E; Pendor 80°W													

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

O estudo e avaliação da estabilidade realizado para cada descontinuidade, indica que todas as famílias presentes no talude (J1 e J2), propiciam em pouco provável acontecer rotura planar assim como por tombamento, com probalidades de roturas entre 37 - 47% (Quadro 5.6.1; Gráfico 5.1).

Quadro 5.6.1 - Resumo da probabilidade de rotura para cada descontinuidade do setor estudado (Talude A), Tomás *et al.*, (2006)

Descont.	SMR básico		Probabilidade (%), proposta por Tomás <i>et al.</i> , (2006)	
	P	T	planar	por tombamento
J1	63	58	37%	42%
J2	53	58	47%	42%

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

Quanto a relação importa aferir que, a medida que aumenta o valor da SMR diminui a probabilidade de haver rotura tanto planar como por tombamento (Gráfico 5.1).

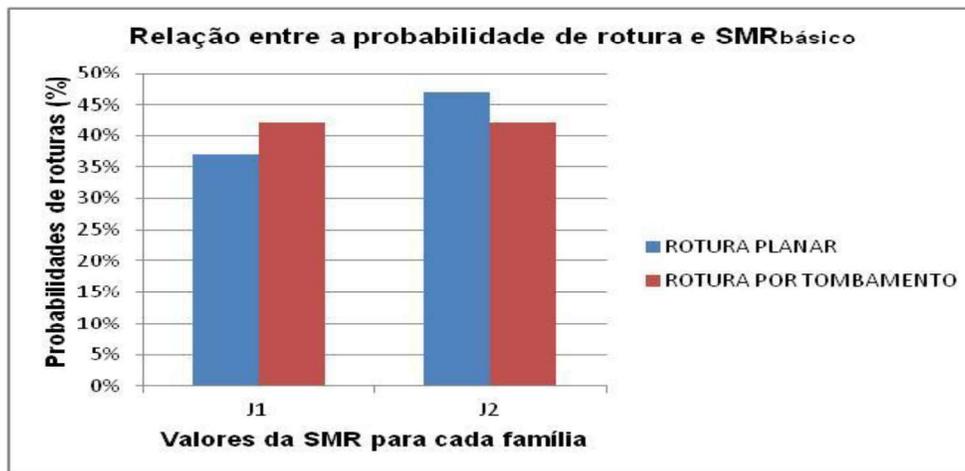


Gráfico 5.1 - Relação entre SMR_{básico} e probabilidade de rotura (Talude A).

5.2.2 - Talude do poli - Tata (Talude B)

Aplicação da classificação a RMR (Bieniawski, 1989)

Aplicou-se o cálculo do RMR_{básico} (equação 3.1, Bieniawski, 1989) obtendo um valor de 56. A equação 3.2 – cálculo da RMR_{final} foi aplicada o Ajustamento da RMR_{básico} (Bieniawski, 1989), resultando em 51. Este maciço rochoso pertence a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 – 300 KPa (Quadro 5.7).

Quadro 5.7 - Classificação do Maciço rochoso do setor estudo (Talude B), RMR de Bieniawski (1989)

Setor selecionado		
Parâmetros	Descrição	Valor ponderado
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa	4
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	96%	20
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 1200 mm	15
Persistência	10 - 20 m	1
Abertura	1 - 5mm, 5mm	1
Rugosidade	ligeiramente rugoso	3
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga	2
Percolação	húmido	7
Estado de meteorização	moderadamente alterado	3
		RMRbásico=56
aplicado o ajuste para talude (- 5), RMRfinal= 56 - 5 = 51		

Aplicação da classificação SMR com base no SMR_{básico} para cada família de descontinuidade (Romana, 1993).

As relações entre as orientações das famílias das descontinuidades presentes no talude e a direção do talude, resultaram em SMR_{Básico} entre 61 - 70, e este intervalo classifica de bom, estável, com o aparecimento de alguns blocos de forma ocasional (Quadro 5.8)

Os fatores de ajuste das descontinuidades em relação as famílias (J1, J2) ficaram avaliados em:

J1 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre à 0,3 – 0,1, consierados variáveis entre favorável à muito desfavorável (30° - 20°) – (< 5°); F2 igual à 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual à (-25), normal (Quadro 5.8);

J2 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre à 0,1 – 0,7, muito favorável a normal (30° - 20°) - > 30°; F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a valores entre (0) e (-25), variando de uito favoráve à normal (Quadro 5.8).

Quadro 5.8 - Classificação de rotura do setor estudado (Talude B), SMR de Romana (1993)

Setor selecionado													
Descontinuidades			Fatores de ajuste							RMR básico	SMR básico		SMR final
			F1	F1	F2	F2	F3	F3	F4		P	T	
	Dir.	Pend.	P	T	P	T	P	T		56			61
J1	N60°E	Sub.VT.	0,3	0,4	1,0	1,0	-25	-25	+15		64	61	
J2	N40°W	60° W	0,7	0,1	0,9	1,0	0	-25	+15		70	68	
Talude: N25°E; 75 – 80° NW													

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

O estudo e avaliação da estabilidade realizado para cada descontinuidade, indica que todas as famílias presentes no talude (J1 e J2), propiciam em pouco provável acontecer rotura planar assim como por tombamento, com probalidades de roturas entre 32- 39% (Quadro 5.8.1; Gráfico 5.2).

Quadro 5.8.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude B), Tomás *et al.*, (2006)

Descont.	SMR básico		Probabilidade (%), proposta por Tomás <i>et al.</i> , (2006)	
	P	T	planar	por tombamento
J1	59	56	36%	39%
J2	65	63	30%	32%

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

Quanto à relação importa aferir que à medida que aumenta o valor da SMR diminui a probabilidade de haver rotura tanto planar como por tombamento (Gráfico 5.2).

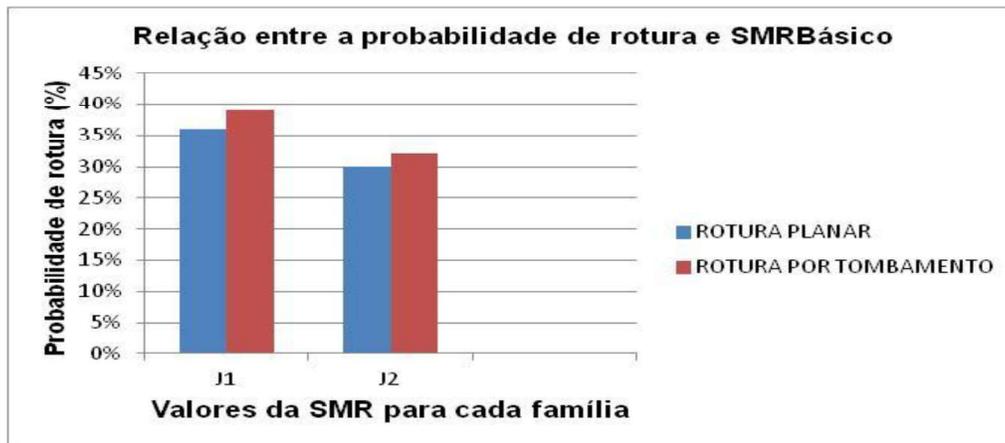


Gráfico 5.2 - Relação entre SMR_{básico} e probabilidade de rotura (Talude B).

5.2.3 - Talude do Lomboloque (Talude C)

Aplicação da classificação RMR (Bieniawski, 1989) (Setor 1).

Centralizou-se o cálculo do RMR_{básico} na equação 3.1, Bieniawski (1989) obtendo um valor de 61. A equação 3.2 – cálculo da RMR_{final} foi aplicada o Ajustamento da RMR_{básico} (Bieniawski, 1989), resultando em 56. Este maciço rochoso pertence a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 – 300 KPa (Quadro 5.9).

Quadro 5.9 - Classificação do Maciço rochoso no Talude C, Setor 1, RMR - Bieniawski, (1989)

Setor 1		
Parâmetros	Descrição	Valor ponderado
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa	4
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	98%	20
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 2000 mm	15
Persistência	10 – 20 m	1
Abertura	1 – 5 mm,	1
Rugosidade	ligeiramente rugoso	3
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga	2
Percolação	ligeiramente húmido	10
Estado de meteorização	ligeiramente alterado	5
		RMR _{básico} =61
aplicado o ajuste para talude (-5), RMR_{final} = 61 - 5 = 56		

Aplicação da classificação SMR com base no SMR_{básico} para cada família de descontinuidade, Romana (1993)

As relações entre as orientações das famílias das descontinuidades presentes no talude e a direção do talude, resultou em SMR_{Básico} concentrada entre 69 - 75, intervalo que classifica de bom, estável, com o aparecimento de alguns blocos de forma ocasional.

Os fatores de ajuste das descontinuidades em relação as famílias (J1, J2 e J3) ficaram avaliados em:

J1 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,3 – 0,15, considerados variáveis entre favorável a muito favorável (30° - 20°) – (> 30°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a (-25), normal (Quadro 5.10);

J2 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,3 – 0,15, considerado de favorável à muito favorável (30° - 20°) – (> 30°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a valores de (-25), normal (Quadro 5.10);

J3 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,15 – 0,7, considerado de normal à muito favorável (20° - 10°) – (> 30°); F2 igual a 0,4 - 1,0, com ângulos maior de 20°- 30 a >40°, que varia de de favorável a muito desfavorável; F3 igual a valores de 0 - (-25), normal (Quadro 5.10).

Quadro 5.10 - Classificação de rotura no Talude C, setor 1, SMR de Romana (1993)

Setor 1													
Descontinuidades			Fatores de ajuste							RMR básico	SMR básico		SMR final
	Dir.	Pend.	F1	F1	F2	F2	F3	F3	F4				
			P	T	P	T	P	T			P	T	
J1	S80°W	SubVT	0,3	0,15	1,0	1,0	-25	-25	+15	61	69	72	69
J2	N80°W	80°W	0,3	0,15	1,0	1,0	-25	-25	+15		69	72	
J3	N30°E	80°E	0,7	0,15	0,4	1,0	-25	-25	+15		69	75	
Talude: N50°W; 80°SW													

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

O estudo e avaliação da estabilidade realizado para cada descontinuidade, indica que todas as famílias presentes no talude (J1, J2 e J3), propiciam em muito pouco provável acontecer rotura planar assim como por tombamento, com probalidades de roturas entre 25 - 31% (Quadro 5.10.1; Gráfico 5.3).

Quadro 5.10.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude C, setor 1), Tomás *et al.*, (2006)

Descont.	SMR básico		Probabilidade (%), proposta por Tomás <i>et al.</i> , (2006)	
	P	T	planar	por tombamento
J1	69	72	31%	28%
J2	69	72	31%	28%
J3	69	75	31%	25%

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

Quanto à relação importa aferir que à medida que aumenta o valor da SMR diminui a probabilidade de haver rotura tanto planar como por tombamento (Gráfico 5.3).



Gráfico 5.3 - Relação entre SMR_{básico} e probabilidade de rotura (Talude C, setor 1).

Aplicação da classificação a RMR (Bieniawski, 1989), Setor 2

Aplicou-se o cálculo do $RMR_{básico}$ (equação 3.1, Bieniawski, 1989) obtendo um valor de 58. A equação 3.2 – cálculo da RMR_{final} foi aplicada o Ajustamento da $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989), resultando em 53. Este maciço rochoso pertence a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 - 300 KPa (Quadro 5.11).

Quadro 5.11: Classificação do maciço rochoso do Talude C, setor 2, RMR de Bieniawski (1989)

Setor 2		
Parâmetros	Descrição	Valor ponderado
Resistência de materiais rochosos (MPa)	25 - 50 MPa	4
Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	80%	17
Espaçamento entre descontinuidades	70 - 1700 mm	15
Persistência	10 – 20 m	1
Abertura	1 - 5 mm	1
Rugosidade	ligeiramente rugoso	3
Enchimento	enchimento mole < 5mm, marga	2
Percolação	ligeiramente húmido	10
Estado de meteorização	ligeiramente alterado	5
		$RMR_{básico}=58$
aplicado o ajuste para talude (-5), $RMR_{final} = 58 - 5 = 53$		

Aplicação da classificação SMR com base ao $SMR_{básico}$ para cada família de descontinuidade, Romana (1993)

As relações entre as orientações das famílias das descontinuidades presentes no talude e a direção do talude, resultaram em $SMR_{Básico}$ concentrada entre 63 - 73, intervalo que clasifica de bom, de estável, com o aparecimento de alguns blocos de forma ocasional (Quadro 5.12).

Os fatores de ajuste das descontinuidades em relação às famílias (J1, J2 e J3) ficaram avaliados em:

J1 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 1,0 – 0,15, considerados variáveis entre muito favorável a muito desfavorável < 5° e (> 30°); F2 concentrada entre 0,4 a 1,0, com ângulos entre (30° - 20°) e maior de 40°, favorável e muito desfavorável; F3 entre 0 e (-25), muito favorável e normal (Quadro 5.12);

J2 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,3 – 0,15, considerado de muito favorável a muito desfavorável (30° - 20°) – (> 30°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a valores de (0), muito favorável (Quadro 5.12);

J3 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,3 – 0,15, considerado de muito favorável a muito desfavorável (30° - 20°) – (> 30°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3, igual a valores de (0), muito favorável (Quadro 5.12).

Quadro 5.12 - Classificação de rotura do Setor 2, Talude C, SMR_{básico} de Romana (1993)

			Fatores de ajuste						RMR básico	SMR básico		SMR final	
			F1		F2		F3		F4				
	Dir.	Pend.	P	T	P	T	P	T		P	T		
J1	N25°E	SubVT	1,0	0,15	0,4	1,0	-25	0	+15	58	63	73	58
J2	N60°W	60°E	0,3	0,15	1,0	1,0	0	0	+15		73	73	
J3	N50°W	60°E	0,3	0,15	1,0	1,0	0	0	+15		73	73	
Talude: N25°E; 80°W													

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

O estudo e avaliação da estabilidade realizado para cada descontinuidade, indica que todas as famílias presentes no talude (J1, J2 e J3), propiciam em muito pouco provável acontecer rotura planar assim como por tombamento, com probabilidades de roturas entre 27 - 37% (Quadro 5.12.1; Gráfico 5.4).

Quadro 5.12.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude C, setor 2), Tomás *et al.*, (2006)

Descont.	SMR básico		Probabilidade (%), proposta por Tomás <i>et al.</i> , (2006)	
	P	T	planar	por tombamento
J1	63	73	37%	27%
J2	73	73	27%	27%
J3	73	73	27%	27%

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

Quanto à relação importa aferir que à medida que aumenta o valor da SMR diminui a probabilidade de haver rutura tanto planar como por tombamento.

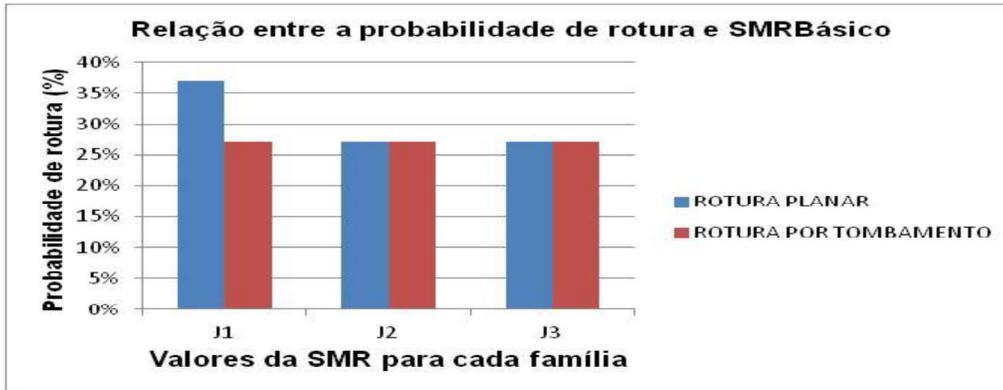


Figura 5.4 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude C, setor 2).

5.2.4 - Talude de escavação do Cambambi (Talude D)

Aplicação da classificação a RMR (Bieniawski, 1989)

Aplicou-se o cálculo do $RMR_{básico}$ (equação 3.1, Bieniawski, 1989) obtendo um valor de 56. A equação 3.2 – cálculo da RMR_{final} foi aplicada o Ajustamento da $RMR_{básico}$ (Bieniawski, 1989), resultando em 51. Este maciço rochoso pertence a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 - 300 KPa (Quadro 5.13).

Os setores 1 e 2 do talude do Cambambi apresentaram os mesmos valores de ponderação, razão justificada para a única tabela de resumo.

Quadro 5.13 - Classificação do maciço rochoso dos Setor 1 e 2, Talude D, RMR de Bieniawski (1989)

Setores 1 e 2		
Parâmetros	Descrição	Valor ponderado
Resistência de materiais rochosos(MPa)	25- 50 MPa	4
Índice da Qualidade da rocha (IQR)	90%	20
Espaçamento entre descontinuidades	80 - 1450	15
Persistência	10 – 20m	1
Abertura	1- 5mm	1
Rugosidade	Ligeiramente rugosa	3
Enchimento	Enchimento mole < 5mm, Marga	2
Percolação	húmido	7
Estado de meteorização	Moderadamente alterado	3
		$RMR_{básico} = 56$
aplicado o ajuste para talude (-5), $RMR_{final} = 56 - 5 = 51$		

Aplicação da classificação SMR com base no $SMR_{básico}$ para cada as família de descontinuidade (Romana, 1993)

As relações entre as orientações das famílias das descontinuidades presentes no talude e a direção do talude, resultou em $SMR_{Básico}$ igual a 56, valor que classifica de razoável, de

parcialmente estável, com o aparecimento de fluxos de terra e detrito, por vezes alguns blocos de forma ocasional (Quadro 5.14).

Os fatores de ajuste das descontinuidades em relação às famílias (J1, J2 e J3) ficaram avaliados em:

J1 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores entre 0,0 – 0,2, considerados de muito favorável e; F2 consentrada entre 0,4 a 1,0, com ângulos entre (30° - 20°) e maior de 40°, favorável e muito desfavorável; F3 entre 0 e (-50), muito favorável à desfavorável (Quadro 5.14);

J2 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores 0,1, considerado de muito favorável (> 30°); F2 igual a 1,0, com ângulos maior de 40°, muito desfavorável; F3 igual a valores de (0), muito favorável (Quadro 5.14);

J3 - (F1, F2, F3) – F1, igual a valores 1,0, considerado de muito desfavorável a muito desfavorável (10° - 5°); F2 varia entre 0,4 a 1,0, com ângulos entre (30° - 20°) e maior de 40°, sendo de favorável a muito desfavorável; F3 igual à valores de (0), de muito favorável (Quadro 5.14).

Referir que foi feito o diagnóstico das possíveis roturas nos setores 1 e 2 tendo resultado os valores apresentados no Quadro 5.14.

Quadro 5.14 - Classificação de rotura no Talude D, Setores 1 e 2, $SMR_{básico}$ de Romana (1993)

Setores 1 e 2													
Descontinuidades			Fatores de ajuste							RMR básico	SMR básico		SMR final
			F1	F1	F2	F2	F3	F3	F4				
	Dir.	Pend.	P	T	P	T	P	T			P	T	
J1	N20° W	SubVT	0,0	0,2	0,4	1,0	-50	0,0	0	56	56	56	56
J2	N70° W	SubVT	0,1	0,1	1,0	1,0	0,0	0,0	0		56	56	
J3	N25° E	15°E	1,0	1,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0		56	56	
Talude: N25°E; 80° NW													

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

O estudo e avaliação da estabilidade realizado para cada descontinuidade, indica que todas as famílias presentes no talude (J1, J2 e J3), propiciam em muito pouco provável acontecer rotura planar assim como por tombamento, com probalidades de roturas em 44% (Quadro 5.14.1; Gráfico 5.5).

Quadro 5.14.1 - Resumo da probabilidade de rotura no setor estudado (Talude D, setores 1, 2), Tomás *et al.*, (2006)

Descont.	SMR básico		Probabilidade (%), proposta por Tomás <i>et al.</i> , (2006)	
	P	T	planar	por tombamento
J1	56	56	44%	44%
J2	56	56	44%	44%
J3	56	56	44%	44%

P – rotura planar; (T) – rotura por tombamento; J1, J2 e J3 – famílias das descontinuidades

Quanto à relação importa aferir que a medida que aumenta o valor da SMR diminui a probabilidade de haver rotura tanto planar como por tombamento.

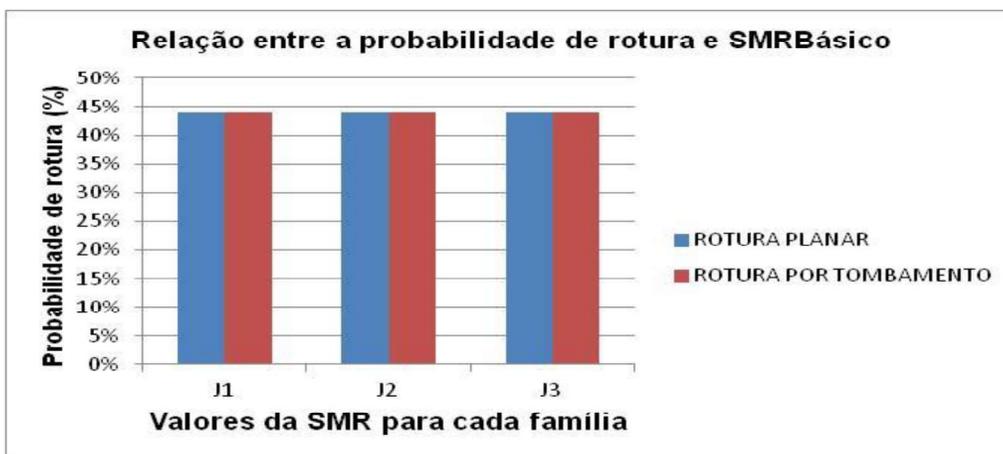


Gráfico 5.5 - Relação entre $SMR_{básico}$ e probabilidade de rotura (Talude D, setores 1 e 2).

5.3 – Relação entre SMR_{final} de cada talude e probabilidade de rotura (%).

Os estudos realizados em setores selecionados dos maciços rochosos da área periurbana da comuna da Catumbela, indicam para todos os taludes, qualidades razoáveis, ângulo de atrito de 25 – 35° e coesão do maciço em 200 – 300 KPa (Quadro 6.1).

Quanto a relação existente entre a SMR_{final} e probabilidade de rotura, foram diagnósticos resultados dos menores valores da SMR_{final} representativos dos taludes, que indicam setores mais instabilizados, sendo: TA igual a 53; TB igual a 61; TC (SC1) igual a 69; TC (SC2) igual a 58; TD igual a 56 (Quadro 6.1).

Quadro 6.1 – Resumo das probabilidades de roturas em relação ao menor valor da SMR (Taludes , B, C e D).

Talude	Setor	RMRfinal	Classe	SMRfinal	Classe	P(%) de rotura	Tipo de rotura
A	único	53	III	53	III	47%	Muitos fluxos de terra e detritos; alguns blocos ocasionais; algumas por cunha.
B	único	51	III	61	II	39%	pouco fluxos de terra e detritos; alguns blocos ocasionais; algumas por cunha.
C	Sec 1	56	II	69	II	31%	pouco fluxos de terra e detritos; e alguns blocos ocasionais
	Sec 2	53	III	58	III	42%	muitos fluxos de terra e detritos; alguns blocos ocasionais; e ainda algumas por cunha
D	Sec 1	51	III	53	III	47%	muitos fluxos de terra e detritos; alguns blocos ocasionais; e algumas por cunha
	sec 2	51	III	51	III	49%	muitos fluxos de terra e detritos; e alguns blocos ocasionais; e algumas por cunha

As probabilidades de roturas dos quatros taludes estudados, concentram-se entre 31-49%, significando muito pouco provável acontecer roturas planares e por tombamento, mas sim muitos fluxos de terra e detritos, ainda alguns blocos de forma ocasionais, como foi observado no trabalho de campo.

Capítulo VI - Análise das soluções a aplicar.

Existem vários tipos de medidas como as preventivas, as de contenção e obras de estabilização de taludes disponíveis na engenharia nos dias de hoje. A escolha por um ou outro método depende do tipo de problema a ser resolvido, viabilidade de execução e viabilidade financeira do projeto a ser desenvolvido. Vale aqui lembrar que cada caso é um caso e portanto, antes de mais nada, a adoção de uma solução deve ser analisadas em estudos cuidadosos.

Os estudos, as avaliações dos maciços rochosos e suas análises cinemáticas, resultaram com o enquadramento de todos os taludes quanto a RMR_{final} , na classe a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 - 300 KPa, enquanto que para a SMRBásico foram enquadrados os talude TB e SC1 do talude C, na classe II, bom, estável, com aparecimento de quedas de blocos de forma ocasional, e para os taludes TA, SC2 do talude TC e TD, na classe III, qualidades razoáveis, parcialmente estável, com fluxos de terra e detritos, algumas por cunha, e alguns blocos de forma ocasional.

Ao longo do trabalho de campo observaram-se algumas instabilidades que não deixam os habitantes seguros, tanto em áreas habitacionais assim como em vias de comunicação, porque são constantemente apanhados de surpresas, por movimentos como: fluxos de terra e detritos; queda de blocos; desabamentos de casas e muros. Estas instabilidades tem provocado inúmeros desastres com vítimas mortais, ferimentos graves e destruição de bens.

6.1 - Causas que influenciam na estabilidade dos taludes/ vertentes estudados

Durante o período de estudo, foram feitas muitas observações, mantiveram-se diálogos com autoridades locais, tradicionais e residentes nos taludes estudados para uma análise mais detalhada dos eventos comumente observados ao longo dos anos anteriores e recentes, concluindo em:

1. Todos os taludes estudados são predominantemente identificadas por litologias formadas por intercalações de calcários, margas e gesso (estratificação);
2. A ausência das valas de drenagens em todos os taludes; Alturas acentuadas registadas nos taludes, sendo em taludes A, B e C com inclinação de 60°, enquanto para o talude D confere 80° de inclinação, considerados como

escarpas, segundo Gupta & Albalagan, 1997; Darka & Kanungo, 2004 citados por Tomás *et al.*, (2006);

3. A qualidade dos materiais utilizados na construção de habitações (adobes, constituídas basicamente por margas) e as edificações de muros de contenção e proteção sem parâmetros geológico-geotécnico) (Presse *et al.*, 2006);
4. As chuvas intensas constituem o fator chave desencadeante das instabilizações;
5. Relação das atitudes das descontinuidades com as dos taludes;
6. O crescimento exponencial da ocupação de taludes/vertentes sem planos urbanísticos.
7. A presença de animais ao longo dos taludes.

6.2 - Consequências da instabilidade dos taludes/ vertentes estudados

No capítulo 4, foram apresentados eventos recentes e consequências derivados dos fatores internos e externos, e que culminaram em:

1. Evidências do descalçamento das bases dos calcários, por causa da diferença de resistências a erosão e desagregação superficial das margas, geralmente muito fraturadas, exibindo grandes facilidades de alterações, deixando assim camadas de calcários sem suporte, que potenciam a queda de blocos com consequências alarmantes, quando atingem habitações, trausentes, meios de transportes, e criam embaraços nas vias de comunicações, Leal Gomes & Quinta-Ferreira, (2010);
2. As deficiências das valas de drenagens em todos os taludes estudados, dificultam o escoamento das águas pluviais e residuais e como consequências acumularam-se águas no interior dos muros, que diminui significativamente a resistência do material, culminando com os desabamentos de habitações, muros e inundações das vias de comunicações, processo resultante da diminuição do atrito interno (e com isso, a resistência ao movimento) e a lubrificação dos planos de fraquezas do material (Presse *et al.*, 2006);
3. Presença da água no talude, reduziu a estabilidade dos taludes ao diminui a resistência do terreno e aumentou as forças tendentes a instabilização;
4. As precipitações influenciaram na estabilidade ao modificar a quantidade de água no terreno, proporcionando trocas nas estruturas das descontinuidades que deu lugar a desgaste da resistência;

5. As inclinações acentuadas observadas em todos taludes fazem com que aumente a declividade, e como consequência também o aumento da velocidade do material em queda, devido à ação da força de gravidade (Presse *et al.*, 2006);
6. As alterações constantes dos taludes por ações antrópicas, contribuíram de forma significativa no aumento das instabilidades dos taludes, potenciando as quedas de blocos, fluxos de detritos e terra;
7. Proliferação das habitações em zonas de riscos, dificulta a instalação de serviços básico relativo ao saneamento básico e a intervenção dos serviços dos bombeiros e proteção civil.

6.3 - Soluções à adotar com vista a minimizar ou estabilizar os taludes/vertentes estudados.

A população que ocupa os taludes estudados, representa 90% da população residente na Comuna da Catumbela, pelo que até este ano só foram distribuídos 200 lotes para construções de residências em zonas supostamente seguras (Bairro do Alto Niva). Os resultados dos inquéritos aferiram que as populações que habitam estas zonas, são na sua maioria de baixa renda, o que dificulta de certo modo o abandono de casas em que habitam, apesar dos riscos em que estão expostos.

Em todos taludes estudados verificaram-se roturas, caracterizadas por movimento de blocos por rolamento, causadas principalmente por ação da água, descalçamento da base dos Calcários por erosão; fluxos de terra e detritos, motivados por ações internas e externas.

6.3.1 - Medidas estruturais

O metodos aplicados na avaliação de estabilidade no caso a RMR e a SMR, indicam algumas medidas de contenção que vão desde ocasionais, sistemáticas, corretivos e de reescavação.

Para os taludes estudados, os resultados verificados apresentam instabilidades que varia entre 22 – 49%, valores não muito alarmantes, mas que precisam de intervenções a curto prazo, como é o caso do TD em função de estar localizado ao longo da via de comunicação, com inteções de proteger os veículos e as pessoas que ali circulam.

- Para todos os taludes e em especial o TD (rodovia), é urgente a intervenção com técnicas de contenção, sendo as redes metálicas, construção de valas de drenagens no topo e no pé do talude e a retirada ou fixação de blocos instáveis, são os mais aconselhados.

- Para obras de grandes custos financeiros e de médio a longo prazo (reperfilamento, construção de muros de gabiões, betão projetado, ancoragens), propostas para todos os taludes, recomenda-se um estudo profundo com os engenheiros de construção civil.

Medidas de estabilização - implementação de obras de drenagem superficiais para evitar a infiltração das águas nas descontinuidades.

Para moradias e desabamentos de muros em todos os taludes estudados: os sistemas construtivos devem incluir materiais mais resistentes, principalmente paredes, muros e estruturas que possam servir como contenção de solo, com impermeabilização, tubulações hidráulicas estanques (não ter vazamentos), enquanto que as águas pluviais devem ser captadas nos telhados e as áreas livres necessitam de uma destinação adequada, impedindo o despejo sobre terrenos e aterros desprotegidos.

6.3.2 - Medidas não estruturais

A existência de um sistema educativo eficaz, que gere e difunda uma cultura de prevenção, é o melhor instrumento para reduzir os desastres, sendo que essa educação deve abranger todos os níveis e sociedades com o propósito de:

- Promover a cultura de prevenção, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais nos manuais de ensino;
- Melhorar as políticas de inclusão na concessão de terras, sobretudo das populações que habitam em zonas de risco.

Capítulo VII - Conclusões e Recomendações

O trabalho realizado nesta dissertação, preconizou o estudo e avaliação da estabilidade dos taludes situados nas zonas peri-urbanas da Comuna da Catumbela, município da Catumbela, em Benguela. Esta região está caracterizada por proliferação de habitações, ausência de valas de drenagem, presença de lixos, presença de animais, e alterações constantes na geometria dos taludes, provocando de certa medida instabilidades, que resultou das chuvas de 11 e 18 de Março de 2015, cerca de 13 habitações destruídas, inúmeros desabamentos de muros, com uma vítima mortal no bairro do Chimbuila, obstruções de vias de comunicação com destaque na rodovia do bairro do Cambambi.

A área de estudo possui um relevo muito acentuado com inclinações até 80°, e declividades superiores a 30%, e essas zonas são habitadas e circuladas por pessoas. Nos dias em que cai chuva é fácil observar o solo predominante, pela acumulação das águas e escorregadios, mostrando de fato a maior plasticidade das argilas, que formam as margas.

Os taludes estudados enquadram-se em rochas sedimentares, no Albiano Superior (**Alb₃**), unidade que corresponde FM **Quissonde (QS)**, rica em calcários, margas e gesso, definida para as Bacias do Kwanza e Sub-bacia de Benguela. E também observado depósitos de terraço pertencentes ao Plistocénico que são visíveis no topo dos taludes estudados.

Neste trabalho realizou-se o estudo e avaliação da estabilidade dos taludes situados entre os bairros do Ácala - Chimbuila o talude A, poli- Tata Talude B, no Bairro do Lombolouque Talude C, zona 3, Bairro do Cambambi o Talude D, presedeu-se a definição de três fichas de trabalho que possibilitaram aferir as situações da estabilidade. Destas fichas constaram parâmetros definidos:

Para RMR propostas por Bieniawski, (1989), sendo seis: P1- Resistência à rotura em compressão uniaxial da rocha intacta; P2- RQD ou IQR “Rock Quality Designation”; P3 - Espaçamento das descontinuidades; P4 - Condições das descontinuidades: (orientação, Persistência, Abertura, Rugosidade, Enchimento e alteração); P5 - Presença de água nas descontinuidades e P6 um fator de ajustamento devido a orientação das descontinuidade que pode variar de (- 50) a 0 para taludes/ vertentes.

Para SMR proposta por Romana, (1993), sendo os fatores de ajustes das descontinuidades (F1, F2 e F3), que se relacionam com as orientações dos taludes (direção e pendor) e a definição de medidas de intervenções.

O estudo e avaliação dos maciços rochosos e sua análise cinemática, resultou com o enquadramento de todos os taludes quanto a RMR_{final}, na classe a classe III, maciço rochoso de qualidade razoável, Ângulo de atrito entre 25 – 35°, e Coesão do maciço 200 - 300 KPa, enquanto que para a SMRBásico foram enquadrados os talude TB e SC1 do talude C, na classe II, bom, estável, com aparecimento de quedas de blocos de forma ocasional, e para os taludes TA, SC2 do talude TC e TD, na classe III, qualidades razoáveis, parcialmente estável, com fluxos de terra e detritos, algumas por cunha, e alguns blocos de forma ocasional.

Para os taludes estudados, os resultados verificados apresentam probabilidades de instabilidades na ordem 22% a 49%, valores não muito alarmantes, mas que precisam de intervenções a curto prazo, como é o caso do TD em função de estar localizado ao longo da via de comunicação, com intenções de proteger os veículos e as pessoas que ali circulam.

- Para todos os taludes e em especial o TD (rodovia), é urgente a intervenção com técnicas de contenção, sendo as redes metálicas, construção de valas de drenagens no topo e no pé do talude e a retirada ou fixação de blocos instáveis, são os mais aconselhados.
 - Para obras de grandes custos financeiros e de médio a longo prazo (reperfilamento, construção de muros de gabiões, betão projetado, ancoragens), propostas para todos os taludes, recomenda-se um estudo profundo com os engenheiros de construção civil.
 - Promover a cultura de prevenção, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais nos manuais de ensino;
 - Melhorar as políticas de inclusão na concessão de terras, sobretudo das populações que habitam em zonas de risco.
- Para este trabalho pretendeu-se:
- Analisar as condições geomecânicas dos taludes e avaliar sumariamente as suas condições de estabilidade, possibilitando reduzir os riscos;
 - Fornecer suporte à engenharia civil, especialmente à geotecnia, com informações sobre os maciços rochosos, onde estarão apoiadas as estruturas propostas para estabilidade ou técnicas de contenção dos taludes/vertentes estudados, aproximando de certa forma as qualidades exibidas pelos maciços às medidas de estabilização necessárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACC (2014). Inquérito aplicado ao Administrador e Chefe de Secretaria Comunal. Administração Comunal da Catumbela.

ALBERTO, J. P. (2010). Avaliação dos Processos de Instabilidade do Talude da Capelinha da Nossa Senhora do Monte, Lubango- Angola. (tese de Mestrado).Coimbra. FCTUC.66p.

AMARAL, ILÍDIO DO (1963).Tendências da Geomorfologia. *in* Artigo de revista. 12p.

ANDRADE, P.G.S. (2008). Estudo das principais características das descontinuidades. Coimbra: Departamento de Ciências da Terra – FCTUC.43p.

ANDRADE, A. R. S.; BRITO, J. I. B.; GUERRA, H. O. C.; XAVIER, J. F., (2009). Aplicação da probabilidade e do processo de cadeia de Markov na análise da ocorrência de períodos secos e chuvosos para o município de Garanhuns. *In* *Ambi – água, Tambeté*. Brasil. Vol.4, nº1, pp. 169 – 182.

ANDRÉ, I., ANDRANDE, P.S., CALLAPEZ, P.M. (2015). Situações de instabilidades nas estradas de Tundavala, Caholo e Serra da Leba (SW Angola). *in* *Revista Angolana de Ciência*.Ano 2.nº1. Lubango.pp 129 – 131.

BASTOS, A. (1912). Monografia da Catumbela. Lisboa: Sociedade de Geografia de Lisboa. 100p.

BIENIAWSKI, Z. (1989). Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. USA. John Wiley & Sons. 251p.

BONDO, H. F. (2014).Listoestratigrafia e Modelo Sedimentar da Bacia do Cuanza (NW de Angola). (Dissertação de Mestrado em Geologia). Porto. 96p.

BUTA-NETO, A., TAVARES, T.S., QUESNE, D., GUIRAUD, M., MEISTER, C., DAVID, B. & MORAIS, M.L. (2006). Synthèse préliminaire des travaux menés sur le bassin de Benguela (Sud Angola): implications sédimentologiques et structurales. *África Geoscience Review*, vol.13 (3), pp. 239-250.

CAIÚVE, A.D.B. (2014).Estudo da erosão Costeira e da instabilidade de arribas rochosos da área da Caota e Sombreiro.Benguela – Angola. (Dissertação de Mestrado). Coimbra. FCTUC.93p.

CAMELA, R.D.F., ANDRADE, P.S.,TONICHER, P.C. (2015). Estudo de Situações de instabilidade de Vertentes e Taludes na Caota – Benguela. *in* *Revista Angolana de Ciência*. Ano 2, nº 1. Lubango.pp 138 – 139.

CARVALHO, B.L.E. (2015). Caracterização Geológica e análise da instabilidade das arribas na orla costeira entre a praia da Jomba e o Lobito Velho, Lobito (Angola). *in* *Revista Angolana de Ciência*. Lubango. Ano 2, nº 1. Lubango.pp 135 – 137.

CARVALHO, P.A. (1991). Taludes de Rodovia: Orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: IPT, 338p.

Carvalho, M. L. S., (2009).Economia, Sociologia e Desenvolvimento rural. Acta do Iº encontro Luso – Angolano.U. Évora de 16 a 18 de Outubro de 2008. 575 p.

CHOFFAT, P. (1886). XIX – Geologia sobre os terrenos sedimentares das províncias de África e considerações sobre a geologia deste continente.*In* *Jornal do Commercio*, ano XXXIV, nº 9926, 31 de Dezembro. (Lisboa).6p.

CRUZ, J.R. (1940). O Clima de Angola. Elemento de climatologia.Lisboa. 96p.

DEERE, D.U., HENDRON, A.J., PATTON, F.D., CORDING, E. J. (1967) - Design of surface and near surface construction in rock. *In* Failure and breakage of rock, proc. 8th U.S.symp. Rock mech., C. Fairhurst (Ed), New York, pp. 237-302.

DERNA, M.M. (2011). As instabilidades de taludes e vertentes na região do Lobito e Catumbela, Angola. Dissertação de Mestrado. Coimbra. FCTUC. 66p.

DEVELOPMENT WORKSHOP (2002). Estudo para uma Estrutura Legal e Institucional para Melhoria dos Direitos a terra e Habitação em Área Peri-Urbanas de Angola. Solicitado pelo Ministério das Obras Públicas e Urbanismo de Angola, Grupo técnico Ad-hoc para o Habitat e United Nations Programme for Human Settlements- Habitat. Luanda. 136p.

DIÁRIO DA REPÚBLICA DE ANGOLA (2007). TÍTULO IV- Capitulo I: Natureza, atribuição e Competência das Administrações comunais, Artigo 68º, ponto 2, f - Controlar, acompanhar e apoiar a auto-construção dirigida; g - promover a abertura de caminhos vicinal. 1ª Série Conselho de Ministros 2/2007. pp 26 – 44.

DIÁRIO DA REPÚBLICA DE ANGOLA (2011). Plano Estratégico de Gestão do Risco de Desastres. Decreto Presidencial nº 103/11. Luanda. I série- nº5 de 23 de Maio de 2011, pp. 2961- 2971.

DIÁRIO DA REPÚBLICA DE ANGOLA (2013). Plano Estratégico de Gestão do Risco de Desastres. Decreto Presidencial nº 9/13. Luanda. 1ª série- nº22 de 31 de Janeiro de 2013, 250p.

DIÁRIO DA REPÚBLICA DE ANGOLA (2013). Plano Nacional Estratégico para Água 2013 - 2017. *Diário da República, I série, n.º 22 - Decreto Presidencial n.º9/13*, pp. 250-284.

DINIS, P., MANTAS, V., ANDRADE, P., TONECAS, J., KAPULA, E., PERREIRA, A. (2013). "Contribution of TRMM rainfall data to the study of natural systems and risk assessment. Cases of Application in SW Angola". *Estudos do Quaternário*, nº 9, pp.33 – 43.

DINIZ, A. C. (1998). Angola, o meio Físico e potencialidades agrícola, 2ª Edição Revista, 59p.

DINIZ, A.C. (2006). Características Mesológicas de Angola: Descrição e Correlação dos Aspectos Fisiográficos, dos solos e da vegetação das Zonas Agrícolas Angolanas. Lisboa: IPAD. 56p.

DINIZ, A.C. & AGUIAR, F.Q. (1969). Regiões Naturais de Angola. Artigo de revista, Série Científica, nº 7. 6p.

FEIO, M. (1960). As praias levantadas da região do Lobito e da Baía Farta. *In* G. de Orta, Angola Pleistocene, Vol. 8, pp.357 - 370.

FEIO, R. & PEREIRA, A. (2009). Nova Ponte Sobre o Rio Catumbela "Ponte 4 de Abril". Benguela. 86p.

FEIO, M. (1946). O relevo de Angola Segundo Jessen. *Boletim da Sociedade de Ciências Geológicas de Portugal*, 3, (5), 267-294.

FONTINHAS, A. M. P. (2012). Aplicação do RMR na Avaliação da Estabilidade de Taludes de Escavação em Grauvaques da Formação de Mértola. (Dissertação de Mestrado). Lisboa FCT U - Nova Lisboa. 97p.

FUKIADY, T. (2015). "Chuva normal, mas em mais horas". *In* Semário Nova Gazeta, ano 3, nº143. pp. 2-3.

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, 40p.

GALVÃO, C.F., SILVA, Z. (1972). Carta Geológica, folha n.º 227-228 Lobito, escala 1:100000. Luanda.

GONÇALVES, G. ND. (2011). Avaliação dos processos de instabilidade da vertente do bairro “ A Luta Continua” Lubango – Angola. (Dissertação de Mestrado).Coimbra. FCTUC, 74p.

GUIRAUD, M., BUTA-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.

HONRADO, J., MARTINS, F., CALEJO, M. J., DOS SANTOS, H. K., DAVID, J. M. (2011). Plano Nacional Director de Irrigação de Angola: Uma síntese dos estudos. A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícola: actualidade e desafios futuros - Jornadas Técnicas APRH. Luanda. 17p.

HOEK, E. & BRAY, J.U. (1981). *Slope engineering*, Rised third edition, the institution of mining and metallurgy. London. pp. 1- 358.

INAMET (2013). Relatório: Actualização da Previsão Sazonal para Época 2013/2014 referente ao período de Janeiro-Feveireiro-Março 2014(SADC).SARCOF-17. Luanda.8p.

INE,(2014).Resultados Preliminares do Recenseamento Geral da População e Habitação. Luanda.137p.

IPT (1991). Principais Tipos de Problemas Encontrados em Taludes Rodoviários.S.Paulo. 41p.

ISRM, (1978).Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech.Abstr.* 15, pp. 319-368.

ISRM,(1981).Rock Characterization Testing and Monitoring-ISRM.Suggested Methods. E.T. Brown (ed). Pergamon.Oxford, England. 211p.

JUNIOR, A. P.& LONGO, O. C. (2010). Análise dos Movimentos de Massa em área Urbana:Caso do Bairro Dom Gocondo. IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão:Energia, Inovação, Tecnologia e complexidade para a Gestão Sustentável. Niterói, RJ, Brasil.UFF.P. pp.1–19.

KÖPPEN, W. & R. GEIGER, (1954): *Klima der Erde (Climate of the earth)*. Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha. [map](#).

LEAL GOMES, M.,QUINTA-FERREIRA, M. (2010). “Nota sobre factores condicionantes da estabilidade de taludes em algumas regiões de Portugal”. 12º Cong. Nacional de Geotecnia, pp. 773-782. Guimarães, 26-29 Abril.

LIALUNGA, C.(2015).Estudo das situações de instabilidade de talude na área da Catumbela - Benguela, Angola (Dissertação de Mestrado). Coimbra. FCTUC. 84p.

KAPULE, E., ANDRADE, P.S., DINIS, P. (2015). Análise de instabilidade da Serra da Leba. *in Revista Angola de Ciência*. Lubango.Ano 2, nº 1. Lubango.pp.146 – 147.

MARZOLI, A., MELLUSO, L., MORRA, V., RENNE, P.R., SGROSSO, I., D'ANTONIO, M., DUARTE MORAIS, L., MORAIS, E.A.A. & RICCI, G.(1999).Geochronology and petrology of Cretaceous basaltic magmatism in the Kwanza Basin (western Angola) and relationships with the Parana-Edenteka continental flood basalt province. *J. Geodyn.*, 28, pp.341–356.

NEGALLI, A. (2010).Estabilidade de taludes em rocha com aplicação de escâner a laser – caso da mina saivá, rio branco do sul, Dissertação de Mestrado. Curitiba. Universidade Federal do Paraná. 146p.

PAULO, A. (1945). Colónia de Angola: Elementos meteorológicos e Climatológicas. Observatório Meteorológico e magnético "João Capelo". Luanda. Imprensa Nacional. 104p.

PALANGA, L.B., DUARTE, L.V., TAVARES, A. (2015). Caracterização Geológica e análise da instabilidade na orla costeira entre as Praias da Hanha e da Jomba (Lobito, Angola). *in* Revista Angola de Ciência. Lubango. Ano 2, nº 1. Lubango. pp 152 – 153.

PIRES, N. M.G. (2009/2010). Concepção e Dimensionamento das Obras de Conteção dos Taludes da Tomada de Água do Reforço de Potência de Bemposta. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 223p.

PINOTTI, A.M. & CARNEIRO, C. DAL RÉ, (2013). Geologia estrutural na previsão de contenção de queda de blocos em encostas: Aplicação no granito Santo. *In* Artigo: Terra e didáctica. SP. pp. 132-168.

PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (2012). Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017. 234p.

PREGO, G.J. (2010). Estudo das Instabilidades de taludes na estrada Lubango–Humpata , EN 280 (Angola). (Dissertação de Mestrado). Coimbra. FCTUC. 83p.

PRETO, R., FERNANDES, I., RIBEIRO, M.A., (2014). Avaliação da estabilidade de um talude rochoso. *In* Comunicações Geológicas, especial III. Porto. pp 1143 – 1146.

PRESSE, F., SILVER, R., GROTZINGER, J. & JORDAN, T.H., (2006). Para entender a Terra. 4ª ed. Impresso no Bazil. S. Paulo. 45p.

QUESNE, D., BUTA-NETO, A., BENARD, D., & GUIRAUD, G. (2009). Distribution of Albian clastic deposits in the Benguela basin (Angola): evidence of a Benguela paleocurrent? *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 180 (2). pp. 117-129.

RODRIGUES, A. CR. B., (2014). Simulação Hidrológica de Cheias na Bacia do rio Cavaco em Angola, (Tese de mestrado). Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 81 p.

ROMANA, M. (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. *International Symposium on the role of rock mechanics, ISRM*, pp 49 – 53.

ROMANA, M. (1993). A geomechanical classification for slopes: Slope Mass Rating. *In*: J. A., Hudson (Ed.). *Comprehensive Rock Engineering*. Vol.3. Pergamon Press, London, pp 3 – 45.

ROOSBROECK, V., BETTENCOURT, J. & HUONGO, A. (2006). Atualização do Perfil Ambiental de Angola. Luanda. 95p.

ROSANTE, K. T. (2013). Evolução termocronológica do sudoeste de Angola e correlação com o sudeste brasileiro: Termocronologia por traços de fissão em apatita. (Dissertação de Mestrado). Rio Claro- Brasil. Instituto de Geociências e Ciências Exatas- UNESP. 116p.

SAQUE, P.E. (2013). Estudo da erosão Costeira de Arribas entre o sto. António e Caota (Benguela). Tese de mestrado em Geociências – Ambiente e Ordenamento do Território. DCT, Universidade de Coimbra. 80p.

SOMA, E. TCH. (2011). Caracterização faciológica e litostratigráfica das unidades cretácicas ao longo do rio Catumbela – Lobito (Angola). (Tese de Mestrado). Coimbra. FCTUC. 84p.

SWECO. (2005). *A Rapid Water Resources and Water Use Assessment for Angola – Final Report*. Luanda, Angola.

STARK, D.M (Coordinator)., A. ALAGOA, T. BAIRD, D. BELAUD, M. CHORRON, K. DODDS, S. DOMZALSKI, O. FAIVRE, C. FOSSET, M. GIBBS, F. JOLI, R. KUMAR, G. LANE, (GECO), L.LEFÈVRE, C. MARCA (DOWELL SCHLUMBERGER), V. MIRANDA, D. MOTET, M. POUSSET, G. SÉGÉRAL, O. SERRA, T. H. TAN, P. TRAYNER (GECO), N. VAROTSIS, P. VERGEL, D. VU HOANG, C. WALKER (GECO), & J. P. YVER. (1991). Well evaluation conference/Avaliação de Formações, Angola, Petroleum Geology/Geologia Petrolífera. Schlumberger Conference Proceedings, 95p.

TOMINAGA, L.K., SANTORO, J. & AMARAL,R. (2009). Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. 1.ª Edição ed., São Paulo,197p.

TOMÁS, R., CANO, M., CAÑAVARAS, J.C., CUENCA, A., DELGADO, J., ESTÉVES, A., PINA, J.A. (2006). Nuevas funciones continuas para el cálculo del slope mass rating (SMR): Aplicación mediante un sistema de información geográfica a los taludes rochosos de una Cantera. *In* Revista de la sociedad Geológica de España, 19 (1-2).pp 87 – 97.

TAVARES, T., MEISTER, C., DUARTE-MORAIS, M.L. & DAVID, B.(2007). Albian ammonites of the Benguela Basin (Angola): a biostratigraphic framework. *South. Afr. J. Geol.*, 110, 137–156.

TCHIKWALA, E. F. (2010). Caracterização físico-química e avaliação de impactes antrópicos na água do rio Catumbela-Benguela. Dissertação de Mestrado. Univ. Coimbra. Portugal. 8-25.

VALLEJO, G.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. & OTEO, C. (2002). Ingeniería geológica. Prentice Hall, Madrid, 715p.

VICTORINO, A. DA MATA L. (2011). GeoKwanza: Desenvolvimento de um WebSIG para a Geologia Sedimentar da Bacia Sedimentar do Kwanza.Dissertação de Mestrado.Lisboa.68p.

VILAÇA, C. S. (2009): Adaptação do caderno de encargos tipo da ex-jae a estradas municipais de baixa velocidade. Mestrado Integrado em Engenharia. Departamento de Engenharia Civil.U.P. 486p.

Consultas em Páginas eletrónicas

GOOGLE EARTH (2014) e (2015). Image Landsat.

[http://m.jornaldeangola.sapo.ao/inicio/reportagem/catumbela quer ser a locomotiva do progresso](http://m.jornaldeangola.sapo.ao/inicio/reportagem/catumbela%20quer%20ser%20a%20locomotiva%20do%20progresso)). o Portal do Governo da Província de Benguela. Acedido em 12 de Janeiro de 2015, 23h.

<http://www.inamet.gov.ao/historia-geofisica-angola.php>, acedido em 8 de janeiro de 2015, 22h.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Slope Mass Rating](http://en.wikipedia.org/wiki/Slope_Mass_Rating), acedido 18/10/2014, 23horas.

Image via <http://namnewsnetwork.org/v3/countr...>, acedido 12/09/ 2015, 12h.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sadalmelik#Topographic maps](https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sadalmelik#Topographic_maps), acedido 12/09/ 2015, 13h e 10 minutos.

[https://www.google.pt/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Koppen+\(1981\)%2C+clima+de+benguela](https://www.google.pt/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Koppen+(1981)%2C+clima+de+benguela), acedido 13/09/2015, as 15h e 34 minutos.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clima african segon la classificacion de Koppen.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clima_african_seg%C3%B3n_la_classificaci%C3%B3n_de_Koppen.png), acedido 20h e 20 minutos,

(<http://africaredefor.blogspot.pt/2012/05/vegetacao-do-continete-africano.html>), acedido 16h e 30 minutos.

