

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E CARACTERIZAÇÃO DOS
MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO DA PROVÍNCIA
DE MAPUTO, MOÇAMBIQUE**

LUIS SOZINHO ABEL

ORIENTADOR: NEWTON MOREIRA DE SOUZA, D.Sc

TESE DE DOUTORADO EM GEOTECNIA

PUBLICAÇÃO: G.TD - 068/11

BRASÍLIA/DF: ABRIL/2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E CARACTERIZAÇÃO DE
MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO DA PROVÍNCIA
DE MAPUTO, MOÇAMBIQUE**

LUIS SOZINHO ABEL

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

APROVADA POR:

NEWTON MOREIRA DE SOUZA, D.Sc (UnB)
(ORIENTADOR)

(HERNÁN EDUARDO MARTÍNEZ CARVAJAL, D.Sc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

MÁRCIO MUNIZ DE FARIAS, Ph.D. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

LUIZ ANTÔNIO BRESSANI, Ph.D. (UFRGS)
(EXAMINADOR EXTERNO)

OLAVO FRANCISCO DOS SANTOS JÚNIOR, D.Sc.(UFRN)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 15 DE ABRIL DE 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA

ABEL, LUIS SOZINHO

Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção da Província de Maputo, Moçambique [Distrito Federal] 2011

xxx, 280 p., 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Geotecnia, 2011)

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

1. Materiais Naturais de Construção

2. Cadastro

3. Impactos

4. Recuperação

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABEL, L.S. (2011). Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção da Província de Maputo, Moçambique. Tese de Doutorado, Publicação G.TD - 068/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 280 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luis Sozinho Abel

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção da Província de Maputo, Moçambique.

GRAU: Doutor

ANO: 2011

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Luis Sozinho Abel

DEDICATÓRIA

Ao meu irmão António Abel e meus filhos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Newton Moreira de Souza por amizade e orientação efetiva durante a realização desta tese.

Aos meus professores pelos conhecimentos transmitidos.

Expresso meu reconhecimento a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Capes, pela bolsa concedida para a realização do doutorado.

Ao Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) pela liberação parcial para ingressar no curso de doutorado em Geotecnia da Universidade de Brasília.

A todos os colegas do curso em Geotecnia, pela saudável convivência durante o período da realização desta tese.

A todos os amigos que me acolheram, particularmente Bernardo Cristovão Colombo da Cunha, Francisco Helio, Carlos Petrônio, César Augusto Hidalgo Montoya, Elmagno Catarino, Hector Maricio Osorio, Iris Luna, Cesar Montoya, Horacio Zimba, e outros.

A minha família Isabel Romão, Gely da Helena, Quina Málavia, José da Silva, Belinha Luis, António Abel, Lutxelela Mutiyaca, Maria do Céu, Albino Caetano Uatacaliuaca, Pereira Luis Acuiratepa, João Luis que sempre me acompanharam durante a realização do doutorado.

Aos amigos de Moçambique, Luciano Pedro, Inácio Maria Manuel Limiha, Rose Mario Moreira, Albertina, Paula dos Santos, Elisabete Maria Junior, Joaquim Focas, Manuel Arouca, Felix Nguenha, Alexandre Simone Cumbane, Abel Chirinzane, Paulo Manjate, entre outros que me acompanharam durante a realização da tese apesar da longa distância.

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO DA PROVÍNCIA DE MAPUTO, MOÇAMBIQUE

RESUMO

O crescimento acelerado da população nos centros urbanos nos últimos anos em Moçambique tem gerando um progressivo incremento na demanda de bens e serviços. O setor da construção civil refletindo este fenômeno fez com que a demanda de materiais naturais de construção tivesse um aumento significativo após o término da guerra civil. Esta pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo de distribuição dos materiais naturais de construção da Província de Maputo, incluindo a sua localização geográfica e caracterização geotécnica. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas imagens de satélite, associada à metodologia de cartografia geotécnica, que indica trabalhos de campo e laboratório para caracterizar os materiais naturais de construção. Foi elaborada uma carta de uso e cobertura do solo a partir das imagens, com apoio de trabalhos de campo. A utilização da carta de uso e cobertura do solo para a identificação das áreas em exploração foi fundamental para a realização do cadastro e amostragem. Na área de estudo foram identificadas as classes de solos de interesse para materiais naturais de construção. Esta identificação tornou-se possível com a realização de ensaios laboratoriais. A partir dessa identificação, foi realizada uma reclassificação da carta pedológica em função do potencial de utilização dos solos como materiais naturais de construção. Essa reclassificação foi realizada com a ajuda do programa Legal do Spring, obtendo assim a carta de materiais naturais de construção da Província de Maputo. Esta pesquisa contribui com informações que ajudarão no desenvolvimento do País, pois com as informações expressas em forma da carta a geotécnica, o planejamento e gestão dos materiais de construção pelos poderes públicos e privados serão facilitados. As informações obtidas terão como consequência positiva a redução dos custos finais dos projetos, pois o tempo da procura por esses materiais será substancialmente reduzido.

GEOTECHNICAL MAPPING AND NATURAL MATERIALS CHARACTERIZATION AT THE MAPUTO PROVINCE, MOZAMBIQUE

ABSTRACT

The accelerated population grown in the urban centers presented in the last years in Mozambique have been generated a progressive demand increment in goods and services. This was most evident after the conclusion of the civil war, where the construction sector was produced a significant demand of natural construction materials. This research had the objective to develop a model of natural construction materials distribution of the Maputo province, including their geographical localization and the geotechnical characterization. In order to develop it, satellite images were used in association with a cartographic geotechnical methodology that included field and laboratory works. A cartographical soil coverage use map resulted upon this work. In this particular study area, the natural construction materials soil classes of interest were improved with a laboratory test campaign. The resulted map identifies the exploitation areas which is fundamental to perform the materials registration and the sampling. From the materials recognition procedure, a reclassification of the pedological map was performed, which shows the potential units to be used for natural construction materials. The reclassification was done with the help of the GIS *Legal do Spring* program. This research contributes with information that will help indirectly to the country development, because the information shown as a geotechnical map will make easy the planning and managing works for the public and private authorities. Also, the obtained information will have a positive effect because a final costs reduction of projects is possible, where no additional time and investments are necessary for procuring the construction materials.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - MOTIVAÇÃO DA PESQUISA	2
1.2 - OBJETIVOS DA PESQUISA	3
1.2.1 - Geral	3
1.2.2 - Específicos	3
1.3 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	3
1.3.1 - Definição da Área de Estudo	4
1.3.2 - Situação Geográfica e Localização da Área de Estudo	4
1.3.3 - Condições Climáticas e Vegetação	4
CAPÍTULO 2	7
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 - MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	7
2.2 - USOS E APLICAÇÕES DE MATERIAIS NATURAIS	8
2.3 - NORMAS PARA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	11
2.4 - ENSAIOS TECNOLÓGICOS	12
2.5 - CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	12
2.5.1 - Classificação Genética	13
2.5.2 - Classificação Geotécnica	13
2.5.2.1 - Classificação Textural do Solo	14
2.5.2.2 - Classificação Geotécnica Convencional ou Tradicional	14
2.5.2.3 - Especificação da Guidelines For Road Construction Materials	15

2.5.2.4. - Classificação Geotécnica MCT	17
2.6 - SOLOS TROPICAIS	24
2.6.1 - Solos Saprolíticos	24
2.6.2 - Solos Lateríticos	25
2.7 - ARGILAS PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	26
2.7.1 - A Difração de Raio-X	28
2.8 - CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	28
2.8.1 - Evolução da Cartografia Geotécnica	29
2.8.2 - Princípios do Mapeamento Geotécnico	30
2.8.3 - O Mapeamento Geotécnico Como Instrumento de Planejamento Para o Uso e Apropriação do Meio Físico	31
2.8.4 - Elaboração de Cartas	32
2.8.4.1 - Informações de Métodos de Classificação	32
2.8.4.2 - Operações Realizadas Sobre Mapas	33
2.8.5 - Representações 2,5 –D	34
2.8.6 - Abordagens Metodológicas	35
2.8.6.1 - Metodologia da IAEG	36
2.8.6.2 - Metodologia PUCE	38
2.8.6.3 - Metodologia da EESC/UP	39
2.8.7 - Cartografia Geotécnica e Técnicas de Geoprocessamento	40
2. 8.7.1 - Arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas	41
2.8.8 - Sensoriamento Remoto	43
2.8.8.1 - Imagens de Sensoriamento Remoto	45
2.8.8.2 - Resoluções das Imagens de Sensoriamento Remoto	46
2.8.8.3 - Satélites para Estudos dos Recursos Terrestres	47
2.8.8.4 - Processamento Digital de Imagens	48

2.8.9 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra	48
2.8.10 - Cadastro Técnico Multifinalitário	50
2.8.11 - Análise Multivariada	52
2.9 - PROBLEMAS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXPLORAÇÃO DOS MATERIAIS NA PROVÍNCIA DE MAPUTO	56
2.9.1 - Problemas Ambientais	57
2.9.2 - Rebaixamento do Nível de Água	58
2.9.3 - Desmatamento e Remoção da Camada Superficial	58
2.9.4 - Cavas Abandonadas e Acumulo de Água	59
2.9.5 - Disposição de Lixo e Contaminação das Águas Superficiais e Subsuperficiais	59
2.9.6 - Erosão e Assoreamento	60
2.9.7 - Diretrizes Para a Recuperação das Áreas Degradadas Pela Exploração dos Materiais Naturais de Construção	61
2. 9.8 - Avaliação de Impacto Ambiental	61
2. 9.8.2 - Recuperação de Áreas Degradadas	62
2. 9.8.3 - Métodos e Técnicas de Recuperação	62
CAPÍTULO 3	65
3 - PROCEDIMENTO METODOLOGICO	65
3.1 - ETAPAS DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA	65
3.2 - MATERIAIS UTILIZADOS	65
3.3 - ROCESSAMENTO DE IMAGENS	67
3.3.1 - Pré-Processamento	67
3.3.2 - Técnicas de Realce	67
3.3.3 - Segmentação de Imagens	68

3.3.4 - Classificação	69
3.4 - Trabalho de Campo	69
3.4.1 - Critérios de Amostragem e Tipos de Amostras	70
3.4.2 - Procedimentos Para Elaboração do Cadastro	72
3.5 - ENSAIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	74
3.5.1 - Métodos dos Ensaio Utilizados	74
3.5.2 - Ensaio de Caracterização Mineralógica das Argilas	77
3.5.3 - Ensaio Tecnológicos das Argilas	80
CAPÍTULO 4	84
4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	84
4.1 - CARTA HIPSOMÉTRICA	84
4.2 - CARTA DE DECLIVIDADE	84
4.3 - CONTEXTO GEOLÓGICO	86
4.4 - CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	90
4.5 - ASPECTOS PEDOLÓGICOS	94
4.6 - CARTA DE USO E COBERTURA DE SOLO	103
4.7 - CADASTRO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	105
4.8 - RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS	109
4.8.1 - Solos e Areias	109
4.8.1.1 - Dunas Costeiras	109
4.8.1.2 - Planície Arenosa	111
4.8.1.3 - Colinas de Grés e Areias Vermelhas	117
4.8.1.4 - Pedimentos de Mananga	119
4.8.1.5 - Post – Mananga: Depósitos Avermelhados das Encostas dos Vales	124

4.8.1.6 - Plataforma de Seixos Rolados	128
4.8.1.7 - Cadeia Vulcânica dos Libombos	130
4.8.1.8 - Coluviões	131
4.8.1.9 - Aluviões	133
4.8.1.10 - Distribuição Espacial de solos e Areias da Província de Maputo	136
4.8.2 - Aplicação da Análise Em Componentes Principais de Dados de Solos e Areias	143
4.8.2.1 - Resultados dos Ensaios Realizados em Solos	143
4.8.2.2 - Resultados dos Ensaios Realizados Sobre Areias	147
4.8.3 - Rocha Britada da Cadeia Vulcânica dos Libombos	150
4.8.3.1- Índices Físicos	151
4.8.3.2 - Caracterização Mecânica	154
4.8.3.3 - Ensaios de Caracterização Química	156
4.8.3.4 - Adesividade de Agregado a Material Betuminoso	158
4.8.3.5 - Índice de Lamelaridade	158
4.8.4 - Caracterização das Argilas	159
4.8.4.1 - Resultados dos Ensaios de Caracterização Física	159
4.8.4.2 - Resultados da Caracterização Mineralógica	161
4.8.4.3 - Resultados dos Ensaios Tecnológicos das Argilas	164
4.9 - CARTA DE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	165
CAPÍTULO 5	170
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	170
5.1 - CONCLUSÕES	170
5.2 - RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	172

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174
A - RESULTADOS DA TABULAÇÃO CRUZADA	183
B - FICHAS DE CADASTRO DE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO EM EXPLORAÇÃO	185
C - RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO SOBRE AMOSTRAS COLETADAS EM 2009	256
D - DIFRATOGRAMAS DE AMOSTRAS REALIZADAS	258
E - PROGRAMAÇÃO LEGAL	262
F - RESULTADOS DA MASSA DA BRITA ENSAIADA DURANTE 48 HORAS	264
G - SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO E POTENCIAL USO DOS MATERIAIS	270

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
Tabela 2. 1 - Escalas granulométricas (mm)	8
Tabela 2. 2 - Terminologia utilizada pela NBR 7225 (ABNT, 1993)	9
Tabela 2. 3 - Propriedades esperadas dos grupos de solos do SUCS (modificado- Lambe,1969)	15
Tabela 2. 4 - Classificação do material de acordo com a DTRSA,(DTRSA, 1985)	16
Tabela 2. 5 - Aplicação do material para pavimentação de acordo a sua classificação (modificado - DTRSA, 1985)	17
Tabela 2. 6 - Propriedades e Utilização dos Grupos de Solos da MCT (Nogami & Villibor, 1995)	22
Tabela 2. 7 - Características de atributos (Silva, 2000)	33
Tabela 2. 8 - Classificação dos mapas de acordo com a metodologia da IAEG	37
Tabela 2. 9 - Classificação dos mapas de acordo com a metodologia da PUCE	38
Tabela 2. 10 - Classificação dos mapas resultantes do mapeamento geotécnico	40
Tabela 2. 11 - Algumas mediadas de recuperação do meio físico em diferentes tipos de áreas degradada (Bitar & Braga, 1995)	64
Tabela 3. 1 - Pontos identificados, visitados e sua respectiva distribuição	70
Tabela 3. 2 - Ensaio realizados e respectivas normas	75
Tabela 3. 3 - Distâncias interplanares características	79
Tabela 3. 4 - Posições referentes aos picos principais (direção (001)) dos argilominerais em condições normais, após glicolagem e aquecimento	80
Tabela 4. 1 - Classes e áreas hipsométricas	84
Tabela 4. 2 - Classes e áreas de declividade do terreno	86
Tabela 4. 3 - Unidades litoestratigráficas da área de estudo, (Fonte GTK, 2006)	88

Tabela 4. 4 - Morfoestruturas de relevo da área de estudo	92
Tabela 4. 5 - Classe de solos	95
Tabela 4. 6 - Unidades de solos da área de estudo	102
Tabela 4. 7 - Classes de uso e cobertura de solo	105
Tabela 4. 8 - Cadastro de pontos de amostragem realizado no programa Spring	106
Tabela 4. 9 - Endereço e seus respectivos códigos de localização de materiais em exploração cadastrados	108
Tabela 4. 10 - Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR	113
Tabela 4. 11 - Resultados dos ensaios realizados para areias finas amareladas	116
Tabela 4. 12 - Resultados dos ensaios químicos	117
Tabela 4. 13 - Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR	119
Tabela 4. 14 - Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR	122
Tabela 4. 15 - Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR	126
Tabela 4. 16 - Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR	130
Tabela 4. 17 - Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR	133
Tabela 4. 18 - Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR	135
Tabela 4. 19 - Resultados dos ensaios realizados para areias aluvionares	137
Tabela 4. 20 - Resultados dos ensaios químicos realizados para a subunidade Fs	138
Tabela 4. 21 - Correlações entre variáveis originais e componentes principais (solos)	144
Tabela 4. 22 - Resumo dos componentes principais (solos)	144
Tabela 4. 23 - Correlações entre variáveis originais e componentes principais (areias)	147
Tabela 4. 24 - Resumo dos componentes principais (areias)	147
Tabela 4. 25 - Índices físicos e características mecânicas da brita da província de Maputo	152
Tabela 4. 26 - Resultados dos ensaios de absorção em diferentes intervalos de tempo	154

Tabela 4. 27 - Resultados da caracterização química da brita	156
Tabela 4. 28 - Resultados da avaliação de índice de lamelação e adesividade	158
Tabela 4. 29 - Resultados da análise granulométrica e limites de consistência	159
Tabela 4. 30 - Análise mineralógica das amostras	163
Tabela 4. 31 - Resultados dos ensaios tecnológicos	164
Tabela 4. 32 - Valores máximos e mínimos regulamentados (ABNT, 1992)	165
Tabela 4. 33 - Compartimentação das camadas como as principais fontes de materiais naturais de construção	167
Tabela 4. 34 - Resumo de ensaios de caracterização de solos	167
Tabela 4. 35 - Resumo de ensaios de caracterização de areias	167
Tabela 4. 36 - Resumo de ensaios de caracterização de argilas	169
Tabela 4. 37 - Resumo de ensaios de caracterização de agregados	169
Tabela A:1 - Resultados da tabulação cruzada entre carta de declividade e carta de solos	184
Tabela A:2 - Resultados da tabulação cruzada entre carta de unidade de solos e carta geomorfológica	184
Tabela C:1 - Resultados das análises granulométricas, limites, pH e MCT expedito	257
Tabela E:1 - Programação Legal para obtenção da cata de textura de grupo de solos	263
Tabela F:1 - Resultados da massa da amostra A6/2008 (seixos rolados)	265
Tabela F:2- Resultados da massa da amostra A7/2008 (quartzo-latito)	265
Tabela F:3 - Resultados da massa da amostra A8/2008 (riolito).	266
Tabela F:4 - Resultados da massa da amostra A9/2008 (riolito)	266
Tabela F:5 - Resultados da massa da amostra 10/2008 (riolito)	267
Tabela F:6 - Resultados da massa da amostra A11/2008 (riolito)	267
Tabela F:7 - Resultados da massa da amostra A62/2008 (riolito)	268

Tabela F:8 - Resultados da massa da amostra A84/2008 (riolito)	268
Tabela F:9 - Resultados da massa da amostra A86/2008 (sienito)	269
Tabela G 1 - Solos da Província de Maputo, suas características, propriedades esperadas e potencial de uso	271
Tabela G 2 - Amostra de solos ensaiados, sua classificação e potencial de uso	275
Tabela G 3 - Areias ensaiadas, sua classificação, propriedades esperadas e potencial uso	277
Tabela G 4 - Agregado e seu potencial de uso	279
Tabela G:5 - Argilas e seu potencial uso	280

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. 1 - Localização geográfica da Província de Maputo	5
Figura 1. 2 - Precipitação pluviométrica mensal na Província de Maputo de 2005 a 2009 (INM, 2010)	6
Figura 2.1 - Diagrama Trilinear de Solos (Embrapa, 1999)	14
Figura 2.2 - Carta de classificação de solos da Metodologia MCT (Nogami & Villibor,1981)	19
Figura 2.3 - Carta de classificação do Método das Pastilhas (Nogami & Villibor, 1994)	20
Figura 2.4 - Curva normalizada de compactação (modificado -, Ignatius, 1991)	23
Figura 2.5 - Bloco diagrama (Froelich et al.,1978 in Souza et al., 2007,adaptado)	35
Figura 2.6 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (Druck et al., 2004)	42
Figura 2.7 - O espectro eletromagnético com as principais faixas espectrais conhecidas (Coutinho, 1997)	45
Figura 2.8 - Áreas em branco correspondem às faixas transparências e em azul as áreas onde os gases atmosféricos absorvem a radiação (Menezes, 2007)	46
Figura 2.9 - Área explorada e não recuperada (modificado, Google earth, 15.02.2011)	56
Figura 2.10 - Ilustrando uma escavação profunda: (a) em exploração, (b) abandonada	57
Figura 2.11 - Cavas com acumulação de água; (a) em exploração, (b) abandonada	58
Figura 2.12 - Áreas extensas de exploração	59
Figura 2.13 - Cava abandonada e vira acumulação das águas	59
Figura 2.14 - Cavas abandonadas que viram zonas de deposição de lixo	60
Figura 2.15 - Processos erosivos numa cava abandonada	60

Figura 3. 1 - Fluxograma da realização da pesquisa.	66
Figura 3. 2 - Ilustrando o esquema da coleta de amostras em cada local	71
Figura 3. 3 - Ilustrando diferentes tamanhos do rocha britada	71
Figura 3. 4 - Ilustrando pontos identificados a partir de imagens satélites: (a) zona residencial e (b) zona cultivada	72
Figura 3. 5 - Ilustra a utilização de repartidor para a obtenção da amostras (Sampling method MA2)	72
Figura 3. 6 - Ilustrando abertura do poço, (a) descrição dos solos; (b) colheita de amostra de amostra	73
Figura 3. 7 - Ilustrando método da Pastilha: (a) secagem das pastilhas; (b) medida da contração; (c) reabsorção d`água e (d) penetração	76
Figura 3. 8 - Repartidor de amostras	77
Figura 3. 9 - Balança hidrostática usada no ensaio de absorção durante 48 horas	78
Figura 3. 10 - Corpos de prova de argila moldados para ensaios tecnológicos:	81
Figura 3. 11 - Corpo de prova após rotura na realização do ensaio de resistência à flexão	82
Figura 4. 1 - Carta hipsométrica da área de estudo	85
Figura 4. 2 - Carta de declividade	87
Figura 4. 3 - Esboço geológico da área de estudo	89
Figura 4. 4 - Corte esquemática do Oeste a Leste (modificad-Google earth, 2011)	90
Figura 4. 5 - Esboço geomorfológico da área de estudo	93
Figura 4. 6 - Carta de solos da área de estudo	96
Figura 4. 7 -Carta de unidades de solos da área de estudo	101
Figura 4. 8 - Carta de uso e cobertura de solo	104
Figura 4. 9 - Pontos de amostragem em 2008 e 2009	107
Figura 4. 10 - Localização de materiais em exploração na província de Maputo	110

Figura 4. 11 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras da planície arenosa extensa	111
Figura 4. 12 - Curvas de compactação das amostras da planície arenosa extensa	112
Figura 4. 13 - As curvas normalizadas de compactação das amostras da planície arenosa extensa	112
Figura 4. 14 - Fração de finos versus umidade ótima da planície arenosa extensa	114
Figura 4. 15 - Relação da fração de finos (%) versus módulo granulométrico	114
Figura 4. 16 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras A5/2008 e A81/2008	115
Figura 4. 17 - Curva de reatividade potencial (LNEC, 1964)	116
Figura 4. 18 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras da colina de grés	117
Figura 4. 19 -Curvas de compactação das amostras da colina de grés	118
Figura 4. 20 - Curvas normalizadas de compactação das amostras da colina de grés	118
Figura 4. 21 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras de pedimentos de Mananga	120
Figura 4. 22 - Curvas de compactação das amostras de pedimentos de Mananga	121
Figura 4. 23 -Curvas normalizadas de compactação das amostras de pedimentos de Mananga	121
Figura 4. 24 - Relação de CBR(%) versus (%) de finos	122
Figura 4. 25 - Relação valor de CBR(%) versus expansão(%)	123
Figura 4. 26 - Relação de peso específico s. máx. (kN/m ³) versus w _{ót} (%)	123
Figura 4. 27 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras de Post-Mananga	124
Figura 4. 28 -Curvas de compactação das amostras de Post-Mananga	125
Figura 4. 29 - Curvas normalizadas de compactação das amostras de Post-Mananga	125
Figura 4. 30 - Valores do peso específico seco máx versus teor de finos	127
Figura 4. 31 - Relação entre peso específico máximo versus umidade ótima	127
Figura 4. 32 - Relação de teor de finos (%) versus Expansão	128

Figura 4. 33 - Relação entre a fração de areia versus CBR (%)	128
Figura 4. 34 - Curvas da distribuição granulométrica da amostras da plataforma de seixos rolados	129
Figura 4. 35 - Curvas de compactação da amostra da plataforma de seixos rolados	129
Figura 4. 36 - Curvas normalizadas de compactação da plataforma de seixos rolados	130
Figura 4. 37 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras de coluviões	131
Figura 4. 38 - Curvas de compactação da amostra de coluviões	132
Figura 4. 39 - Curvas normalizadas de compactação da amostra de coluviões	132
Figura 4. 40 - Curvas da distribuição granulométrica das amostras de aluviões (turfa)	133
Figura 4. 41 - Curvas de compactação da amostra de aluviões turfosa	134
Figura 4. 42 - Curvas normalizadas de compactação da amostra de aluviões (turfa)	134
Figura 4. 43 - Curvas da distribuição granulométrica da areia aluvionar	135
Figura 4. 44 - Relação da fração de areia versus finos de unidades de solos	138
Figura 4. 45 - Diagrama de dispersão de valores de CBR versus areia de unidades de solos	139
Figura 4. 46 - Diagrama de dispersão de exp versus CBR(%) de unidades de solos	139
Figura 4. 47 - Diagrama entre Gs versus % de finos de unidades de solos	140
Figura 4. 48 - Diagrama de CBR(%) versus w _{ót} (%) de unidades de solos	140
Figura 4. 49 - Textura dos solos da Província de Maputo	142
Figura 4. 50 - Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 2	146
Figura 4. 51 - Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 3	146
Figura 4. 52 - Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 2	149
Figura 4. 53 - Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 3	149
Figura 4. 54 - Resultados da massa medida versus tempo durante 48 horas	153
Figura 4. 55 - Resultados dos ensaios de absorção versus o tempo	155

Figura 4. 56 - Relação entre a porcentagem de argila e índice de plasticidade Índice de Skempton (1953)	159
Figura 4. 57 - Carta de plasticidade de Casagrande (Casagrande, 1947)	160
Figura 4. 58 - Prognóstico de extrusão baseado no Limites de Atterberg (PAIVA & MORALES, 2007)	161
Figura 4. 59 - Difratograma da amostra A48/2008	162
Figura 4. 60 - Difratograma da amostra A51/2008	163
Figura 4. 61 - Difratograma da amostra A85/2008	164
Figura 4. 62 - Amostra cozidas a 850 a 950o C – A85/2009	165
Figura 4. 63 - Materiais Naturais de Construção da Província de Maputo	168
Figura B: 1 - Câmara de empréstimo: areia, Magude	187
Figura B: 2 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Magude	189
Figura B: 3 - Câmara de empréstimo: areia, Marracuene	191
Figura B: 4 - Câmara de empréstimo: areia fina, Marcia Amelia da Conceição Costa, Marracuene	193
Figura B: 5 - Pedreira: calhaus rolados, Tamega, Namaacha	195
Figura B: 6 - Pedreira: quartzo latito, Extramac, Boane	197
Figura B: 7 - Pedreira: rocha riolitica, Extramac Munguene, Boane	199
Figura B: 8 - Pedreira: rocha riolitica, Riolutos de Moçambique, Namaacha	201
Figura B: 9 - Pedreira: rocha riolitica, Rugunate, Namaacha	203
Figura B: 10 - Pedreira: rocha rioliticade Movene, Namaacha	205
Figura B: 11 - Câmara de empréstimo; areia aluvionar, Francisco João, Moamba	207
Figura B: 12 - Câmara de empréstimo: areia, Manhiça	209
Figura B: 13 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Luis Catoza, Moamba	211
Figura B: 14 - Câmara de empréstimo: areia, Moamba a caminho de Maguide, Moamba	213
Figura B: 15 - Câmara de empréstimo: areia, Moamba	215

Figura B: 16 - Câmara de empréstimo: areia, Matola- Texlon, Matola	217
Figura B: 17 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Kanimambo, Moamba	219
Figura B: 18 - Câmara de empréstimo: argila, Ministerio da Defesa, Moamba	221
Figura B: 19 - Câmara de emprestimo: areia aluvionar, Xinavane, Manhiça	223
Figura B: 20 - Câmara de empréstimo: areia, Palmeiras- Manhiça	225
Figura B: 21 - Pedreira: rocha riolitica, Ara Sul pequenos Libombos, Boane	227
Figura B: 22 - Câmara de empréstimo: argila, Cimoc-Umbeluz, Boane	229
Figura B: 23 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Agro-Areias, Umbeluzi, Boane	231
Figura B: 24 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Tick José Tembo, Moamba	233
Figura B: 25 - Câmara de empréstimo: areia, desvio para Pequenos Libombos, Boane	235
Figura B: 26 - Câmara de empréstimo: areia, Germias Langa, Beluluane, Boane	237
Figura B: 27 - Câmara de empréstimo: areia, posto Administrativo de Salamanga, Matutuine	239
Figura B: 28 - Câmara de empreitimo: areia, Mahubo em direção a Catuane, Boane	241
Figura B: 29 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Carlos Tovela, Boane	243
Figura B: 30 - Câmara de empréstimo: areia fina, Marcia Amelia, Maputo	245
Figura B: 31 - Câmara de emprestimo: areia, José António Mascarenhas, Maputo	247
Figura B: 32 - Câmara de empreitimo: areia, Kongolote, Matola	249
Figura B: 33 - Pedreira: rocha riolitita, Sulbrita-CMC, Namaacha	251
Figura B: 34 - Câmara de emprestima: argila, Aldeia 3 de Fevereiro, Manhiça	253
Figura B: 35 - Pedreira: sientos, Sulbrita- CMC, Moamba	255
Figura D:1 - Difratograma da amostra A5/2009, planície arenosa (classe de solo Aa)	259
Figura D:2 - Difratograma da amostra A10/2009, colina de grés (classe de solo G)	259

Figura D:3 - Difratoograma da amostra A59/2009, Pedimentos de Mananga (classe de solo M1)	260
Figura D:4 - Difratoograma da amostra A78/2009 Post-Mananga (classe de solo P3)	260
Figura D:5 - Difratoograma da amostra A31/2009 Post-Mananga (classe de solo P3j)	261
Figura D:6 - Difratoograma da amostra A66/2009, aluviões (classe de solo Ft)	261

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES E NOMENCLATURA

Símbolo	Significado
A-1	- Mistura bem graduada, pedregulhos, areias aglutinante de solo não plástico
A-2	- Variedade de materiais granulares intermediários entre A-1 e A-3
A-3	- Areia fina da praia ou dunas, sem silte ou argila
A-4	- Solo siltoso não plástico ou moderadamente plástico, com mais 75% passando na #200
A-5	- Semelhante ao A-4, solo micáceo, e pode ser altamente elástico
A-6	- Solo argiloso, com 75% ou mais passando na #200
A-7	- Semelhante A-6 a diferença possui limite de liquidez alto
A-8	- Solo orgânico
Aa	- Solos arenosos amarelados
AASHTO	- American Association for State Highway and Transportation Officials
Å	- Angstrom
Ab	- Solos arenosos esbranquiçados
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	- Análise de Componentes Principais
Ah	- Solos arenosos hedromorfos
Aj	- Solos arenosos alaranjados
ALOS	- <i>Advanced Land Observing Satellite</i>
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer
ASTM	- American Society for Testing Materials
ATD	- Análise Termo Diferencial
b	- Largura
BD	- Banco de Dados
Bl	- Solos basálticos líticos
Bp	- Solos basálticos pretos
Bv	- Solos basálticos avermelhados
c'	Constante para a classificação MCT
CBERS	- China-Brazil Earth Resources Satellite
CBR	- California Bearing Ration

Cc	- Solos de coluviões argilosos acastanhados
CD	Com defloculante
CH	- Argila muito plástica
CL	- Argila pouco plástica
Cm	- Solos de coluviões argilosos de Mananga
Cs	- Solos de coluviões argilosos de sopé das encostas
Ct	- Contração
CTM	- Cadastro Técnico Multifinalitário
Cw	- Solos de coluviões argilosos
dAa	- Solos arenosos amarelados, fase dunar
dAj	- Solos arenosos alaranjados, fase dunar
Dc	- Solos de dunas costeiras amareladas
DN	- Digital Number
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DSTRA	- Department of Transport of Republic of South Africa
Dv	- Solos de dunas costeiras avermelhadas
E	- Especificação
EESC/USP	- Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo
ENM	- Editora Nacional de Moçambique
ERTS	- Earth Resources Technology Satellites
<i>et al</i>	- Et Alii” e outros
ETM	- Enhanced Thematic Mapper
ETM+	- Enhanced Thematic Mapper Plus
Exp.	Expansão
F	- Fina
Fa	- Solos de aluviões argilosos
FAO	- Food and Agriculture Organization
Fc	- Solos de aluviões calcários
Fe	- Solos de sedimentos marinho-estuarinos
Fs	- Solos de aluviões estratificados de textura grossa ou media
Ft	- Solos de aluviões turfosos
G	- Grossa
g	- Grama

G	- Solos derivados de grés vermelho
GC	- Pedregulho argiloso
GDEM	- Global Digital Elevation Model
GM	- Pedregulho siltoso
GP	- Pedregulho mal graduado
GPS	- Global Position System
Gr	- Greenwich
Gs	- Densidade real das partículas
GTK	- Geological Survey of Finland
GW	- Pedregulho bem graduado
h	- Espessura
HRB	- <i>Highway Research Board</i>
IA	- Índice de atividade
IAEG	- International Association of Engineering Geology and Environment
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INE	- Instituto Nacional de Estatística
INIA	- Instituto Nacional Investigação Agronômica
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IP	- Índice de plasticidade
ISC	- Índice de Suporte de Califórnia
JAE	- Junta Autonomy de Estradas
Ko	- solos argilosos acastanhados
Kp	- solos argilosos pretos de margas e argilas
KPa	- Quilo pascal
Kv	- Solos argilosos avermelhados de margas e argilas
L	- Laterítico
LA	- Areias lateríticas
LA'	- Solos arenosos lateríticos
LANDSAT	- Satélite <i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LG'	- Solos argilosos lateríticos
LNEC	- Laboratório Nacional de Engenharia Civil
M	- Média
m	- Metro

M1	- Solos de Mananga com camada arenosa muito pouco espessa
m ₂	- Peso do provete seco (kg)
M2	- Solos de Mananga com camada arenosa pouco espessa
m ²	- Metro quadrado
m ₃	- Peso do provete saturado e enxuto na superfície
M3	- Solos de Mananga com camada arenosa moderadamente espessa
m ³	- Metro cúbico
m ₄	- Peso do provete imerso em água
M4	- Solos de Mananga com camada arenosa espessa
MCT	- Miniatura Compactado Tropical
MH	- Silte elástico
ML	- Silte
mm	- Milímetro
MNC	- Materiais Naturais de Construção
MNT	- Modelo Numérico do Terreno
MSS	- Multispectral Scanner Subsystem
MTTC	- Materials Test for Teacher Certification
N	- Não laterítico
NA	- Areias não lateríticas
NA'	- Solos arenosos não-lateríticos
NASA	- Agência espacial norte-americana
NBR	- Norma Brasileira Registrada
NDVI	- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NG'	- Solos argilosos não lateríticos
n°	- Número
NP	- Norma Portuguesa
NS'	- Solos siltosos não lateríticos
OH	- Argila orgânica
OL	- Argila orgânica
P1	- Solos de Post-Mananga sobre basaltos
P2	- Solos de Post-Mananga com textura média
P3	- Solos de Post-Mananga com textura grossa
P3j	- Solos de Post-Mananga mosqueados e alaranjados

P4	- Solos de Post-Mananga com textura siltosa
pH	- Potencial hidrogeniômico
Pt	- Turfa
PUCE	- Pattern- Unit- Component-Evaluation
PVC	- Policloreto de vinila
RBV	- Return Beam Vidicon
RGB	- <i>Red, green, and blue</i>
RI	- Solos riolíticos líticos
rpm	- Rotações por minuto
Rv	- Solos riolíticos avermelhados
Sc	- Solos de coluviões sobre seixos rolados
SC	- Areia argilosa
SD	- Sem defloculante
SIG	- Sistemas de Informação Geográfica
SI	- Solos líticos sobre seixos rolados
Sm	- Solos de Mananga sobre seixos rolados
SM	- Areia siltosa
SP	- Areia mal graduada
SPOT	- <i>Satellite Pour l'Observation de la Terre</i>
SPRING	- Sistema para processamento de Informações Geográficas
SRTM	- Shuttle Radar Topographic Mission
SUCS	- Sistema Unificado de Classificação de Solos
Sv	- Solos de Post-Mananga sobre seixos rolados
SW	- Areia bem graduado
TM	- Thematic Mapper
TRB	- Transportation Research Board
Unb	- Universidade de Brasília
UNESCO	- <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
USCS	- Unified Soil Classification System
USGS	- <i>United States Geological Survey</i>
UTM	- Universal Transverso de Mercator
WGS	- World Geodetic System
WL	- Limite de liquidez

W_p	- Solos pouco profundos sobre rocha não calcária
WP	- Limite de plasticidade
W_{pk}	- Solos pouco profundos sobre rocha calcária
σ_f	- Resistência a flexão
γ	- Massa específica aparente
θ	- Ângulo de incidência do feixe de raios-X
λ	- Comprimento de onda do feixe de raios-X
$\omega_{ót}$	- Teor de umidade ótimo
$^{\circ}\text{C}$	- Graus Celsius
γ_s	- Peso específico seco
μm	- Micro metros
%	- porcentagem

1 INTRODUÇÃO

Em Moçambique registra-se uma grande demanda no setor de construção civil, motivada pela necessidade de reconstruir infraestruturas que foram destruídas durante a guerra civil que durou cerca de dezesseis anos, a qual originou um expressivo atraso na economia do país bem como na estruturação de novos bairros nas cidades e vilas. Assim, no fim da década de noventa, surge, como resultado dessa demanda, a necessidade de se prestar uma maior atenção aos materiais naturais de uso direto na construção civil, pois esses são utilizados em vários tipos de obras, como por exemplo, na manutenção, na reabilitação e na construção de estradas, escolas, hospitais e tantas outras infraestruturas sócio-econômicas. Por essas razões, o seu uso tem enormes consequências positivas para o exercício profissional do geólogo ou do engenheiro geotécnico, as quais já vêm sendo, e continuarão a ser cada vez mais solicitados para resolver problemas relacionados à procura e utilização de materiais naturais de construção sem que com isso se gere impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade.

Os profissionais interessados no aproveitamento dos materiais de construção, além das técnicas usuais de prospecção e avaliação de depósitos, devem dominar os conhecimentos básicos sobre a imensa diversidade de ocorrência e aplicações dos materiais naturais de construção. Esses conhecimentos são fundamentais para o direcionamento dos trabalhos de pesquisa para as aplicações mais adequadas e viabilidade de aproveitamento de cada tipo de depósito mineral.

O uso racional, adequado, tecnicamente aconselhável, economicamente viável e sustentável, só será alcançado com o conhecimento mais amplo das propriedades dos materiais, suas vantagens e suas eventuais deficiências, de tal modo que seja permitido um entendimento das várias soluções possíveis, escolhendo-se a melhor, tanto do ponto de vista técnico, como econômico.

O mapeamento geotécnico e a caracterização dos materiais de construção constituem procedimentos úteis na área de engenharia civil, de maneira muito diversa, possibilitando entre outras aplicações a seleção dos materiais adequados para qualquer projeto de engenharia civil, pois constituem uma base fundamental, assim como subsídio para trabalhos de planejamento e controle ambiental.

A conjugação desses métodos é possível com a utilização das técnicas de geoprocessamento, que conferem ao produto final a dimensão de um cadastro dinâmico, georreferenciado, que pode ser permanentemente atualizado, facultando a formulação de cenários e prognósticos extremamente úteis a qualquer exercício de planejamento e gestão.

1.1 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

Devido ao crescimento acelerado da população nos centros urbanos nos últimos anos, em Moçambique registra-se um crescimento na área de construção civil, que fez com que a demanda de materiais naturais de construção tenha aumentado após o término da guerra civil. Os materiais naturais de construção no país são explorados por operadores privados e públicos. Porém o crescimento nas explorações tem sido desordenado, isto é, sem um planejamento adequado, causando problemas, tais como: abandono de cavas de exploração sem planos de fechamento; explorações irregulares sem controle técnico dos processos de exploração; entre outros.

Em Moçambique existem órgãos responsáveis pelo controle do licenciamento para exploração e controle de qualidade de materiais. Porém, na prática o controle é pouco efetivo, observando-se problemas ambientais e falta de qualidade de materiais. Isto pode ser consequência da falta de planejamento e de ferramentas que permitam o melhor controle e monitoramento.

A cartografia geotécnica desempenha um papel importante na gestão e planejamento regional de modo geral e na gestão de recursos naturais. Assim, a gestão da exploração de materiais de construção pode ser apoiada pelas técnicas de geoprocessamento de uma forma viável e sustentável na Província de Maputo.

O desenvolvimento de um procedimento metodológico, a partir de imagens de satélites para o conhecimento da distribuição dos materiais naturais de construção existentes na Província de Maputo é importante, como ferramenta para o planejamento e gestão, permitindo assim o seu melhor aproveitamento, atendendo a critérios sócio-econômicos e ambientais.

Nas últimas décadas a conservação e a proteção ambiental passaram a ser uma preocupação mundial de vários segmentos da sociedade, tanto nos países desenvolvidos como nos países em via de desenvolvimento. As atividades de exploração de materiais naturais de construção, em geral, afetam de modo irreversível o meio físico. Estas alterações têm fortes implicações no meio biótico (ecossistemas terrestres e aquáticos) e no meio físico (paisagem, uso e cobertura do solo e qualidade de vida).

Uma elaboração criteriosa do plano de exploração desses materiais naturais de construção, em conjunto com as demais áreas de especialização que tratam do meio ambiente, poderá não só minimizar os impactos sobre o meio físico, como também conservar a qualidade das áreas limítrofes do empreendimento, recuperar e reabilitar em níveis satisfatórios as áreas diretamente afetadas.

Esta pesquisa contribui com informações que ajudarão no desenvolvimento do país, pois, com as informações expressas em forma de cartas geotécnicas, tais como o conhecimento da localização geográfica, características e distribuição espacial de materiais naturais de construção, entre outras, o planejamento e gestão dos materiais de construção pelo poder público e privado serão facilitados. Como consequência positiva, o custo final dos projetos será substancialmente reduzido, pois o tempo da procura por esses materiais será substancialmente reduzido. Além disso, permitirá a elaboração de planos para conservação ambiental das áreas degradadas pela exploração, diminuindo, assim, os impactos ambientais.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1. Geral

Esta pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo de distribuição dos materiais naturais de construção da Província de Maputo, incluindo a sua localização geográfica e caracterização geotécnica.

1.2.2. Específicos

- Identificar, caracterizar e classificar os materiais naturais de construção;
- Localizar e cadastrar as fontes de materiais naturais de construção em exploração;
- Localizar geograficamente as áreas com potencial de exploração; e
- Elaboração da carta dos materiais naturais de construção da área de estudo.

1.3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Neste item são apresentadas características do meio físico da província de Maputo, como uma forma de caracterizar o contexto de inserção da área de estudo. É dada uma ênfase maior àquelas características com maior potencial de interferência nos produtos e ferramentas utilizadas no trabalho.

1.3.1. Definição da Área de Estudo

Vale ressaltar que, devido à grande demanda no setor de construção civil, principalmente na zona sul do país, onde se localiza a cidade capital, concentram-se projetos de grande envergadura de construção e reconstrução de infraestruturas destruídas durante a guerra civil. A escolha da área localizada na porção sul do país para o estudo dos materiais naturais de construção foi intencional; considerou-se como fator fundamental a infraestrutura tecnológica mais bem desenvolvida, tais como laboratórios e outros meios necessários existentes na área escolhida para a realização da presente pesquisa. Em seguida, esse estudo será estendido para todo o país, com o objetivo da confecção de uma carta de materiais naturais de construção, que não existe em Moçambique.

1.3.2. Situação Geográfica e Localização da Área de Estudo

Moçambique estende-se pela costa sudeste do continente africano. Com uma superfície de 799.380 km², fazendo limite ao norte com a Tanzânia, a sul com a Suazilândia e a África do Sul, a oeste com Malawi, a Zâmbia, o Zimbábue e a África do Sul e a leste com o oceano Índico.

A área de estudo está localizada na porção sul de Moçambique, dentro da Província de Maputo. A área está compreendida entre os paralelos 25° 00' 00" e 27° 00' 00" de latitude Sul e os meridianos 31° 00' 00" e 33° 00' 00" de longitude Leste (Figura 1.1).

A área de estudo é limitada ao norte pela província de Gaza, ao sul pela África do Sul, ao oeste pelo Reino da Suazilândia e África do Sul e a leste pelo Oceano Índico, ocupando uma área de aproximadamente 16.862,2 km² e com uma população de 1 205 553 de habitantes (ENM, 2007). A Província de Maputo é subdividida nos seguintes distritos: Matola, Boane, Namaacha, Moamba, Magude, Manhiça, Marracuene e Matutuine.

1.3.3. Condições Climáticas e Vegetação

Moçambique pertence às zonas intertropical e subtropical que corresponde aos climas quentes e temperados quentes, respectivamente. Esse clima sofre alterações causadas por fatores fisiográficos tais como proximidade ou afastamento do mar, relevo entre outros. Essas alterações podem ser de natureza regional ou local. Nesse contexto, a Província de Maputo enquadra-se no clima quente moderadamente úmido. A temperatura média anual máxima varia de 24° a 30° C e a média anual mínima varia de 15 a 24° C, sendo os meses mais quentes do ano entre novembro e abril (INE, 2007).

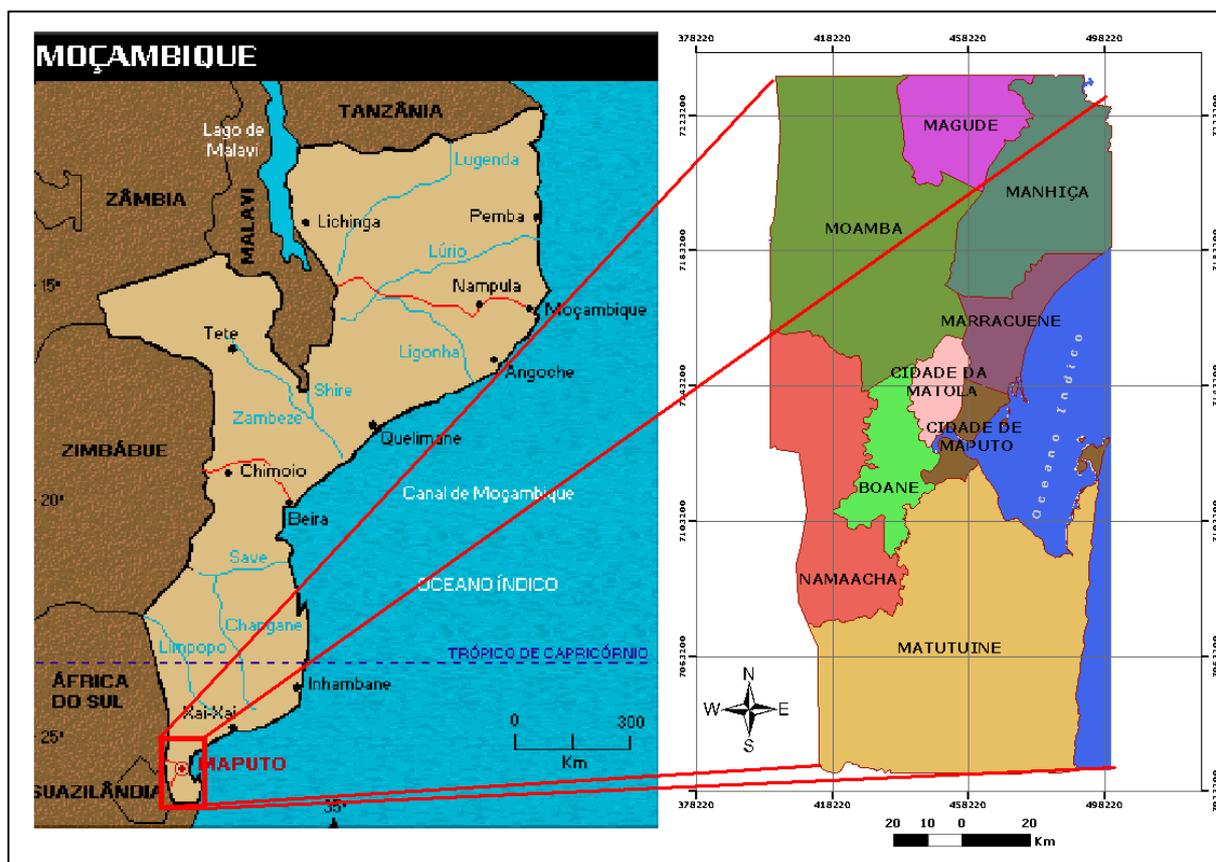


Figura 1. 1: Localização geográfica da Província de Maputo

As pequenas diferenças que se observam em algumas áreas da Província de Maputo são devido ao fraco relevo e pela ação da corrente quente do canal de Moçambique a qual vai influenciar o litoral (MINED,1986).

Os dados da precipitação pluviométricos médios mensais da Província de Maputo, no período compreendido entre 2005 a 2009 são apresentadas na Figura 1.2.

De acordo a Figura 1.2, observa-se que os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril são meses de maior concentração pluviométrica, com valores de 50 a 300 mm, enquanto os meses de Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro são meses de menor concentração pluviométrica com valores mensais geralmente abaixo de 50mm.

Em Moçambique predomina a floresta tropical e a savana. Estima-se que 6 % do território esteja coberto de florestas ricas em espécies valiosas. No clima quente e úmido característico de Moçambique, desenvolve-se a floresta tropical, particularmente constituída por densos emaranhados das mais variadas espécies vegetais, povoadas por uma fauna numerosa e diversificada. Na Província de Maputo predomina a savana tipo parque, que é caracterizado por capim e arbustos (MINED, 1986).

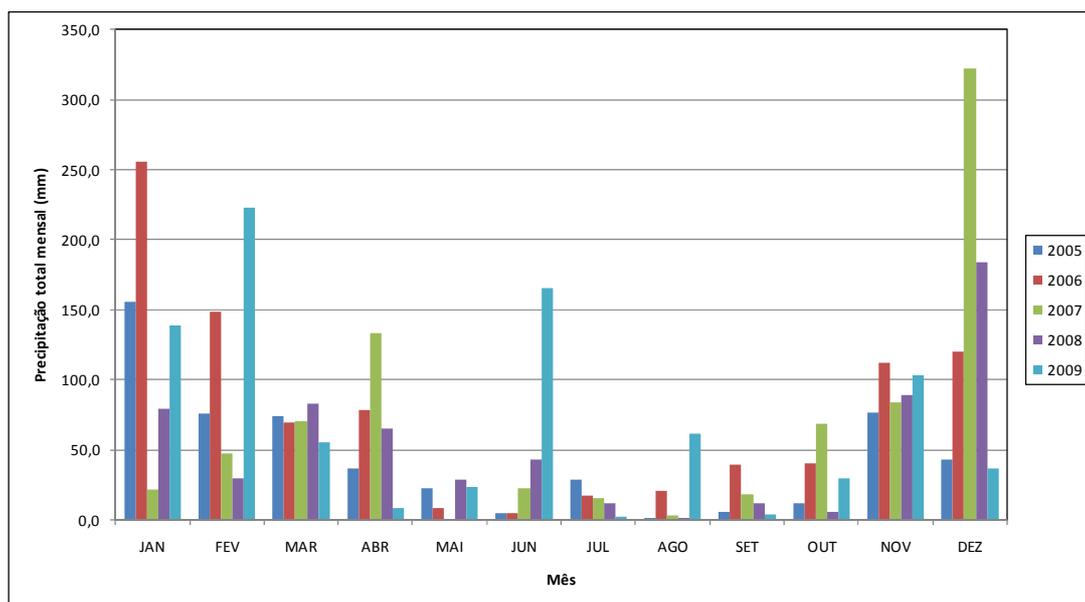


Figura 1. 2: Precipitação pluviométrica mensal na Província de Maputo de 2005 a 2009 (INM, 2010)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

O estudo da utilização dos diferentes tipos de materiais naturais de construção (solos e rochas) para as inúmeras finalidades da construção civil envolve possíveis problemas dos mais variados, tais como baixas características mecânicas, alta velocidade de alteração e consequente queda de resistência mecânica e produção de finos, reatividade com os álcalis do cimento, conteúdo elevado em matéria orgânica, má adesividade a ligantes betuminosos, baixa aderência às argamassas, índices inadequados de forma após britagem, etc. Portanto, o emprego de materiais sem um conhecimento detalhado de seu comportamento tecnológico poderá levar à construção de estruturas com más características funcionais ou requerer a utilização de elevados coeficientes de segurança e, por conseguinte, onerar os custos.

O emprego do material, com segurança e economia, prevê o conhecimento das características técnicas e econômicas dos materiais de construção disponíveis e a sua caracterização é normalmente obtida por meio de um estudo de amostras representativas, segundo um exame tecnológico em corpos de prova normalizados, para a determinação, por meio de ensaios (Patton,1976).

Quanto à qualidade dos materiais de construção devem ser observadas algumas propriedades que o material deve apresentar para ser adequado para a sua utilização em obras de engenharia civil como material de construção. A qualidade do material de construção fica bem definida pela sua aptidão quando satisfizer às condições técnicas para determinada utilização, considerando-se de boa qualidade quando tiver certas condições favoráveis, tais como: granulometria adequada (conforme o uso), resistência mecânica, composição mineralógica, etc (Petrucci,1976).

Os materiais naturais de construção recebem designações segundo as dimensões das partículas compreendidas entre determinados limites convencionais, conforme a Tabela 2.1, onde são representadas as classificações adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1995), *American Society for Testing Materials* (ASTM, 1989) e *American Association for State Highway and Transportation Officials*, AASHTO (ASTM, 2004).

Os materiais naturais de construção são escolhidos de forma que melhor se adaptem às condições de uma dada tarefa (obra). Portanto, um dado depósito pode ser aceito ou recusado,

dependendo do seu comportamento. Esta situação pode existir dependendo das condições ou situações, e o único recurso é escolher outro depósito se aquele desejado apresentar condições inadequadas. Se as características do solo são inadequadas em alguns casos podem ser melhoradas pela adição de alguma substância. A maioria dos casos, no entanto, o solo deve ser empregado nas suas condições naturais.

Tabela 2. 1. Escalas granulométricas (mm)

TIPO DE MATERIAL	ABNT		ASTM		ASSHTO	
Pedregulho	G	60,0 - 20,0	75,0-4,75		60,0 - 2,0	
	M	20,0 - 6,0				
	F	6,0 - 2,0				
Areia	G	2,0 - 0,6	G	4,75 - 2,0	G	2,0 - 0,425
	M	0,6 - 0,2	M	2,0 - 0,425		
	F	0,2 - 0,06	F	0,425 - 0,075		
Silte	0,06 - 0,002		0,075 - 0,005		0,075 - 0,005	
Argila	< 0,002		< 0,005		< 0,005	

G – grossa

M – média

F - fina

2.2 USOS E APLICAÇÕES DE MATERIAIS NATURAIS

Dentre as substâncias minerais mais comuns produzidas e relacionadas com o consumo nos centros urbanos, são apresentados, com destaque para as suas características de uso e especificações, os materiais para construção civil (agregados), argila para cerâmica, material de empréstimo, entre outros. Trata-se de minerais cuja produção está intimamente relacionada ao desenvolvimento dos centros urbanos, traduzindo-se na movimentação de grandes volumes de substâncias, em elevados valores de produção, bem como no considerável peso contributivo na arrecadação de impostos para os estados (MINERAÇÃO e MUNICÍPIO, 2003).

Excluídos os combustíveis fósseis, os materiais de construção são as substâncias minerais mais utilizadas (em volume e valor) em todo o mundo. Esses materiais, de uso *in natura* na construção civil, compreendem uma série de bens minerais, que se caracterizam pelo seu baixo valor unitário e pela remoção e transporte de grandes volumes a granel, o que condiciona seu aproveitamento econômico nas proximidades dos centros consumidores. Incluem os agregados - areias, cascalhos e rochas para a brita, entre outros (MINERAÇÃO e MUNICÍPIO, 2003).

- **Agregados**

Os agregados são materiais granulares, de forma e volume diversos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia. Quanto à origem são denominados naturais aqueles lavrados diretamente na forma de fragmentos, como areia e pedregulhos, e artificiais, os que são submetidos a processos de fragmentação, como pedra e areias britadas.

Segundo ABNT (1993), define agregado como material natural, de propriedades adequadas ou obtidos por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm (Tabela 2.2).

Tabela 2. 2. Terminologia utilizada pela NBR 7225 (ABNT, 1993)

Nomenclatura	Definição
Agregado graúdo	Pedra britada, brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais compreendidas entre 100 e 4,8 mm.
Agregado miúdo	Pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais compreendidas entre 4,8 e 0,075 mm.
Pedra britada	material proveniente de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8 mm.
Pedrisco	Material proveniente de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 4,8 mm e de dimensões nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm
Areia	Material natural, de propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,00 mm e de dimensão nominal igual ou superior a 0,075 mm
Pó de pedra	Material natural de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm

- **Areia**

Areia para construção civil pode ser definida como uma substância mineral inconsolidada, constituída por grãos predominantemente de quartzos, angulosos ou arredondados, que se enquadram numa faixa de tamanho compreendida entre 2,0 e 0,075 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presentes, como feldspato, micas e óxidos de ferro.

Os tipos de areia mais comuns encontrados no mercado, de acordo com a granulometria, são os seguintes:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Areia grossa (2,0 – 1,2 mm) • Areia média (1,2- 0,42mm) • Areia fina (0,42-0,074 mm) |
|--|

Comercialmente, as areias para construção civil recebem designações segundo o grau de beneficiamento a que são submetidas:

- Areia bruta (não beneficiada)
- Areia lavada (lavagem simples de partículas e substâncias indesejáveis)
- Areia graduada (areia que obedece a uma classificação granulométrica previamente estabelecida)

Na construção civil, a areia é empregada como agregado para concreto, argamassas, blocos de cimento e também para a pavimentação de estradas. A sua granulação tem papel importante na economia do consumo de cimento, na preparação de argamassas ou concreto.

- Cascalho

O cascalho constitui um agregado mineral graúdo, empregado normalmente em base de estradas vicinais. Pode ser de dois tipos distintos: material arenoso, geralmente obtido como subproduto da extração de areias; e material rochoso desagregado, resultante da alteração e fragmentação natural de rochas cristalinas (granito, gnaisse, basalto, entre outras).

- Brita

Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processo de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, resultantes do desmonte por explosivos de maciços rochosos.

As especificações da brita variam segundo o setor de sua aplicação da indústria de construção civil, pode ser: concreto, pavimentação, obras civil (ferrovias, túneis, barragens), entre outras. As propriedades principais são aquelas que definem as características físicas (dureza, resistência a varias solicitações, densidade, porosidade, etc.), químicas (reatividade), e mineralógica (tipo de rocha-fonte, minerais constituintes). Existem normas para especificar as britas de acordo com as suas aplicações.

- Argilas para cerâmica vermelha.

As argilas utilizadas para cerâmica vermelha abrangem uma grande variedade de sedimentos pelíticos, consolidados e inconsolidados, tais como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos e folhelhos, que ao queimarem assumem cores geralmente avermelhadas e que são empregados na fabricação de tijolos, blocos cerâmicos, telhas, tubos cerâmicos e revestimentos. Na ordem citada, se exige melhor qualidade da matéria-prima argilosa e a temperatura de queima varia entre 800 e 1.150 °C. A argila para cerâmica vermelha geralmente caracteriza-se como um produto de baixo valor unitário, sendo consumido nas imediações dos jazimentos.

A produção mais rudimentar trata do fabrico de tijolos maciços, utensílios domésticos e peças de adorno, que podem ser conformados manualmente ou por processos semimecanizados. Nesse segmento, encontram-se as olarias, que produzem tijolos maciços comuns e tijolos à vista; pequenas cerâmicas artísticas e utilitárias, que produzem vasos, talhas e peças ornamentais; além de artesãos, que moldam variadas peças, como imagens de santos e figuras folclóricas. Esses produtos apresentam baixo valor unitário, mas podem encontrar nichos de mercado com melhor valorização, onde há bons apelos comerciais, dados os aspectos culturais e artesanais da cerâmica.

- Material de empréstimo

Correspondem a materiais terrosos obtidos em diferentes locais, muitas vezes situados a distâncias consideráveis, utilizados na construção de leito de estrada e aterros e, eventualmente, como insumos nas obras de infra-estrutura e nas edificações. As áreas onde ocorre a extração desses materiais são conhecidas como caixa de empréstimo. Tais materiais podem ter composição diversa, variando desde solo areno-argiloso a cascalho e saibro (saprolito), incluindo, às vezes, rochas cristalinas desagregadas (basalto, quartzo e granito).

2.3 NORMAS PARA CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os materiais naturais de construção devem passar por um processo de caracterização tecnológica antes de serem utilizados. Tal caracterização deve ser executada por procedimentos padronizados.

Segundo Campos *et al.* (2004), a normalização permite tornar mais homogêneo e preciso o tratamento dado a um determinado assunto, estabelecendo passos tais como execução de ensaios e de análises, denominação adequada de materiais, especificação de qualidade requerida para materiais e serviços, dentre outros quesitos. Permite também, no caso dos ensaios, analisar com maior segurança os resultados obtidos em diferentes materiais.

Existem diversas instituições que servem de referência para normas de ensaios tecnológicos em materiais naturais de construção, tais como: ASTM (*American Society for Testing Materials*), ABNT (Associação Brasileira de Normas), LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), DTRSA (*Department of Transport of Republic of South Africa*), entre outras.

2.4 ENSAIOS TECNOLÓGICOS

O agregado pode ser usado com ligante ou sem ligante durante a sua vida útil, dependendo da área de aplicação, tais como concretos betuminosos ou de cimento *portland*, enrocamento, filtro, pavimentos entre outras aplicações.

Os agregados apresentam grande diversidade de propriedades. Algumas são relevantes para um dado uso, enquanto outras o serão para outro.

As propriedades dos agregados que interessam à construção civil podem ser classificadas em geológicas (petrográfica), químicas, físicas e mecânicas (Frazão, 2002).

As propriedades geológicas estão presentes na natureza dos agregados e no seu modo de ocorrência. A natureza da rocha se mostra na composição mineralógica, textura e estrutura, bem como no grau (estado) e tipo de alteração mineralógica.

As principais propriedades físicas e mecânicas dos agregados são altamente influenciadas pelas propriedades geológicas. As físicas podem ser resumidas em: densidade, massa específica, porosidade, capacidade de absorção d'água, massa unitária, granulometria, adesividade, etc. As propriedades mecânicas podem ser resumidas em: esmagamento, abrasão, resistência a compressão, entre outras.

As propriedades químicas podem ser resumidas em: reações álcali-agregados, alterabilidade, entre outras.

De acordo com Campos *et al.* (2007), para cada tipo de aplicação dos agregados, é exigido o conhecimento de um dado conjunto de suas propriedades. Mesmo para uma determinada aplicação, deverá estabelecer-se uma hierarquia entre as propriedades, em termos de atender a funções específicas numa obra.

Todas essas propriedades podem ser convenientemente determinadas em laboratório e algumas também no campo, utilizando-se técnicas apropriadas e procedimentos padronizados.

A execução de ensaios de identificação e caracterização dos materiais para a sua aprovação como material de construção é extremamente importante, sendo controlada pelas exigências enumeradas pelas diversas especificações existentes em cada país.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

A classificação dos materiais naturais de construção pretende, em primeira aproximação, agrupar e descrever a aptidão como material de construção e prever o seu comportamento mecânico e hidráulico em obra. Nos vários domínios da engenharia em que se

trabalha com materiais naturais de construção, têm sido adotados vários critérios para o estabelecimento da sua classificação, dentre as mais conhecidas na engenharia civil, estão as classificações genéticas (pedológica e geológica) e as tecnológicas (geotécnicas).

2.5.1 Classificação Genética

O comportamento e a distribuição das diferentes camadas de uma determinada região são compreendidos e entendidos a partir das classificações genéticas, que são divididas em geológica e pedológica.

A classificação geológica corresponde à interpretação da gênese do solo, com base na análise tátil-visual, em observações de campo acerca da forma de ocorrência (morfologia) e das relações estratigráficas com outras ocorrências (solos e rochas), interpretando-se os processos responsáveis pela gênese e eventualmente pela rocha de origem (Pastore *et al.*, 1998).

A classificação pedológica, por sua vez concentra seu interesse na parte mais superficial do perfil de solo, onde é mais evidente a atuação de fatores pedogenéticos, diferenciando o perfil em horizontes. Esta classificação é importante na área geotécnica e para os agrônomos.

2.5.2 Classificação Geotécnica

As classificações geotécnicas buscam associar as propriedades físicas dos solos ao comportamento dos solos para as diversas obras civis. Das classificações geotécnicas, duas são tradicionalmente muito utilizadas na engenharia: a *Highway Research Board* (HRB-AASHTO, hoje chamada de TRB), normatizada pela ASTM D 3282-88 e a *Unified Soil Classification System* (USCS), normatizada pela ASTM D 2487-85. Ambas têm como índices classificatórios os limites de Atterberg (limites de liquidez e plasticidade) e a granulometria. Em Moçambique, além dessas classificações, também é usada a especificação do *Department of Transport of Republic of South Africa* para a classificação dos solos (DTRSA, 1985).

Nos últimos anos, no Brasil tem sido também adotada a classificação MCT (Miniatura Compactado Tropical), que tem como base a avaliação do comportamento dos solos, em especial o seu caráter laterítico (Nogami e Villibor, 1981).

Nesta pesquisa são abordadas as classificações geotécnicas convencionais ou tradicionais; a textural; a especificação da DSTR (1985) utilizada na região da África Austral e a classificação MCT.

2.5.2.1 Classificação Textural do Solo

A textura refere-se à proporção relativa do tamanho e de forma dos grãos presentes numa dada massa de solo. O critério é baseado nas dimensões das partículas, permitindo assim a separação das principais frações, onde de acordo com as proporções dessas frações o solo é designado, segundo a NBR 6502/95.

Existem várias escalas granulométricas abordadas em diferentes ramos, tais como na mecânica de solos e geologia de engenharia. A Tabela 2.1 apresenta as principais frações granulométricas, bem como as respectivas designações de acordo as instituições normatizadoras internacionais mais conhecidas. Existem além dessas classificações da engenharia, classificações usadas na agronomia como a diagrama trilinear de solos (Figura 2.1)

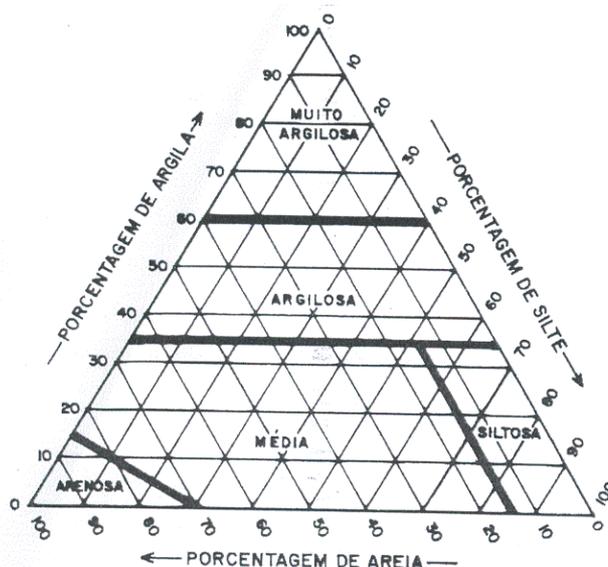


Figura 2.1. Diagrama Trilinear de Solos (Embrapa, 1999)

2.5.2.2 Classificação Geotécnica Convencional ou Tradicional

A classificação geotécnica convencional é baseada nas características de identificação de solos (análise granulométrica e limites de consistência). As classificações mais usadas para a identificação e classificação dos solos são: Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) ou *Unified Soil Classification System* (USCS) e a classificação da *Highway Research Board* (HRB).

- *Classificação Unificada de Solos* (SUCS)

O SUCS é normatizada pela ASTM D 2487-85, e na escala granulométrica da ASTM D 2488-84. A classificação é efetuada com base nos resultados dos ensaios de análise

granulométrica e limites de consistência. Os solos são divididos em dois grandes grupos, de acordo a sua textura, em solos grossos (mais de 50% retido na #200-0,075mm) e solos finos (50% ou mais passam na #200-0,075mm), que por sua vez têm outras subdivisões, de acordo a norma acima mencionada. A Tabela 2.3, apresenta a classificação do tipo do solo associado ao seu comportamento para uso em obras de engenharia (Lambe, 1969).

- *Classificação dos Solos Para Fins Rodoviários (HRB)*

A classificação HRB é utilizada para estradas. Ela é normalizada na ASTM D 3282-88 e a sua escala granulométrica, na ASTM D422-90.

A designação do solo segundo esta classificação é efetuada com base nos resultados dos ensaios de identificação (análise granulométrica e limites de consistência). Os solos são divididos em dois grandes grupos de acordo a textura do solo (solos grossos quando mais de 35% dos grãos ficam retidos na #200-0,075mm, solos finos 35% ou mais passam na #200-0,075mm), que por sua vez têm outras subdivisões de acordo a norma acima mencionada.

Tabela 2. 3. Propriedades esperadas dos grupos de solos do SUCS (modificado-Lambe,1969)

Grupo	Permeabilidade quando compactado	Resistência ao cisalhamento quando compactado e saturado	Compressibilidade quando compactado e saturado	Viabilidade como material de construção
GW	permeável	excelente	quase nenhuma	excelente
GP	permeável	boa	quase nenhuma	boa
GM	semipermeável impermeável	boa	quase nenhuma	boa
GC	impermeável	boa a regular	pequena	boa
SW	permeável	excelente	quase nenhuma	excelente
SP	permeável	boa	pequena	regular
SM	Semipermeável impermeável	boa	pequena	regular
SC	impermeável	boa a regular	pequena	boa
ML	Semipermeável impermeável	regular	médio	regular
CL	impermeável	regular	médio	boa a regular
OL	Semipermeável impermeável	ruim	médio	regular
MH	Semipermeável impermeável	regular a ruim	alta	ruim
CH	Impermeável	ruim	alta	ruim
OH	impermeável	ruim	alta	ruim
Pt	-	-	-	-

2.5.2.3 Especificação da Guidelines For Road Construction Materials

Esta especificação foi desenvolvida pelo Departamento de Transporte da República da África de Sul (DTRSA, 1985) e é utilizada para materiais aplicados em pavimentação. A

designação do material segundo esta especificação, é efetuada com base nos resultados dos ensaios de identificação e caracterização, nomeadamente: análise granulométrica, limites de consistência, compactação e determinação de Índice de Suporte de Califórnia (ISC ou CBR). Os materiais são divididos em três grandes grupos, que são: pedra britada graduada; cascalhos naturais; e solos e cascalhos. A classificação do material de acordo a especificação definida pela DTRSA, é apresentada na Tabela 2.4.

Tabela 2. 4. Classificação do material de acordo com a DTRSA,(DTRSA, 1985)

Símbolo	Material	Especificação
G1	Pedra britada graduada	Pedra brita graduada não alterada; máxima dimensão 37,5 mm; densidade relativa aparente igual a 86 – 88%; Solo fino IP<4 %
G2	Pedra britada graduada	Pedra britada graduada; máxima dimensão 37,5 mm; Proctor Modificado (AASHTO) 100 – 102% densidade relativa dos grãos a igual a 85%; Solo fino IP<6
G3	Pedra britada graduada	Pedra britada graduada e solo natural fino; Máxima dimensão 37,5 mm; Proctor Modificado (AASHTO) 98 – 100%; solo fino IP<6%
G4	Pedra britada graduada ou Cascalho natural	CBR mínimo igual a 80% compactado a 98% do Proctor Modificado (AASHTO); Máxima dimensão 37,5 mm; Proctor Modificado (AASHTO) 98 -100%; IP<6%; Expansão máxima 0,2% compactado 100% do Proctor Modificado (AASHTO). Para calcário IP \leq 8
G5	Cascalho natural	CBR mínimo igual a 45% compactado a 95% do Proctor Modificado(ASSHTO); Máxima dimensão 63 mm ou 2/3 da espessura da camada compactada; IP<10; Expansão máxima 1,0% compactado a 100% do Proctor Modificado (ASSHTO)*.
G6	Cascalho natural	CBR mínimo igual a 25% compactado a 95% do Proctor Modificado (ASSHTO), Máxima dimensão 63 mm ou 2/3 da espessura da camada compactada; IP<12; Expansão máxima 1,0% compactado a 100% do Proctor Modificado (ASSHTO)*
G7	Cascalho e /ou solo	CBR mínimo igual a15% compactado a 93% do Proctor Modificado (ASSHTO); Máxima dimensão 2/3 da espessura da camada; IP<12% ou 3MG**+10; Expansão máxima 1,5 compactado a 100% do Proctor Modificado (ASSHTO)***
G8	Cascalho e /ou solo	CBR mínimo igual a10% compactado a 93% do Proctor Modificado(ASSHTO); Máxima dimensão 2/3 da espessura da camada; IP<12 ou 3MG**+10; Expansão máxima 1,5% compactado a 100% do Proctor Modificado (ASSHTO)***
G9	Cascalho e /ou solo	CBR mínimo igual a 7% compactado a 93% do Proctor Modificado (ASSHTO); Máxima dimensão2/3 da espessura da camada; IP<12% ou 3MG**+10; Expansão máxima 1,5% compactado a 100% do Proctor Modificado (ASSHTO)**
G10	Cascalho e /ou solo	CBR mínimo igual a 3% compactado a 93% do Proctor Modificado (ASSHTO), Máxima dimensão 2/3 da espessura da camada compactada; ou 90% do Proctor Modificado (ASSHTO).

*para calcário IP \leq 15 na condição do limite de contração não exceder a 6%

** MG (modulo granulométrico)

*** para calcário IP \leq 17 na condição do limite de contração não exceder a 7%

Os países da região da África Austral, incluindo Moçambique, costumam adotar esta especificação para a classificação dos solos para utilização em pavimentação.

De acordo com a classificação, são apresentados na Tabela 2.5 o tipo de cada material e sua respectiva aplicação em camadas de pavimentos.

Tabela 2. 5. Aplicação do material para pavimentação de acordo a sua classificação (modificado - DTRSA, 1985)

Camadas	Tipo do material
Base	G1, G2, G3, G4
Sub-base	G5, G6
Reforço do sub-leito	G6, G7, G8, G9
Sub-leito	G8, G9 e G10

2.5.2.4 Classificação Geotécnica MCT

Nogami e Villibor (1981) desenvolveram a metodologia de ensaios MCT, com base na justificativa de que a aplicabilidade dos procedimentos tradicionais levava a resultados insatisfatórios, quanto ao desempenho estrutural dos solos arenosos finos. Essa metodologia caracteriza-se pela determinação de propriedades mais representativas do comportamento dos solos tropicais (contração, penetração e ação da água), tendo-se em vista sua utilização em pavimentação.

Nogami e Villibor (1981) designaram como “solos com comportamento laterítico” aqueles que contêm agentes cimentantes, e que quando devidamente compactados e após secarem, adquirem um comportamento mecânico e hidráulico caracterizados pelas seguintes propriedades: resistências elevadas, permeabilidades e deformabilidades baixas em relação aos solos que não os contêm.

A metodologia MCT tem como finalidade a caracterização, identificação e classificação de solos tropicais. Nesta classificação, Nogami e Villibor (1981) propuseram dois grupos de solos que podem apresentar comportamento laterítico (L) ou comportamento não laterítico (N) subdivididos em sete grupos (Nogami e Villibor, 1995).

- Areias lateríticas (LA): No grupo estão inclusas as areias com poucos finos de comportamento laterítico, típicas do horizonte B dos solos conhecidos como areias quartzosas;
- Solos arenosos lateríticos (LA’): Solos tipicamente arenosos, e constituintes do horizonte B dos solos conhecidos pedologicamente, no Brasil, por latossolos arenosos e solos podzólicos ou podzolizados arenosos (textura média). Esses solos, além da presença de matrizes vermelho e amarelo, dão cortes firmes (pouco ou não erodíveis), nitidamente trincados, quando expostos às intempéries;

- Solos argilosos lateríticos (LG'): É formado por argilas e argilas arenosas, que constituem o horizonte B dos solos conhecidos pedologicamente por latossolos, solos podzólicos e terras rochas estruturadas. Quando tem porcentagem relativamente elevada de grãos de areia podem apresentar propriedades similares às dos solos do grupo LA.

- Areias não lateríticas (NA): Os solos deste grupo são areias, siltes e misturas de areias e siltes, nos quais os grãos são constituídos essencialmente de quartzo e/ou mica.

- Solos arenosos não-lateríticos (NA'): Compostos granulometricamente por misturas de areias quartzosas (ou de minerais de propriedades similares) com finos passando na peneira de 0,075 mm, de comportamento não laterítico. Geneticamente os tipos mais representativos são solos saprolíticos originados de rochas ricas em quartzo tais como os granitos, granisses, arenitos e quartzitos impuros;

- Solos siltosos não lateríticos (NS'): O grupo compreende os solos saprolíticos silto-arenosos peculiares, resultantes do intemperismo tropical nas rochas eruptivas e metamórficas, de constituição predominantemente feldspática-micácea-quartzosa. As variedades mais ricas em areia quartzosa podem ter características mecânicas e hidráulicas que se aproximam dos solos do grupo NA';

- Solos argilosos não lateríticos (NG'): O grupo compreende os solos saprolíticos argilosos, provenientes de rochas sedimentares argilosas (folhelhos, argilitos, siltitos), ou cristalinas pobres em quartzo e ricas em anfibólios, piroxênios e feldspatos cálcicos. Classificam-se neste grupo os solos superficiais pedogenéticos não lateríticos, como os vertissolos bem como muitos solos transportados.

Para se classificar os solos lateríticos e saprolíticos, da metodologia MCT, utiliza-se o gráfico da Figura 2.2, onde a linha tracejada separa os solos de comportamento laterítico dos solos de comportamento não laterítico.

Nogami e Villibor (1981) propuseram pela primeira vez a metodologia expedita para a determinação das propriedades de solos naturais para aplicação em pavimentação, denominada de Metodologia MCT. Esta proposta está fundamentada a partir da constatação de peculiaridades de comportamento observadas em camadas de pavimentos construídas com os solos finos. O êxito dessa pesquisa está em permitir a extrapolação do campo de sua aplicação, o estado de São Paulo, para todas as regiões de clima tropical, ou seja, para a maior parte do território brasileiro e Moçambique.

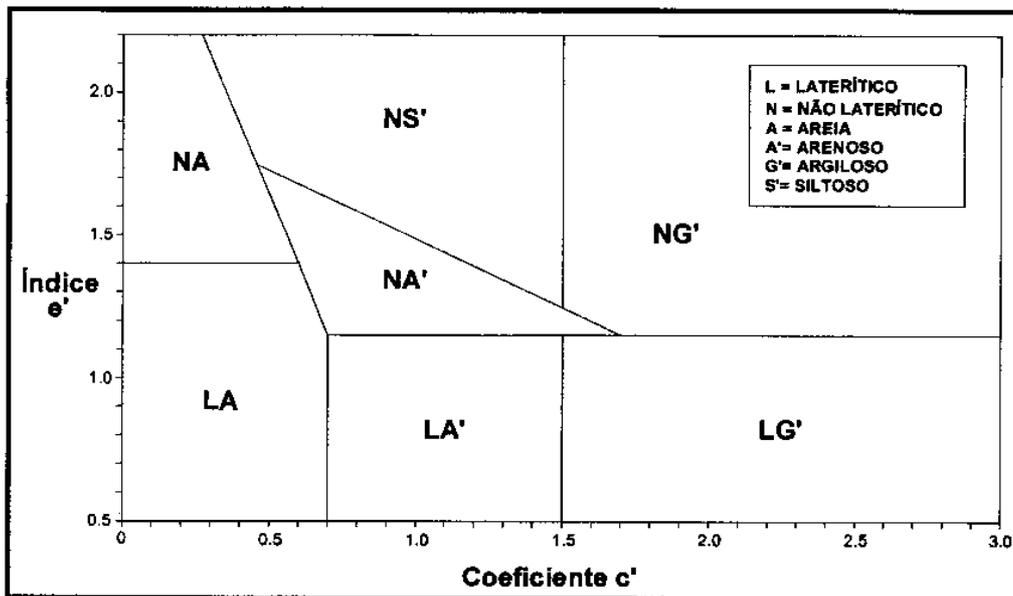


Figura 2.2. Carta de classificação de solos da Metodologia MCT (Nogami & Villibor, 1981)

Nogami e Cozzolino (1985) propuseram um procedimento expedito para atender a necessidade da identificação expedita de solos tropicais.

Fortes e Nogami (1991) apresentaram uma nova proposta para o procedimento de ensaio e identificação expedita dos grupos MCT, que corresponde a uma série de determinações rápidas e simples, baseada em índices empíricos e determinações qualitativas, utilizando aparelhagem simples podendo ser executado no campo, identificando-se com um baixo custo, os solos de comportamento laterítico e os de comportamento não-laterítico, conforme grupos da classificação.

Nogami e Villibor (1994 e 1996) apresentaram simplificações do método, conseguindo obter a identificação dos grupos de MCT a partir de um gráfico do valor da contração diametral versus penetração. Assim sendo, o método baseia-se em determinações efetuadas em pastilhas que são moldadas em anéis de PVC, verificando-se a contração diametral após secagem, e submetidas à reabsorção de água, quando se observa o surgimento de trincas, expansão, e resistência a penetração com um penetrometro padrão.

Fortes (1997) apresentou uma proposta de normatização na 1ª Câmara Permanente de Desenvolvimento Tecnológico ocorrida na Universidade Mackenzie. Desde então este procedimento para investigação expedita geotécnica segundo a metodologia MCT tem sido utilizado, com sucesso, em todo Brasil, em locais onde ocorrem solos tropicais (Fortes *et al.* 2002).

A partir do ensaio se faz a identificação expedita dos grupos da classificação MCT. Segundo os autores este ensaio vem substituir os índices de consistência do solo e a granulometria, na identificação e classificação preliminar dos solos tropicais, possibilitando uma caracterização quanto ao seu comportamento mecânico e hidráulico

O ensaio das pastilhas faz uma avaliação das propriedades, principalmente da contração diametral e da resistência à penetração da pastilha de solo após reabsorção de água, enquanto os índices de consistência do solo e a granulometria estão relacionados ao comportamento geotécnico por inferência. Entre outras vantagens do método das pastilhas destacam-se: menor tempo de obtenção de resultados, reduzido volume de amostra utilizada em cada ensaio, simplicidade dos equipamentos e praticidade na execução (Godoy *et al.* 2002). Uma vez obtidos os valores da contração e de penetração, é usado o gráfico apresentado na Figura 2.3 para obter o grupo de solo da metodologia MCT.

O gráfico apresenta classes de solos de acordo com a classificação MCT. O símbolo “-“ separa duas opções de tipo de solos diferentes de maneira equivalente, e o símbolo “/” separa opções de solos de maneira decrescente.

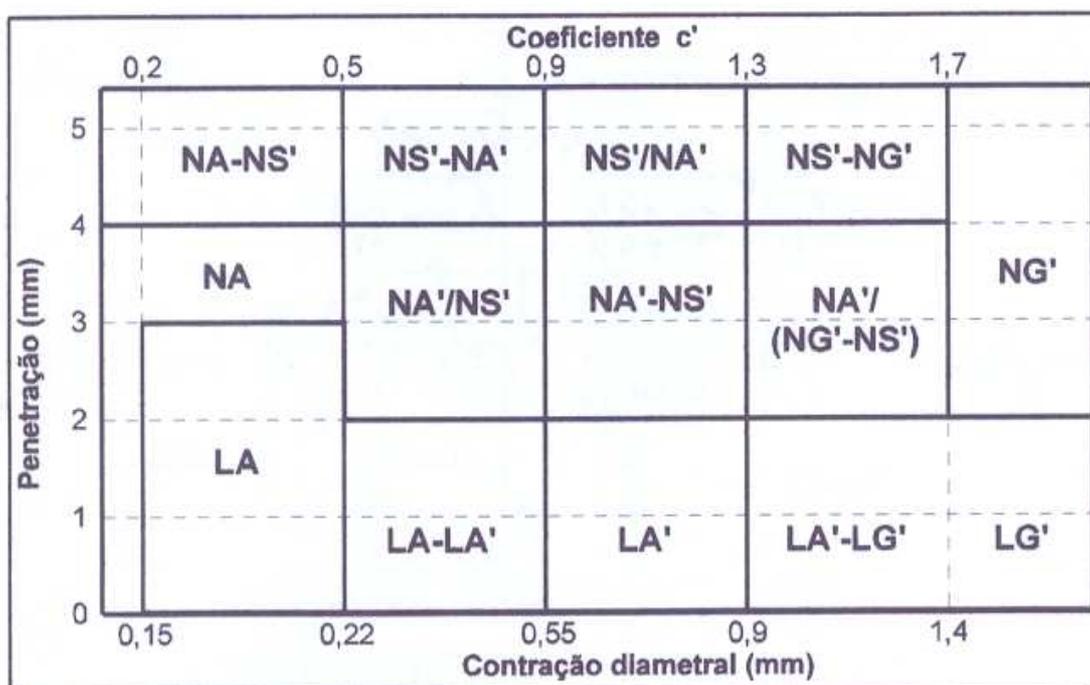


Figura 2.3. Carta de classificação do Método das Pastilhas (Nogami & Villibor, 1994)

Na parte superior do gráfico situam-se os valores do coeficiente c' , que é calculado pelas seguintes equações.

$$c' = \log_{10} Ct + 1/0,904 \quad (2.1)$$

para valores de contração Ct entre 0,1 e 0,5 mm

$$c' = \log_{10} Ct + 0,7 / 0,5 \quad (2.2)$$

para valores de contração Ct maiores ou iguais a 0,6 mm.

Desta forma, é possível determinar a classe do solo a partir dos valores da penetração e da contração diametral ou coeficiente c' .

Quando os valores de penetração efetuados nas pastilhas submetidas à embebição (ou reabsorção) for próximo ou igual a 2 mm, isto é, quando o resultado corresponder às que se localizam próximo da linha que separa os solos de grupos lateríticos (prefixo L) do não laterítico (prefixo N) no gráfico de classificação, MCT, deve-se repetir o ensaio (Fortes *et al.*, 2002).

A partir desta classificação é possível se fazer uma previsão da aplicação do comportamento de cada tipo de solo (Tabela 2.6).

No método expedito são avaliadas as propriedades de: deformabilidade (a partir da contração diametral por perda de umidade e pela expansão diametral por reabsorção d'água), resistência (a partir da penetração de um penetrômetro na pastilha de solo após esta ter sofrido reabsorção de água) e permeabilidade (a partir do tempo para ascensão capilar d'água e capacidade de reabsorção d'água após secagem prévia). Tais propriedades são importantes para a maioria das obras geotécnicas, uma vez que as características (propriedades): contração, penetração e reabsorção de água, de certa forma sintetizam o comportamento de um solo para aplicação em pavimentação. Enquanto a contração se correlaciona com a deformabilidade dos solos compactados, a reabsorção de água e a penetração estão relacionadas com a expansão, a coesão e a resistência desses solos em presença de água (Fortes e Nogami, 1991).

Além de autores acima mencionados, que propuseram o sistema de classificação MCT para solos tropicais, têm sido apresentadas diversas propostas para trabalhar com este tipo de solos, entre as quais Ignatius (1991), que propôs um índice classificatório de solos tropicais, a partir de um índice que pode ser obtido dos ensaios de compactação tipo Proctor realizados com a energia de Proctor Normal e os ensaios de compactação miniatura executados no método MCT. As curvas de compactação dos solos tropicais lateríticos deverão apresentar inclinações maiores no ramo seco, comparados aos solos não lateríticos (Figura 2.4).

Tabela 2. 6. Propriedades e Utilização dos Grupos de Solos da MCT (Nogami & Villibor, 1995)

Granulometrias Típicas Designações do T1-71 do DER-SP (equivalentes da Missipi River Commission, USA)			argilas siltes (q,s)	areias siltosas	siltes(k,m) siltes arenosos	argilas arenosas argilas siltosas siltos agilosas	areias siltosas	areias argilosas	argilas arenosas argilas siltosas siltos argilosos
k=caolínítico m=micáceo s=sericítico q=quartzoso									
COMPORTAMENTO			N= Não Laterítico				L=Laterítico		
GRUPO MCT			NA	NA'	NS'	NG'	LA	LA'	LG
Propriedades	MIN-CBR (%)	Sem imersão Perda por imersão	M,E B,M	E B	M,E E	E E	E B	E,EE B	E B
	EXPANSÃO		B	B	E	M,E	B	B	B
	CONTRAÇÃO		B	B,M	M	ME	B	B,M	ME
	COEF. DE PERMEABILIDADE (k)		M,E	B	B,M	B,M	B,M	B	B
	COEFICIENTE DE SORÇÃO (s)		E	B,M	E	M,E	B	B	B
	Corpos de prova compactados na massa específica aparente seca máxima da energia normal		EE=Muito Elevado (a) E=Elevado (a)	M =Médio (a) B= Baixo (a)		Vide Tabela III.3 para equivalente numérico			
Utilização	Base de pavimento		n	4°	n	n	2°	1°	3°
	Reforço do subleito compactado		4°	5°	n	n	2°	1°	3°
	Subleito compactado		4°	5°	7°	6°	2°	1°	3°
	Aterro (corpo) compactado		4°	5°	6°	7°	2°	1°	3°
	Proteção à erosão		n	3°	n	n	n	2°	1°
	Revestimento primário		5°	3°	n	n	4°	1°	2°
N= não recomendado									
Grupos tradicionais obtidos de amostras que se classificam nos grupos MCT discriminados nos topos das colunas		USCS	SP SM	MS SC ML	SM,CL ML, MH	MH CH	SP SC	SC	MH ML CH
		AASHO	A-2	A-2 A-4 A-7	A-4 A-5 A-7-5	A-6 A-7-5 A-7-5	A-2	A-2 A-4	A-6 A-7-5

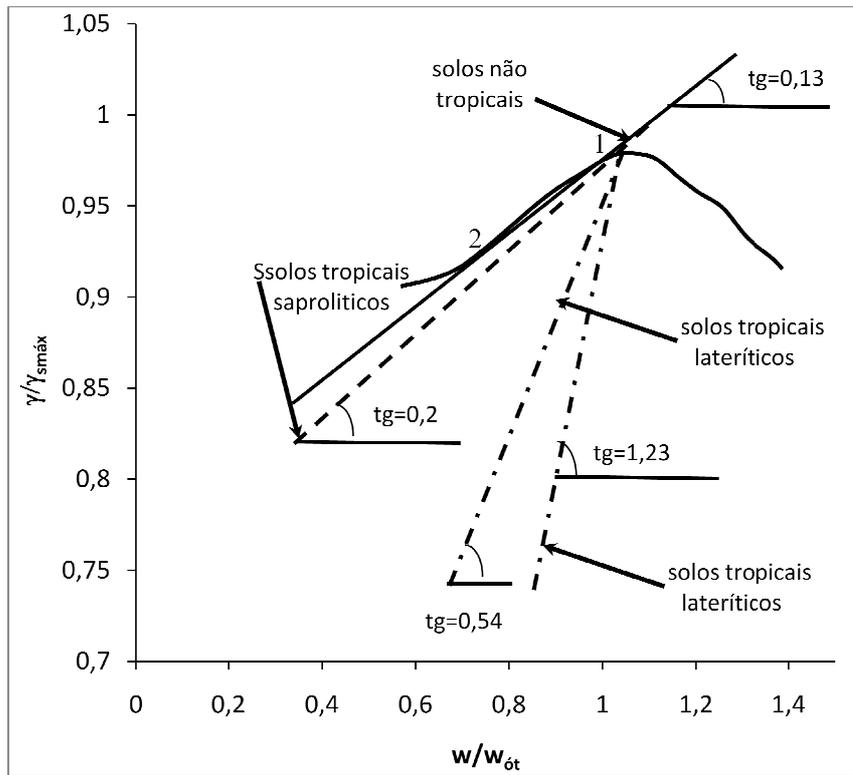


Figura 2.4. Curva normalizada de compactação (modificado -, Ignatius, 1991)

Para efeito, é calculado o “Índice de Laterização”, simbolizado por L (laterítico), utilizando a seguinte equação.

$$L = \frac{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_{smáx}}\right)_2 - \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_{smáx}}\right)_1}{\left(\frac{w}{w_{ót}}\right)_2 - \left(\frac{w}{w_{ót}}\right)_1} \quad (2.3)$$

onde:

(...)₁ é o ponto da curva de compactação

γ_s é o peso específico seco aparente

$\gamma_{smáx}$ é o peso específico seco máximo

w é o teor de umidade

$w_{ót}$ é o teor de umidade ótimo

Os valores de L entre 0,10 e 0,20 indicam solos de comportamento não laterítico e valores maiores que 0,2 indicam solos com algum grau de laterização. E aqueles com valores de L acima de 0,55, têm comportamento tipicamente laterítico.

2.6 SOLOS TROPICAIS

Solos tropicais são solos que possuem comportamentos bem diversos daqueles previsíveis pelos procedimentos tradicionais de caracterização e/ou classificação geotécnica (Nogami e Villibor, 1996)

Haveria então grande interesse prático em saber se um solo tem comportamento laterítico ou não segundo essa conceituação. Isto porque os métodos tradicionais, se utilizados na identificação e classificação dos solos tropicais podem conduzir a consequências desagradáveis, tais como: - se o solo classificado comportar bem melhor que o previsto, ocorreria o superdimensionamento do pavimento; - se o solo classificado comportar bem pior que o previsto, ocorreria o subdimensionamento, e assim se teria uma redução da vida do pavimento ou a sua ruptura precoce (Nogami & Villibor, 1996).

Os solos tropicais ocorrem em locais que apresentam características climáticas tropicais e úmidas. Geralmente, países onde ocorre este tipo de solo estão localizados entre trópicos. Os solos tropicais podem revelar comportamentos distintos relacionados com seu comportamento mecânico e hidráulico devido ao processo de “laterização”. Devido ao processo de laterização, a fração argila dos solos lateríticos é constituída essencialmente de argilo-minerais do grupo das caulinitas e de hidróxidos e óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio. A combinação desses componentes é responsável pela formação de agregações estáveis em presença de água, graças ao recobrimento dos argilo-minerais pelos hidróxidos e óxidos hidratados que, também reduzem a capacidade de adsorção de água pelos argilo-minerais, atuam como agentes cimentantes principalmente do quartzo, agregações lateríticas e, em menor escala, minerais pesados (Santos, 2006).

2.6.1 Solos Saprolíticos

Os saprolíticos são aqueles que resultam da decomposição e/ou desagregação *in situ* da rocha (considerada consolidada da crosta terrestre), mantendo ainda, a estrutura da rocha que deu origem (Cozzolino *et al.*, 1993). De acordo com Pinto (2006), é um solo que mantém a estrutura original da rocha *mater*, inclusive veios intrusivos, fissuras e xistosidade, mas perdeu a consistência da rocha. Visualmente pode confundir-se com uma rocha alterada, mas apresenta pequena resistência ao manuseio. É também chamado de solo residual jovem ou solo de alteração de rocha.

Os solos saprolíticos ocupam a parte mais profunda de um perfil de solo e em suas condições naturais estão sempre subjacentes a uma camada de outro tipo genético de solo. Originam-se pela decomposição da rocha pré-existente. Herdam a estrutura da rocha matriz, além de desenvolver outras feições decorrentes da heterogeneidade de atuação do processo de intemperismo (atuação da água das chuvas e subterrânea, da temperatura). São constantes a presença de manchas e mosqueamentos com feições herdadas da rocha matriz ou desenvolvidas ao longo do processo de intemperismo; podendo apresentar-se excepcionalmente homogênea em pequenas porções. Normalmente encontram-se sobrejacente a uma camada de rocha sã e contêm, com frequência, intercalações desse material. A camada saprolítica é muitas vezes subdividida em saprólito (menos intemperizado) e saprolítico (mais intemperizado).

Quanto à constituição mineralógica, apresenta-se muita variada, uma vez que depende do tipo de rocha matriz e do seu grau de intemperização. São típicos os casos de mineralogias complexas em todas as suas frações granulométricas. Na fração areia pode ocorrer mineral não estável ao intemperismo tropical (mica e feldspatos) e na fração argila, minerais expansivos da família das esmectitas ou ilitas. A fração silte também pode ter constituição variada (argilominerais, micas, quartzo, magnetita e ilmenita).

2.6.2 Solos Lateríticos

Os solos lateríticos são geralmente resultantes da atuação de processos pedológicos, em condições bem drenadas, clima úmido e tropical. Apresentam características macroscópicas e constituição mineralógica peculiar e constituem a parte mais superficial do perfil de solo das áreas bem drenadas (acima do lençol freático). Estes se destacam a partir da uniformidade e coloração característica; podendo se apresentar as cores, vermelha, alaranjada ou amarela e raramente com outras cores (Nogami & Villibor, 1981).

A constituição mineralógica destes solos é caracterizada, principalmente, pela presença de número reduzido de minerais resistentes ou estáveis ao intemperismo químico.

Sua fração argila é constituída de argilominerais da família da caulinita e óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio. Estes óxidos envolvem os argilominerais, resultando em uma microestrutura porosa. A principal peculiaridade dos solos lateríticos, que os diferencia dos solos de clima temperado, é a presença de uma cimentação natural causada pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (Vargas, 1985).

Quanto à microestrutura apresentam-se constituídos por elementos predominantemente pequenos (diâmetro inferior a 2 µm), no entanto, com a cimentação, a granulometria resultante dos ensaios padronizados pode acusar elevada percentagem de grãos maiores nas frações silte e areia. Isto é ocasionado pela presença de agregados. No entanto, com frequência estes agregados são poucos estáveis diante de agentes defloculadores como o hexametáfosfato de sódio e o ultra-som (Pessoa, 2004).

Dadas as particularidades químicas, mineralógicas e estruturais dos solos lateríticos eles são, na engenharia rodoviária, considerados como aqueles que quando devidamente compactados, adquirem condição de baixa perda de resistência ou até nenhuma perda, mesmo na presença de água. E ainda que em estado natural, quanto maior seu grau de laterização, menor será a sua susceptibilidade a erosão (Godoy *et al.*, 2000).

Segundo o Pinto (2006), os solos lateríticos apresentam-se, na natureza, geralmente não-saturados, com índice de vazios elevado, daí sua pequena capacidade de suporte. Quando compactados, entretanto, sua capacidade de suporte é elevada, sendo por isto muito empregados em pavimentação e em aterros. Após compactado, um solo laterítico, apresenta contração se o teor de umidade diminuir, mas não apresenta expansão na presença de água.

A fração de argila dos solos lateríticos ou tropicais possuem óxidos de ferro e/ou alumínio hidratados, bem como argilominerais que conferem baixa expansibilidade e alta capacidade de suporte quando compactados. Quanto à fração arenosa, pode conter elevada percentagem de concreções de resistência inferior à da areia tradicional (quartzo). A presença de mica e/ou feldspato nos solos saprolíticos reduz a densidade seca, a capacidade de suporte e o índice de plasticidade, aumentando o teor de umidade ótima e a expansão do solo. Sendo assim, as limitações quanto às classificações tradicionais podem ser resumidas em repetibilidade dos resultados dos ensaios, falta de correlação entre classificação e comportamento geotécnico (propriedades mecânicas e hidráulicas) (Vargas, 1985).

2.7 ARGILAS PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

As argilas são essencialmente compostas por partículas cristalinas extremamente pequenas de um ou mais membros de um grupo relativamente restrito de minerais. São silicatos de alumínio hidratados, com magnésio ou ferro substituindo total ou parcialmente o alumínio em alguns minerais e que, em alguns casos, incluem elementos alcalinos ou alcalinos terrosos. São colóides eletronegativos, e uma das suas propriedades mais

importantes é a da adsorção e troca de cátions. Também são susceptíveis de dispersão e floculação (Costa, 1973).

A argila, para ser utilizada na indústria cerâmica, deve apresentar certas propriedades essenciais e outras secundárias. As características essenciais são determinadas pela plasticidade, pela capacidade de absorção de água e pelo seu comportamento ao calor com alteração do volume durante a secagem e a cozedura. As características secundárias são determinadas pela fusibilidade, porosidade e cor (LNEC, 1964).

A interação entre as análises mineralógicas e outros ensaios é muito importante, já que a caracterização do material se torna difícil quando são executados ensaios que focam uma mesma análise, isto é, que não abrangem o comportamento do material em termos físicos, químicos, mineralógicos, entre outros. Essas análises proporcionam uma identificação mais concreta dos constituintes do solo, pois evidenciam o seu comportamento.

O conhecimento da composição mineralógica dos solos é fundamental para a compreensão de suas características físico-mecânicas, possibilitando a tomada de decisões no que diz respeito à sua utilização como material de construção, constituindo uma ferramenta fundamental para o entendimento do seu comportamento químico e físico-mecânico.

O estudo da mineralogia colabora significativamente para a classificação dos solos, pois possibilita a discriminação dos minerais presentes no solo. A matéria do solo é constituída por minerais primários e por minerais secundários. Os minerais primários encontrados no solo provêm da rocha a partir da qual o solo se originou, persistindo mais ou menos inalterados na sua composição. Os minerais secundários, por sua vez, podem ocorrer no solo principalmente por três processos (Costa, 1973):

- por síntese *in situ* de produtos resultantes da meteorização dos minerais primários menos resistentes;
- por simples alteração da estrutura de determinados minerais primários verificada *in situ*;
- herdados diretamente da rocha-mãe.

Os principais minerais primários que podem ocorrer nos solos são: quartzo, feldspato, micas, piroxenas, anfíbios, olivinas, apatite, magnetite, turmalina, rutílio, ilmenita, zircão, calcita, granadas, etc. Os mais frequentes são o quartzo e os feldspatos. O conhecimento qualitativo e quantitativo dos minerais primários fornece a indicação do grau de evolução do solo e da reserva de mineral. Os minerais secundários de ocorrência mais frequentes são os

minerais de argilas (silicatos de alumínio no estado cristalino), silicatos não cristalinos, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio e carbonatos de cálcio e de magnésio (Costa, 1973).

Existem vários métodos para identificação dos minerais dos solos, os mais empregados são: a difratometria por raios-X, a análise química, a análise termo-diferencial (ATD), a análise termo-gravimétrica, as microscopias óptica e eletrônica (Lima, 2003). Neste trabalho a determinação da composição mineralógica foi realizada por difração de raios-X.

2.7.1 A Difração de Raio-X

A difração de raio-X é uma análise essencial para a identificação dos argilominerais. O tipo de argilomineral presente no solo é um parâmetro importante, pois controla as características superficiais da partícula, assim como o seu tamanho, forma, resistência, expansibilidade e plasticidade.

O ensaio consiste na utilização de um aparelho (difratômetro) onde há incidência de raios-X sobre uma amostra. Com base nesse processo são obtidos os registros gráficos (difratogramas) onde são apresentados os picos que representam as distâncias interplanares entre as bases formadas pelos planos cristalinos do mineral. Esses picos correspondem a vários ângulos de um goniômetro, onde a partir desses ângulos o espaçamento cristalográfico dos minerais pode ser calculado por meio da Lei de Bragg, a qual estabelece a relação entre o ângulo de difração e a distância entre os planos que a originaram (característica para cada fase cristalina) (Costa, 1973). A lei de Bragg é dada pela seguinte equação:

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (2.4)$$

n = número inteiro

λ = é o comprimento de onda do feixe de raios-X

d = é a distância basal do mineral

θ = é o ângulo de incidência do feixe de raios-X

2.8 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

O ambiente geológico (meio físico) pode sofrer alterações antrópicas devidas a fatores provenientes do crescimento populacional e de suas necessidades, tais como mineração, exploração da água, construção civil, entre outras. Qualquer que seja a mudança, sempre haverá alterações na paisagem, as quais refletem, de certo modo, a forma da relação entre o homem e o meio físico notadamente no que diz respeito à alteração de seus atributos. Desta forma resulta indispensável o conhecimento dos condicionantes geológico-geotécnicos do

meio, objetivando-se prognosticar os efeitos ambientais das interferências humanas sobre ele incidentes. Isto possibilitará o uso racional dos recursos ambientais o qual deverá refletir-se na sustentabilidade ambiental e na minimização dos custos de implantação das obras civis com resultados positivos para a atividade econômica e para a sociedade em geral. O uso e apropriação adequada do meio físico implicam em se considerar as limitações impostas por ele, desde as limitações físicas e bióticas até as sócio-econômicas (Matula, 1979).

Face ao grande número de situações a serem analisados há a necessidade de utilização de uma ferramenta analítica que seja, simultaneamente, polidirecional e multiobjetiva. A evolução da cartografia geotécnica surge como uma consequência dessa necessidade, portanto os mapas geotécnicos constituem importantes instrumentos de avaliação da interação entre as ações antrópicas e os componentes geológico-geotécnico (solos, rochas, água subterrânea e superficial, relevo e processos geodinâmicos), tornando possível a análise global do meio físico (Matula, 1979).

Mapeamento geotécnico constitui um instrumento imprescindível para o planejamento e integração de futuras obras de engenharia, na medida em que contém em si os elementos necessários para indicar as aptidões, condicionantes e restrições ao desenvolvimento, bem como as necessidades de prevenção/proteção para determinadas zonas (Silva, 2000).

2.8.1 Evolução da Cartografia Geotécnica

A cartografia geotécnica aplicada ao planejamento regional e urbano teve um forte desenvolvimento na década de cinquenta nos países da Europa Ocidental, onde gradativamente surgiu uma conscientização para necessidade de se executar planejamento, considerando o meio físico como fator importante.

Segundo Rêgo (1997), as propostas metodológicas e sistemáticas de execução da cartografia geotécnica existentes são baseadas nas características físicas, políticas e sociais dos países onde foram elaboradas. Nenhuma dessas metodologias e sistemáticas pode ser aplicada fora do país onde foi desenvolvida, sem que se realizem mudanças consistentes na sua estrutura, onde as modificações dependerão da disponibilidade de dados, do objetivo, das condições sócio-econômicas e políticas e da disponibilidade de profissionais capacitados.

As metodologias europeias dificilmente se aplicam a países subdesenvolvidos, devido a falta de recursos e de conscientização por parte dos órgãos competentes e da sociedade, da importância do conhecimento do meio físico para o planejamento da ocupação.

Em 1972, Sanejouand publicou a “Cartografia Geotécnica da França” objetivando sua utilização na resolução de problemas regionais e específicos. Foi apresentada uma proposta para divisão dos mapas de acordo com a escala, conteúdo e finalidade. As cartas geotécnicas foram classificadas em dois tipos: carta de fatores e carta de aptidão. As cartas de fatores fundamentaram-se nos seguintes conteúdos: documentação, substrato rochoso, materiais de cobertura, hidrogeológico e geomorfológico, enquanto as cartas de aptidão levaram em consideração: fundações, viabilidade de vias de transportes, escavabilidade, materiais de construção, etc.

Grant (1968), formulou uma guia para engenheiros adotarem procedimentos para avaliação dos terrenos. O mesmo autor, formulou o programa PUCE (*Pattern- Unit-Component-Evaluation*) para avaliação de terrenos utilizando critérios como geologia, topografia, solo, hidrologia e vegetação.

A IAEG (1976) propôs, com apoio da UNESCO, uma padronização internacional de princípios, sistemas e métodos para a produção de mapas, visando um melhor entendimento dos recursos naturais. Produziu um guia com pontos de vista e experiências de diversos especialistas internacionais.

Segundo Rêgo (1997), no Brasil, os trabalhos pioneiros que tratam da metodologia de mapeamento geotécnico ou similar a sua aplicação tiveram seu lugar na década de sessenta e setenta. A extensão territorial do país, a realidade sócio-econômica, a carência de dados básicos sobre o meio físico e de planos diretores levaram à necessidade de uma metodologia que propunha técnicas simples, baratas e objetivas, que não exigissem equipes numerosas de profissionais especialistas, e que utilizassem ao máximo os dados existentes.

2.8.2 Princípios do Mapeamento Geotécnico

Os princípios gerais do mapeamento geotécnico devem ser aplicados aos mapas de todos os tipos e escalas. Condicionam a produção de dados e informações do ambiente geológico, da variação das condições geotécnicas, seus componentes individuais e suas inter-relações. Estas informações devem ser apresentadas de tal modo que não somente os dados da natureza, mas também os dados de significado em engenharia possam ser entendidos e completamente analisados.

O mapa geotécnico deve mostrar as relações espaciais e dinâmicas dos domínios geoambientais, possibilitando o conhecimento prévio das consequências das relações humanas com o ambiente natural. A representação espacial dos fatos e processos naturais e

antropogênicos são realizadas mediante a realização de investigações, estudos e correlações de dados diversos. O mapa deve representar com clareza e objetividade os objetos investigados e sua linguagem deve ser tal que seja compreensível por usuários não especializados (Zuquette, 1987).

2.8.3 O Mapeamento Geotécnico Como Instrumento de Planejamento Para o Uso e Apropriação do Meio Físico

Com o crescimento populacional acelerado, principalmente a partir da segunda metade do século XX, houve a necessidade de ocupação de novas áreas para a expansão. O conhecimento e o entendimento do meio físico são importantíssimos para a melhor utilização e ocupação dos solos. Segundo Matula (1979) o mapeamento geotécnico tem sido usado nos mais diferentes países como uma ferramenta que ajuda a definir e fiscalizar o território regional e local de uma maneira tecnicamente ajustada, respeitando as áreas de interesse ambiental e as condições necessárias para satisfazer as demandas da população, possibilitando seu processo de desenvolvimento sob condições de sustentabilidade. Um dos objetivos do mapeamento geotécnico é fornecer diretrizes tecnicamente sustentáveis, seja durante a fase de implantação de obras civis, seja durante o processo de planejamento.

A contribuição do mapeamento geotécnico pode ocorrer de diferentes formas e com finalidades diversas, dentre as quais se destacam a produção de documentos voltados à disposição de resíduos (domésticos, hospitalares, e industriais); à escavabilidade dos terrenos; a estocagens subterrâneas; a fundações; à extração de materiais para construção civil; a obras viárias; à vulnerabilidade das águas subterrâneas; a áreas passíveis de crescimento urbano e planejamento em diversas escalas, de um modo geral ou específico (Zuquette, 1998).

A ocupação racional de uma região pressupõe a realização e desenvolvimento de um processo de planejamento que respeite a vulnerabilidade ambiental e outras condições definidas pelas situações de ocupação. Matula (1979) considera que os seguintes mecanismos devem ser observados:

- estimativa do potencial de uso das diversas unidades da área mapeada;
- avaliação de áreas para uso específico dentro da região mapeada; e
- decisão sobre a melhor forma de se construir dentro de um determinado lugar.

Os documentos elaborados a partir do mapeamento geotécnico poderão ser utilizados pelos órgãos públicos e privados para fiscalizar as ações dos usuários que têm interesse na utilização dos elementos do meio físico. Para que os dados contidos nos documentos sejam

utilizados, é necessário que a apresentação seja simples, que retrate as condições de adequabilidade de cada unidade e que possibilite analisar a interferência de uma determinada ocupação.

Segundo Zuquette & Gandolfi (2004), o mapeamento geotécnico pode ser descrito como o processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, bem como os possíveis componentes frente às diferentes formas de uso do solo, processos naturais e induzidos. A eficiência e adequabilidade dos resultados obtidos a partir do mapeamento geotécnico dependem da metodologia adotada. Para uma metodologia de mapeamento geotécnico ser eficiente, ela deve atender a alguns pressupostos, tais como: atributos considerados, suas heterogeneidades e suas classificações devem levar em conta a escala; a ordem da obtenção dos atributos; as definições de como, onde e quanto amostrar; os critérios para estabelecer o nível de generalização das informações e como serão representadas.

2.8.4 Elaboração de Cartas

2.8.4.1 Informações e Métodos de Classificação

Os dados relevantes para o mapeamento classificam-se quanto à sua origem, em primários ou secundários. Os dados primários são diretamente obtidos durante as operações de reconhecimento no campo, análise por sensores remotos, ou por determinações das características do terreno, através de prospecção geofísica ou mecânica e realização de diversos ensaios *in situ* ou em laboratório. Quando dados primários, incluídos em trabalhos preexistentes, realizados para uma dada área são interpretados, processados e editados, tornam-se secundários ou derivados (Silva, 2000).

Os relatórios geotécnicos, os resultados podem ser apresentados de duas maneiras distintas: uma consiste nos dados referentes aos resultados de observação e ensaios efetuados; outra corresponde à interpretação destes dados feita por um especialista que, após análise dos dados primários, elabora um modelo e, com base nele, tece considerações e recomendações. Torna-se importante distinguir entre ambos os dados, tanto mais que os primeiros têm um caráter factual e quantitativo, ou semi-quantitativo, e os secundários tendem a ser geralmente qualitativos e/ou até subjetivos (Silva, 2000).

Uma carta é elaborada pela classificação de dados e definição de limites entre classes. A classificação é o processo pelo qual um conjunto de objetos é agrupado com base em

propriedades, ou atributos semelhantes. Ao analisar uma carta geotécnica, verifica-se que consta de objetos que foram classificados com base na validação de um conjunto de propriedades ou características e das relações entre eles, ou seja, atributos de cada uma das diferentes classes. Uma unidade é definida por um único atributo ou conjunto único de atributos (Tabela 2.7). Constitui, assim, o elemento básico a representar graficamente numa carta onde se pode apreciar a sua distribuição bidimensional, sendo complementada por uma legenda que traduz, por palavras e símbolos, os atributos essenciais que as áreas definidas representam (Silva, 2000).

Tabela 2. 7. Características de atributos (Silva, 2000)

Características	Significado
Absolutos, essenciais ou acessórios	Na identificação e classificação de projetos, podem ser únicos ou não, estar presentes ou ausentes.
Mensuráveis ou não	Em termos quantitativos e qualitativos
Variáveis ou não	No espaço e/ou tempo podem ser constantes ou evoluírem e apresentar, ou não, relações de dependência ou de causa-efeito

2.8.4.2 Operações Realizadas Sobre Mapas

O tratamento é desenvolvido por meio de um conjunto de operações tais como a generalização, seleção, adição e transformação, que faz com que o recurso a computadores possa facilitar as operações de armazenamento, manipulação, visualização, edição, análise e atualização dos dados sob forma gráfica e/ou alfanumérica. Essas operações são úteis na elaboração de mapas e cartas geotécnicas, atendendo à diversidade de dados e situações que devem ser tratados para os mais diversos fins de engenharia, planejamento e meio ambiente (Zuquette e Gandolfi, 2004).

- Generalização

A generalização corresponde a uma simplificação dos atributos, sejam eles do tipo área e ou relativos às suas propriedades ou qualidades. O objetivo final é realçar ou clarificar o conteúdo da carta.

A generalização cartográfica ou especial se refere à retirada das tortuosidades existentes nos limites, assim como das pequenas reentrâncias de uma unidade em outra. As pequenas unidades devem ser absorvidas pelas maiores. Essas mudanças devem obedecer à finalidade do mapa e da escala. Deve-se observar cuidadosamente que as classes tipológicas restantes não variem e verificar se o acréscimo de heterogeneidade nas bordas das unidades não afetará o resultado final (Zuquette & Gandolfi, 2004).

- Seleção

O processo de seleção permite separar as informações desejadas e adequadas para um determinado fim e desenvolve-se ao longo de toda a execução do mapa, até à sua edição final. A operação de seleção é realizada anteriormente aos processos de adição e transformação (Zuquette & Gandolfi, 2004).

- Adição

No mapeamento geotécnico essa operação é fundamental para que se atinja a finalidade. Adição de informações pode ser realizada por vários processos: pela adição de atribuídos em área, áreas não mapeadas ou em partes; pela adição de atributos em um outro mapa existente e pela adição de informações sobre atributos espaciais ou tipológicos em nova data. No segundo processo, a adição de atributos pode ocorrer pela associação entre dois mapas, principalmente para áreas extensas, e esse caso é chamado por sobreposição (Silva, 2000).

- Zoneamento

Segundo Silva (2000), o zoneamento pode ser obtido de duas maneiras: para diversas finalidades, ou para uma finalidade específica.

Zoneamento para fins múltiplos fundamenta-se na definição de unidades “homogêneas”, individualizadas em função das diversas especificidades das condições geotécnicas da área em referência. As operações mais usadas são as de seleção, sobreposição e transformação.

O zoneamento para fins específicos, as cartas de aptidão, proteção, previsão de comportamentos e de recursos são exemplos de diferentes tipos de mapas que se podem realizar visando uma intervenção predefinida: construção, fundações, inventário de recursos, entre outras.

2.8.5 Representações 2,5 –D

Um mapa é uma forma de apresentação a duas dimensões da variação de um ou vários atributos. Na cartografia, a terceira dimensão assume particular importância (Figura 2.5), tendo em conta as possíveis variações que podem ocorrer em profundidade, desde a constituição litológica e a sua espessura, até as características físicas (teor em água, densidade, permeabilidade, etc) ou mecânicas (Silva, 2000).

Segundo Silva (2000), foram desenvolvidos diversos sistemas para apresentar as variações de características de unidades em profundidade, a maioria dos quais não constituem verdadeiras representações tridimensionais, mais são antes o que se designa por 2,5-D. O

método tradicionalmente seguido consiste em adicionar perfis, seções cruzadas, perfis parciais ou blocos diagramas aos mapas para representar em profundidade, as variações das características que interessa realçar.

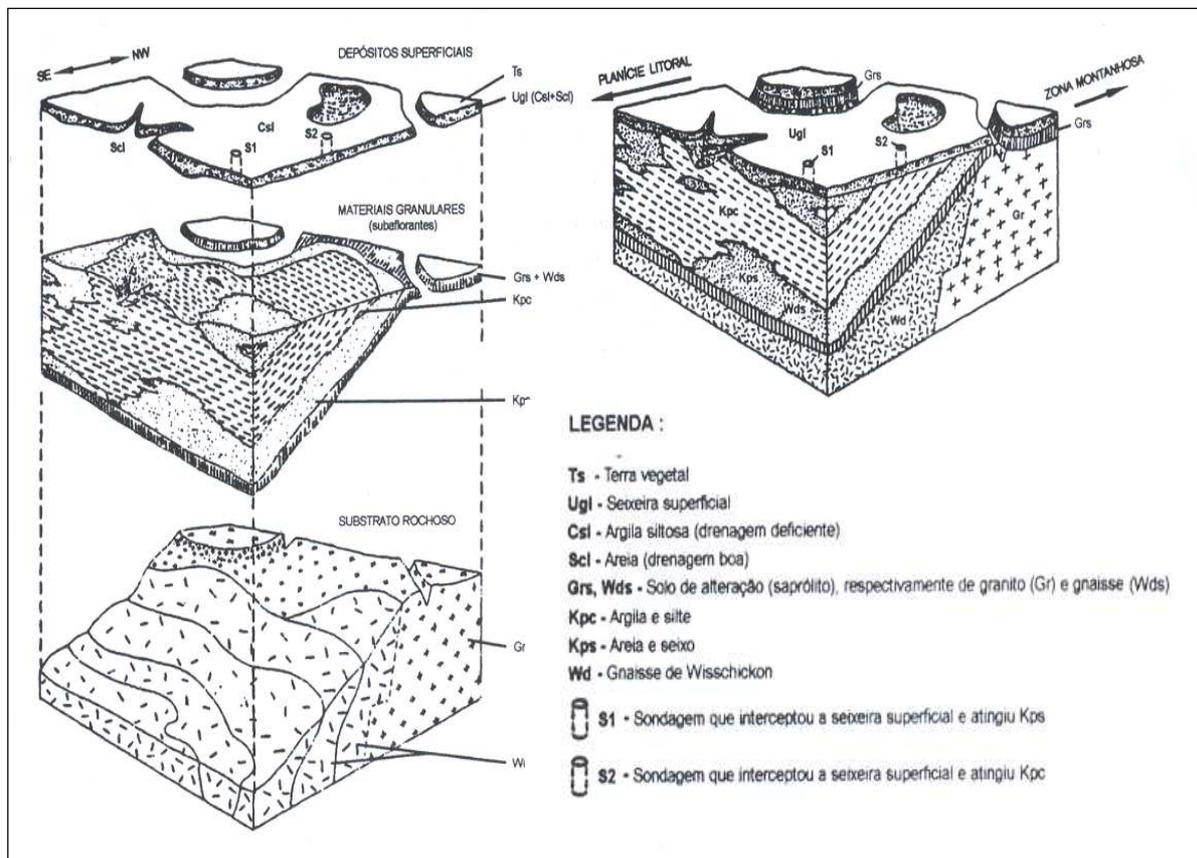


Figura 2.5. Bloco diagrama (Froelich *et al.*, 1978 in Souza *et al.*, 2007, adaptado)

2.8.6 Abordagens Metodológicas

A experiência de aplicação de mapeamento geotécnico ao planejamento não é igual em todo mundo, verificando-se que cada país seguiu preferencialmente um ou outro tipo de metodologia.

De acordo com Zuquette (1987), metodologia de mapeamento geotécnico “é um conjunto de conceitos, postulados técnicos, classificações, recursos tecnológicos de investigação e computacionais, utilizados para desenvolver um estudo e que deve estar relacionado às condições sócio-econômicas vigentes, às características técnicas da região ou país e à densidade de informações”. Algumas metodologias foram elaboradas visando atender a finalidades gerais, e outras, para mapear áreas especiais, de acordo com os objetivos.

Os estudos de avaliação dos componentes do meio físico, para fins de engenharia e planejamento, são realizados segundo um grupo de procedimentos que são típicos de cada

país, região e condições sócio-econômicas. Deste modo, existem formas de análise do meio físico em várias partes do mundo, sendo que algumas metodologias podem ser aplicadas em outros países, com algumas modificações. Na bibliografia existem várias formas de análise ou metodologias para a elaboração de cartas geotécnicas; dentre elas destacam-se, em termos internacionais, as metodologias da *International Association of Engineering Geology and Environment* (IAEG, 1976) e da *Pattern-Unit-Component-Evaluation* (PUCE), apresentada por Grant em 1973. Em termos nacionais a metodologia da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP), apresentada por Zuquette (1987), largamente utilizada no Brasil.

2.8.6.1 Metodologia da IAEG

A IAEG, associação que congrega profissionais de Geologia de Engenharia e Ambiental, propôs um guia para execução de trabalhos de cartografia geotécnica. Ela iniciou suas atividades em 1968 e apresentou os primeiros resultados em 1970, publicados no Boletim nº. 3 da instituição.

O objetivo da comissão foi formular um sistema de orientação para o mapeamento geotécnico adequado à maioria dos países e cuja aplicação fosse viável tecnicamente e economicamente. Estes primeiros resultados relatam, também, os fatores e feições que devem ser considerados. Entre eles está o caráter das rochas e solos, condições hidrogeológicas e geomorfológicas e os fenômenos geodinâmicos. Trata também dos meios para a obtenção de dados, bem como da realização das diversas cartas que formarão o mapa geotécnico. As principais técnicas para a realização do trabalho são a fotogeologia, métodos geofísicos, sondagens, amostragens, ensaios *in situ* e laboratoriais. Além destes tópicos abrange as formas de apresentação dos resultados e como interpretá-los para os fins desejados.

Segundo IAEG (1976), o mapa geotécnico deve satisfazer às seguintes exigências:

- Retratar as informações necessárias para a avaliação das características geotécnicas relativas ao planejamento regional, à seleção do lugar e do método mais adequado de construção ou à mineração;
- Fazer o possível para prever as variações na situação geológica induzida pelo empreendimento proposto e para sugerir medidas preventivas necessárias; e
- Apresentar informações de forma a facilitar o entendimento por profissionais que o usarão, os quais poderão não ser geólogos.

Os mapas geotécnicos podem ser classificados de acordo com a finalidade, o conteúdo e a escala como ilustra a Tabela 2.8.

Tabela 2. 8. Classificação dos mapas de acordo com a metodologia da IAEG

Classificação	Mapas	Descrição
Finalidade	Especial	Condições geotécnicas para a construção de uma determinada obra.
	Multifinalidade	Informações geotécnicas variadas, diversas finalidades;
Conteúdos	Análíticos	Aspectos individuais das condições geotécnicas cuja finalidade vem escrita no título;
	Sintéticos	Apresenta todos os aspectos possíveis relacionados ao meio físico, sendo de dois tipos: mapa de condições geotécnicas - registra os componentes do meio físico, sem se preocupar em interpretá-los; mapas de zoneamento geotécnico - registra e interpreta as informações geológico-geotécnicas, delimitando áreas homogêneas; seja para finalidades especiais ou gerais.
	Auxiliares	Apresentam dados factuais
	Complementares	São mapas de dados básicos (mapas geológicos, geomorfológicos, etc.)
Escala	Grande	1:10.000 ou maior, para finalidades específicas;
	Média	1:10.000 - 1:100.000, para o planejamento regional;
	Pequena	1:100.000 ou menores, para mapeamento de caráter geral

Na definição dos princípios de classificação, a metodologia aborda fatores relacionados aos tipos rochosos, condições hidrogeológicas e condições geomorfológicas. Para a definição dos princípios de classificação foram definidos quatro níveis de hierarquização, que são:

- Tipo geotécnico - alto grau de homogeneidade física e litológica na região - usual para mapas de grande escala;
- Tipo litológico - homogeneidade na composição, textura, usuais em mapas de grande escala e média;
- Complexo litológico - apresenta comportamento geral similar no complexo, usual para mapas de pequena escala; e
- Suíte litológica - complexos litológicos desenvolvidos em condições tectônicas e paleogeográficas similares. Poucas propriedades geotécnicas podem ser definidas, usual em mapas de pequena escala.

A aplicação desta metodologia em países poucos desenvolvidos e com poucos dados disponíveis torna onerosa devido à proposição de um número elevado de dados para definição das unidades geotécnicas; todavia é mais abrangente e foi elaborada com o objetivo de ser utilizada de forma internacional. Por ser capaz de servir às mais variadas condições do meio físico, seus princípios têm sido bastante utilizados. Prevê a definição dos componentes do meio físico que devem ser mapeados e propõe uma simbologia particular, em que são

definidos diversos atributos que podem ser mapeados em função da escala de trabalho e também fornece uma listagem bibliográfica.

2.8.6.2 Metodologia PUCE

De acordo com Dearman (1991), o sistema PUCE de avaliação de terreno para propósitos de engenharia foi desenvolvido na Austrália, tendo sido proposto por G. D. Aitchison e K. Grant em 1967 e subseqüentemente elaborado em detalhe por Grant em 1968. A base do sistema PUCE define o terreno em termos de topografia, rocha, solo e vegetação. Baseado nas similaridades e homogeneidades de certos atributos, o processo de análise consiste, inicialmente, em uma classificação dos terrenos. Posteriormente, é realizada uma avaliação qualitativa e quantitativa das propriedades do terreno que são significativas para o propósito desejado. O sistema de classificação inclui as seguintes classes: componentes do terreno, unidades do terreno, padrões do terreno e província (Tabela 2. 9).

Tabela 2. 9. Classificação dos mapas de acordo com a metodologia da PUCE

Classificação	Descrição	Escala
Província	Área com geologia uniforme na categoria de grupo (rochas sedimentares ou vulcânicas; rochas de origem plutônica, com litologia e idade uniforme; aluviões e coluviões dentro de uma única divisão de drenagem; material eólico com litologia uniforme em área continental);	A partir de 1:250.000
Padrão de terreno	Critérios geomorfológicos (amplitude do relevo local, modelo de drenagem, sua densidade, apresentando consistência e uniformidade em termos de paisagem);	1:250.000 a 1:100.000.
Unidade de terreno	É determinada por análise da forma do terreno (formas de relevo), associação dos solos e de vegetação;	1:10.000 a 1:25.000
Componente do terreno	Critérios geomorfológicos como: inclinação e curvatura das encostas, tipo de perfil do solo, cobertura da terra, vegetação e litologia do substrato; uniformidade em termos hidrogeológico.	1:2.000 a 1:5.000

Após a classificação dos terrenos, a avaliação das propriedades geotécnicas pode ser feita de maneira que as amostras coletadas sejam representativas de grandes áreas, diminuindo os custos dos levantamentos preliminares. A economia de esforços e custos a partir da utilização da metodologia PUCE pode ser alcançada por:

- Amostragem apenas de acordo com as mudanças significativas do terreno;
- Pode-se fazer a extrapolação dos atributos, a partir da ocorrência de um membro da classe do terreno para todas as outras ocorrências do mesmo membro desta classe; e

- Permite o uso de sistemas de armazenagem e recuperação de dados de meios computacionais, devendo, portanto, todas as classes e características, serem ordenadas segundo um sistema numérico que facilite o tratamento dos dados.

A metodologia aplica-se principalmente a estudos de viabilidade e planejamento. A representação cartográfica é simples, porque é feita por meio de índices numéricos de faixas de atributos, complementados por tabelas de classificação e avaliação dos terrenos; traduz, portanto, uma grande quantidade de informações, possíveis de informatização. A sistemática de nomenclatura de níveis de terreno permite a padronização e institucionalização, essenciais para levantamentos básicos e de manipulação por profissionais de diversas áreas.

2.8.6.3 Metodologia da EESC/UP

Esta metodologia tem como marco a pesquisa de doutorado de Zuquette (1987), orientada pelo Prof. Nilson Gandolfi, intitulada “Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras”. Constitui uma grande contribuição à cartografia geotécnica brasileira, na medida em que propõe uma metodologia conveniente para aquisição de dados, onde são incluídos os meios alternativos não onerosos, tendo em vistas às condições socioeconômicas do Brasil e a grande ausência de informações básicas, função da extensão territorial e de baixa densidade de ocupação em algumas regiões (Zuquette & Gandolfi, 2004).

A metodologia engloba desde a obtenção de atributos até a produção cartográfica, visando produzir documentos que auxiliem a implantação de alguma forma de ocupação, sem que o meio físico sofra conseqüências desastrosas. Ela obedece a princípios que regem concomitantemente outras metodologias existentes e adotadas em outros países. Propõe a realização de mapeamento geotécnico em escalas pequenas com apresentação das informações de maneira geral. Em uma segunda fase, para atender a uma finalidade específica, os dados devem ser compatíveis com escalas entre 1:50.000 e 1:10.000 e a fase posterior deverá ser em nível de investigação local.

O estudo de avaliação e especificação das unidades passa pelas seguintes etapas: levantamento e análise das informações produzidas anteriormente, reconhecimento dos atributos e identificação de unidades homogêneas. Os mapas são divididos em quatro categorias principais: mapas básicos fundamentais, mapas básicos opcionais, mapas auxiliares e cartas derivadas (Tabela 2.10).

2.8.7 Cartografia Geotécnica e Técnicas de Geoprocessamento

O geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e tem influenciado de maneira crescente nas áreas de mapeamento, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano, rural e regional. A ferramenta computacional para geoprocessamento denominada Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permite realizar análises complexas, integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível a produção automatizada de documentos cartográficos.

Tabela 2. 10. Classificação dos mapas resultantes do mapeamento geotécnico

Categoria	Descrição
Mapas básicos fundamentais	Retratam o meio físico, tais como mapa topográfico, geológico (materiais inconsolidados e substrato rochoso) e mapas de água.
Mapas básicos opcionais	Fornecem algumas características da área em estudo e em alguns casos podem fazer parte dos mapas básicos (mapa pedológico, geofísico, geomorfológico, mapa climático, mapa de ocupação)
Mapas auxiliares	Registram em forma de mapa informações pontuais de dados amostrais, mapas de documentação.
Cartas derivadas ou interpretativas	São cartas provenientes da interpretação de mapas básicos, suas informações consistem da reclassificação de um outro mapa ou combinação entre mapas, resultando em carta para fundações, estabilidade de taludes, e erodibilidade, escavabilidade, deposição de rejeitos sépticos, materiais de construção, etc.

Carvalho *et al.* (2000) definem geoprocessamento como um termo bastante amplo, o qual engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos em programas computacionais. Dentre essas tecnologias destacam-se: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação e tarefas cartográficas, a utilização de sistemas de posicionamento global (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Segundo Câmara e Medeiros (1998) em países de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente tomando-se como base tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

O SIG armazena a geometria e os atributos dos dados georreferenciados. Deste modo os dados que o alimenta podem ser de formatos e de fontes geradoras diversas.

A tecnologia SIG integra operações convencionais de bases de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, com possibilidade de seleção e busca de informações e análise estatística, conjuntamente com a possibilidade de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas. Esta capacidade distingue os SIG dos demais Sistemas de Informação e os torna úteis para organizações diversas no processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação de situações, e planejamento de estratégias (Carvalho *et al.*, 2000).

Os sistemas de informação geográfica (SIG) procuram simular a realidade do espaço geográfico. As principais características dos SIG são:

- Integrar numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastros urbano e rural, modelo numérico de terrenos, satélites, redes, etc.
- Oferecer mecanismos para análise para facilitar consultas, recuperação, manipulação, visualização e plotagem do conteúdo da base de dados georreferenciados.

2. 8.7.1 Arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas

O SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional e recuperam informações, não só com base em suas características alfanuméricas, mas também pela sua localização espacial. Devido à ampla gama de aplicações em várias áreas, distinguem-se três grandes maneiras de utilização do SIG, a se destacar (Câmara, 1995): como ferramenta para a produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; e como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

O SIG é definido como um sistema de processamento de dados geocodificados que apresenta a capacidade de manipulação. São discretizados em subsistemas ou conjunto de procedimentos específicos designados a realizar as funções de: entrada de dados; administração da base de dados; manipulação e análise; confecção de produtos analógicas; e composição de produtos digitais para apresentação de resultados. A Figura 2.6 esquematiza a arquitetura de SIG.

A estrutura geral de um SIG é formada pelos seguintes componentes que se relacionam de forma hierárquica: interface com o usuário, que definirá como o sistema será operado e controlado; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial (processamento gráfico e de imagens) e consulta espacial; visualização e geração de cartas

(plotagem); e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

- Entrada de dados

O SIG tem uma capacidade de armazenar informações variadas, de natureza gráfica, como vetores e imagens. Normalmente permite incorporar os dados da seguinte maneira: digitalização de dados geográficos no formato vetorial e informações alfanuméricas por meio de dispositivos de entrada de dados tais como: mesas digitalizadoras, mouse, teclado, *scanners*, associação de imagens digitais ao banco de dados, com uso de recursos de georreferenciamento de imagens ou mesmo pela integração da imagem ao banco de dados; recepção, conversão e tratamento de dados provenientes de outros sistemas de informações, geográficas ou não, gráficos ou não, a partir de arquivos de formato padronizado.

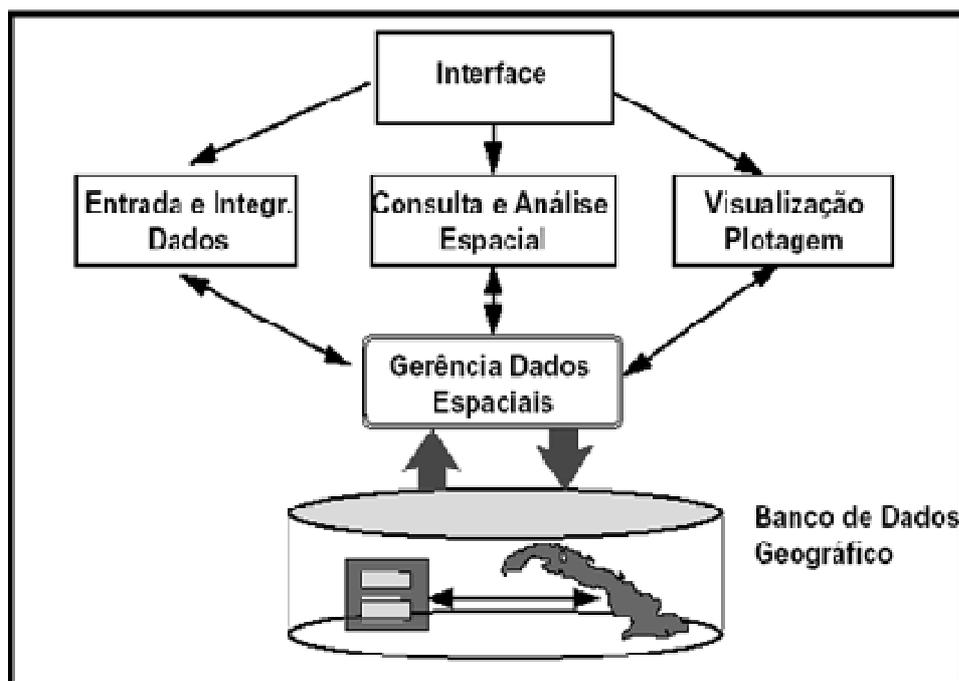


Figura 2.6. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (Druck *et al.*, 2004)

O sistema de gerenciamento deve ser capaz de manter a consistência da base de dados por meio das operações realizadas pelos usuários, controlar o acesso simultâneo aos dados, garantir a integridade da relação entre o gerenciador de dados gráficos e alfanuméricos, executar operações e recuperação de informação e garantir segurança das informações contidas no banco de dados.

- Tipo de dados em SIG

No programa Spring (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) cada tipo de dado esta associado a um modelo conceitual e, assim, tem-se: dados temáticos - descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de uma forma qualitativa. Os mapas temáticos podem ser representados na forma matricial e vetorial; dados cadastrais – associam feições cartográficas a um banco de dados. Cada um de seus elementos é um objeto geográfico que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas; são representados na forma vetorial normalmente; redes - no caso de redes, cada objeto geográfico (cabo telefônico, etc.) possui uma localização geográfica exata e está sempre associado aos atributos descritivos presentes no banco de dados; imagens - as imagens representam formas de captura indireta de uma informação espacial. Obtidas por satélites, fotografias aéreas e armazenadas no formato matricial; e modelos numéricos de terreno (MNT) - o MNT é utilizado para representação quantitativa de uma informação que varia continuamente no espaço.

Os dados geocodificados constituem o objeto elementar de manipulação em geoprocessamento. São caracterizados por reportarem-se a representação de um fenômeno físico e estabelecerem a localização espacial (geográfica) do fenômeno.

Para a cartografia geotécnica a utilização desta ferramenta representa um avanço considerável nos procedimentos de interpretação, posto que permite a superação de limitações da capacidade humana que aparecem no momento de proceder comparações, combinações, análises estatísticas e outras operações que envolvem um grande número de atributos.

2.8.8 Sensoriamento Remoto

Nas últimas décadas uso das imagens de satélites têm sido objeto de inúmeras aplicações em monitoramento e mapeamento de recursos terrestres. As técnicas de sensoriamento remoto se apresentam como um recurso tecnológico que atende a necessidade de obter um conhecimento maior destes recursos, produzindo informações repetitivas, multiespectrais, sinópticas e de alta resolução (Monceratt e Pinto, 1996).

Segundo Moreira (2005), o uso de imagens de satélites, assim como o de outros produtos deste tipo, pode reduzir bastante os trabalhos de levantamentos, uma vez que depois da sua interpretação se pode separar regiões homogêneas de acordo com o tipo de recurso existente. O emprego destas técnicas na avaliação de recursos naturais tem evoluído bastante

nos últimos anos. Assim, um grande número de trabalhos tem se realizado com esta ferramenta.

Segundo Novo (2008) o Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

Os sistemas de sensoriamento remoto disponíveis atualmente fornecem dados repetitivos e consistentes da superfície da Terra, os quais são de grande utilidade para diversas aplicações em diferentes áreas. Cada uma dessas aplicações têm requisitos de frequência de revisita, resolução espacial, espectral e radiométrica, faixa imageada diferentes entre si (Novo, 2008)

Segundo Novo (2008), o sensoriamento remoto como sistema de aquisição de informações pode ser dividido em dois grandes subsistemas: subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto; e subsistema de produção de informações.

O subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto é formado pelos seguintes componentes: Fonte de radiação, plataforma (satélite, aeronave), sensor, centro de dados (estação de recepção e processamento de dados de satélite e aeronave). O subsistema de produção de informações é composto por sistema de aquisição de informações de solo para a calibragem dos dados de sensoriamento remoto; sistema de processamento de imagens, sistema de geoprocessamento.

Os sensores captam informações provenientes da interação de energia eletromagnética com os objetos e fenômenos da superfície. E essa energia pode ser refletida, transmitida, absorvida ou emitida pela superfície. A partir destas interações, são derivadas informações importantes sobre características físicas (dimensões, forma, temperatura, cor) e químicas (composição) dos alvos em estudo. O processo de aquisição de dados em sensoriamento remoto ocorre dentro de faixas do espectro eletromagnético, o qual, por vez, é subdividido em faixas que possuem características específicas em termos de processos físicos, gerados de energia em cada faixa, ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia (Benedetti, 2006).

A energia eletromagnética é o meio através do qual os dados dos objetos são transmitidos ao sistema sensor, transformando-se, pela sua frequência, intensidade e polarização, em informações. As interações entre a energia eletromagnética e os objetos variam ao longo do espectro eletromagnético (Batista e Dias, 2005), como ilustra a Figura 2.7.

Segundo Novo (2008), existem regiões do espectro eletromagnético para as quais a atmosfera é opaca, em que não é permitida a passagem da radiação eletromagnética. Essas zonas definem as bandas de absorção da atmosfera. As zonas do espectro eletromagnético em que a atmosfera é transparente à radiação eletromagnética são conhecidas como janelas atmosféricas. As regiões de bandas de absorção da atmosfera são proibitivas para o uso de sensoriamento remoto e as janelas atmosféricas, são as únicas em que é permitido se usar o sensoriamento remoto, como ilustra a Figura 2.8.

2.8.8.1 Imagens de Sensoriamento Remoto

As imagens de sensoriamento remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou matriz. Cada célula desse matriz tem a sua localização definida em um sistema de coordenadas do tipo linha e coluna, representadas por X e Y, respectivamente. O nome dado a essas células é pixel, derivado do inglês *picture element*. Para um mesmo sensor, cada pixel representa sempre uma área com as mesmas dimensões na superfície da terra (Crósta, 1992).

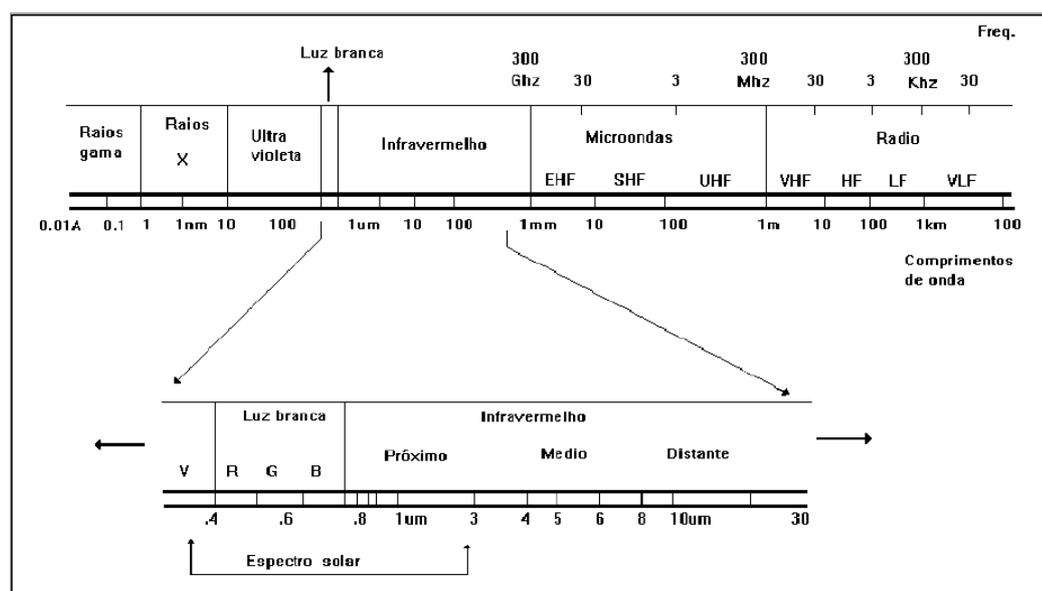


Figura 2.7. O espectro eletromagnético com as principais faixas espectrais conhecidas (Coutinho, 1997)

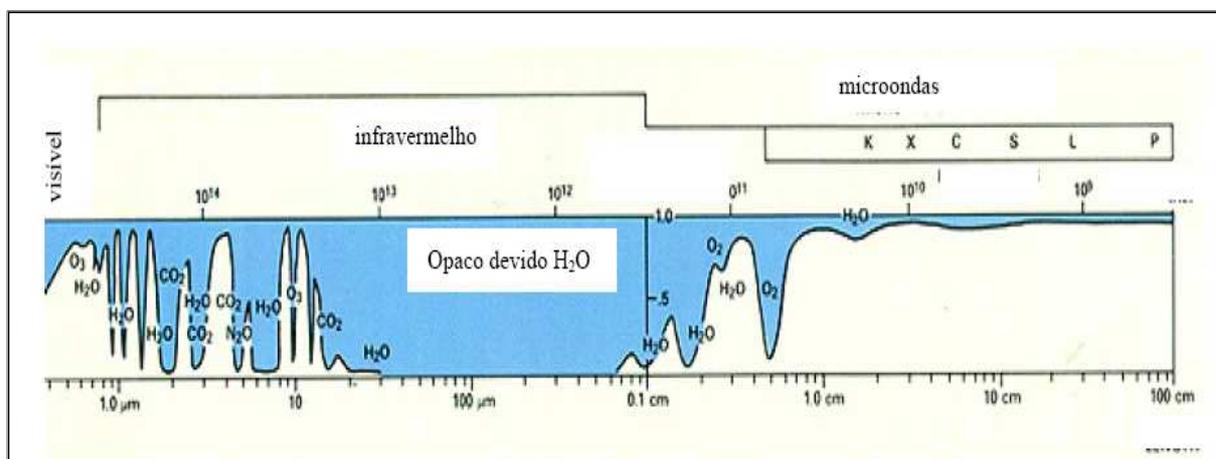


Figura 2.8. Áreas em branco correspondem às faixas transparências e em azul as áreas onde os gases atmosféricos absorvem a radiação (Menezes, 2007)

Cada célula possui um atributo numérico Z, que indica seu nível de cinza o qual varia do preto ao branco. Este nível de cinza é conhecido como valor digital (VD) ou DN, em inglês, *digital number*. O DN de uma célula representa a intensidade da energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho do pixel. Deve ser ressaltado que o DN de um pixel corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel (Crosta, 1992).

Segundo Crósta (1992), qualquer imagem, mesmo não digital, pode ser transformada em imagem digital por um processo conhecido por digitalização, processo implementado por um tipo de equipamento periférico denominado *scanner*. O *scanner* transforma uma imagem analógica (mapas, fotografias, etc.) em uma matriz com o número de linhas e colunas e o tamanho de cada célula pré-definidos, atribuindo para cada célula um valor de nível de cinza proporcional à tonalidade da imagem original. Essa matriz é então convertida para um formato digital gráfico, podendo ser lida e manipulada por sistemas de processamento digital.

2.8.8.2 Resoluções das Imagens de Sensoriamento Remoto

Os dados de sensoriamento remoto podem ser agrupados em quatro resoluções, tais como: resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal (Rosa, 2007).

A resolução espacial pode ser definida como sendo a mínima distância entre dois objetos (alvos) na qual um sensor pode registrá-los sob a forma de objetos distintos. Ela determina se o alvo pode ser identificado na imagem em função do seu tamanho (Rosa, 2007).

A resolução espectral é a melhor ou a pior caracterização dos alvos em função da largura da faixa espectral e/ou do número de bandas em que opera o sistema sensor. Uma alta resolução espectral é obtida quando as bandas de um sistema sensor são estreitas e/ou quando se utiliza um grande número de bandas espectrais. Quanto mais estreitas forem as bandas ou canais de um sistema, maior será sua capacidade de discriminar variações no comportamento espectral do alvo a ser estudado (Rosa, 2007).

A resolução radiométrica de um sensor descreve sua habilidade de distinguir variações no nível de energia refletida, emitida ou retroespalhada que deixa a superfície do alvo. Esta energia apresenta diferenças de intensidades contínuas, as quais precisam ser detectadas, registradas e reproduzidas pelo sensor. Quanto maior for a capacidade do sensor de distinguir diferenças de intensidade do sinal, maior será sua resolução radiométrica (Novo, 2008).

A resolução temporal é a frequência com a qual um sistema sensor é capaz de imagear um mesmo alvo. Determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de um determinado alvo. Esta resolução é importante para a identificação de processos que se modificam de forma dinâmica (por exemplo, uso de terras), permitindo o monitoramento dos recursos (Florenzano, 2008).

2.8.8.3 Satélites para Estudos dos Recursos Terrestres

O primeiro satélite da série Landsat foi colocado na órbita em 1972, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente a observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada ERTS (Earth Resources Technology) e em 1975 passou a ser denominada Landsat. Possibilitava a obtenção simultânea de múltiplas imagens em diferentes faixas do espectro do visível, infravermelho próximo e termal. A largura da área imageada na Terra por cada órbita do satélite era de 185 km, o que permitia uma visão sinóptica (Novo, 2008).

Do programa americano Landsat seguiram-se outros (europeus, canadenses, asiáticos, indianos e sul americanos), cada programa procurando atender cada vez mais as necessidades específicas, quer sejam em função das características geográficas das diversas regiões terrestres, ou em função das suas aplicações. Atualmente há em circulação no espaço dezenas de sistemas sensores orbitais imageando a superfície da terra em todas as faixas espectrais

possíveis, com os mais variados parâmetros de resolução espacial e temporal. De um lado têm-se os sensores hiperspectrais com centenas de bandas espectrais e do outro se tem os sensores de alta resolução espacial, capazes de detectar objetos de até 60 cm na superfície da terra (Meneses, 2007)

Segundo Rosa (2007) os satélites para estudos dos recursos terrestres fazem parte do grupo de satélites de sensoriamento remoto e monitoramento do meio ambiente, dos quais os mais utilizados no mundo e no Brasil são o LANDSAT, o SPOT, o CBERS, IKONOS, QUICK BIRD, o TERRA, AQUA, ALOS, GEOEYE, ASTER, WORDVIEW, todos destinados ao levantamento, mapeamento e monitoramento dos continentes e oceanos.

2.8.8.4 Processamento Digital de Imagens

O sistema visual humano possui uma notável capacidade de reconhecer padrões, embora, dificilmente, seja capaz de processar o enorme volume de informações presentes numa imagem. Vários tipos de degradações e distorções, inerentes aos processos de aquisição, transmissão e visualização de imagens, contribuem para limitar, ainda mais, essa capacidade do olho humano. O objetivo principal do processamento digital de imagens é o de remover essas barreiras, inerentes ao sistema visual humano, facilitando a extração de informações a partir de imagens (Crósta, 1992).

O processamento digital de imagens pode ser dividido em três etapas independentes: pré-processamento, realce e classificação. O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. As técnicas de realce mais comuns em processamento digital de imagens são: realce de contraste, filtragem, operação aritmética, transformação IHS-RGB e componentes principais. Já as técnicas de classificação podem ser divididas em; classificação supervisionada (por pixel) e classificação não supervisionada (por regiões) (INPE., 2008).

2.8.9 Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Diante das mudanças ocorridas com o uso acelerado da terra e a preocupação cada vez mais crescente com os impactos provocados por esta ocupação, tornam-se cada vez mais importantes e mapeamentos de uso e cobertura da terra. A ocupação a partir das diversas necessidades humanas faz com que cada vez mais o estudo sobre o meio ambiente torne-se tema de pesquisas científicas, pois as informações espaciais, principalmente sobre o uso e

cobertura, se estabelecem como condição imprescindível para o entendimento sobre como homem se apropria espaço (Araujo e Lobão, 2009).

O uso e a cobertura da terra têm se tornado um tema muito discutido nos diversos níveis do conhecimento, devido às diversas problemáticas que o uso e ocupação desordenados trouxeram ao meio ambiente. Ações desenfreadas a exemplo dos desmatamentos para implantação de agroindústrias, de mineradoras, para a criação de animais, plantações e muitas outras atividades ligadas ao uso e cobertura da terra, se constituem hoje como um dos grandes desafios para as políticas de controle ambientais (Araujo & Lobão, 2009).

Os conceitos de uso (utilização pela sociedade) e cobertura da terra (sistemas naturais e/ou antrópicas) possuem grande relação entre si e são alternadamente utilizados (IBGE, 2006).

O levantamento sobre o uso e cobertura da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Ao retratar as formas e dinâmica de ocupação da terra, esses estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, diante dos diferentes manejos empregados na produção, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento (IBGE, 2006).

Segundo Turner e Meyer (1994), a palavra cobertura do solo é usada no ramo das ciências naturais e significa o estado físico da terra, a cobertura biofísica observada na sua superfície (vegetação, as águas). O termo uso de solo é usado na área das ciências sociais para designar a utilização pelo homem, isto é inclui as atividades do homem.

As forças que governam as mudanças no uso do solo são muito complexas, atuando em várias escalas e a diferentes velocidades. Dentre essas forças, a mais óbvia é o crescimento da população e o concomitante aumento na demanda por produtos derivados das atividades, os quais diferem ao longo dos continentes, países e regiões (Macedo, 2009).

Dada a capacidade de análise espacial do SIG, aliada à possibilidade de obtenção de produtos de sensoriamento remoto, essas ferramentas passaram a ser amplamente usados em estudos sobre a evolução dos recursos naturais.

2.8.10 Cadastro Técnico Multifinalitário

A palavra cadastro é utilizada correntemente por diversos setores de atividades, com o significado de descrição, catálogo de bens e informações. O cadastro é um inventário; um censo dos bens imóveis de uma cidade, pertencentes ao órgão público e aos particulares (devidamente atualizado e classificado), com o objetivo de sua correta identificação tal como: física; jurídica; fiscal; e econômica (Zangan, 1996).

Um sistema cadastral é multifinalitário, quando as informações reunidas permitem a solução de diferentes problemas. O sistema maneja eficientemente diferentes informações fixas e periódicas para fins específicos. Estas informações influenciam na quantificação dos problemas urbanos, econômicos, ambientais, sociais, legais e fiscais, subsidiando decisões quanto ao planejamento, implantação, operação e administração (Zangan, 1996).

O cadastro técnico multifinalitário (CTM) compreende desde as medições, que representem toda a parte cartográfica, até a avaliação socioeconômica da população; a legislação é a expressão do comportamento social normatizado. Deste modo ela representa e vincula as realidades local, regional e nacional; a economia diz respeito à combinação ótima dos recursos naturais e sociais objetivando o uso e apropriação racional do solo, envolvendo, deste modo, as áreas rurais e urbanas (Loch, 2005)

O cadastro técnico representa um vasto campo de atuação profissional, abrangendo desde tecnologias para medições do imóvel até o mapeamento temático. Os temas abordados são exemplificadamente: situação fundiária, uso do solo, geologia, planialtimétria, solo, rede viária, rede elétrica. O cadastro envolve, ainda, a legislação que rege a ocupação territorial e, finalmente, a atividade econômica. O cadastro técnico, para ser multifinalitário, deve atender ao maior número de usuários possíveis, o que exige que se criem produtos complexos e tecnologias que os tornem acessíveis para qualquer profissional que necessite acessar as informações pertinentes (Loch, 2005).

A gestão correta do território constitui um pressuposto básico do processo de desenvolvimento sustentável. Desta forma o processo de planejamento urbano há que ser participativo, objetivando a integração dos vários setores da atividade socioeconômica.

O CTM possui caráter fundamental no planejamento porque oferece as informações básicas necessárias para a elaboração de planos urbanísticos e gerenciamento de áreas urbanas e rurais. Tal planejamento pode ser definido como um processo ordenador e de previsões envolvendo as variáveis, tempo e valor (Pereira e Loch, 2008). De acordo com esses autores a

principal característica de um CTM é o suporte para o conhecimento do território, com base nas informações contidas em bancos de dados públicos sobre as propriedades de órgãos públicos ou particulares, permitindo a visualização de forma gráfica e organizados em sistemas cartográficos precisos e de qualidade, possibilitando o desenvolvimento dos processos econômicos, jurídicos e técnicos envolvidos na dinâmica das cidades.

Nas administrações pública e privada, o CTM tem se mostrado cada vez mais eficaz por permitir estruturar uma grande quantidade de informações com múltiplas finalidades e organizá-las espacialmente com uso de mapas temáticos ou outras saídas cartográficas. Partindo do pressuposto de que o conhecimento é a força decisiva na reorganização da produção e do espaço, pode se dizer que o CTM veio preencher uma lacuna indispensável para o planejamento e gestão, a manipulação da informação para gerar conhecimento (Pereira e Loch, 2008).

O Cadastro é um sistema de informações do espaço territorial no qual os dados são organizados em torno da unidade territorial jurídica da parcela (lote, imóvel, propriedade). Por suas funções indispensáveis ao suporte ao desenvolvimento econômico, o cadastro tornou-se um instrumento fundamental para o ordenamento do espaço territorial e uma das suas características é proporcionar o acompanhamento e controle temporal das atividades num determinado espaço (Loch, 2005).

Segundo Arcaya (2007), para a maior utilidade do CTM e para que o banco de dados possa ser ferramenta no processo decisório, devem ser observadas algumas características e potencialidades fundamentais que devem substanciar e justificar a sua implementação e manutenção, tais como:

- Possuir atribuições de modo a satisfazer a diversidade dos usuários;
- Possibilitar a formação de banco de dados multifinalitários - deve apresentar de modo seguro e simples a disponibilidade das informações para o acesso direto dos diversos usuários, com respeito à praticidade, objetividade e oportunidade;
- Possibilitar o geoprocessamento das informações gráficas;
- Gerar subsídios para a expansão autos-sustentável;
- Gerar estratégias sócio-econômicas institucionais;
- Gerar estratégias físico territorial e ambiental e;
- Gerar geoinformações espaciais e numéricas.

O aperfeiçoamento de técnicas de medição e o uso de instrumentos mais modernos e relativamente mais baratos, aliados à crescente velocidade de processamento de dados, do uso da tecnologia GPS na determinação de pontos de alta precisão, aumentaram a facilidade de implantação e manutenção de um cadastro (Arcaya, 2007).

O conhecimento atualizado a respeito dos materiais naturais de construção existente e explorado na província de Maputo é extremamente importante no desenvolvimento de um estudo no âmbito da cartografia geotécnica, e demonstrar, mais uma vez, a sua aplicação como instrumento de apoio para a gestão dos recursos naturais.

Segundo o Carneiro (1999), a conjugação das potencialidades da cartografia geotécnica com as facilidades disponíveis nos sistemas de informações geográficas conferem ao produto final a dimensão de um cadastro de materiais naturais de construção da província de Maputo de um cadastro dinâmico, georreferenciado, que pode ser permanentemente atualizado, facultando a formulação de cenários e prognóstico extremamente úteis a qualquer exercício de planejamento.

2.8.11 Análise Multivariada

Devido ao volume da informação obtida nos ensaios realizados durante o desenvolvimento da tese e para saber a importância relativa de cada variável, optou-se por usar a análise multivariada que é um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais várias variáveis são medidas simultaneamente, em cada elemento amostral. Em geral, as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada (Mingoti, 2007).

Corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos, pois constantemente existe a necessidade de se entenderem as relações entre variáveis, medidas em uma observação, o que requer que sejam examinadas simultaneamente. De um modo geral, as técnicas multivariadas são usadas para redução e simplificação de dados, agrupamentos de dados, estudo da dependência entre variáveis (Uzumaki, 1994).

Nesta pesquisa, foi aplicada a técnica de análise de componentes principais, para reduzir o número de variáveis, criando novas variáveis interpretativas.

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica da estatística multivariada que objetiva explicar a variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p variáveis aleatórias, a partir de combinações lineares das variáveis originais. Aliando ferramentas da

álgebra linear e da estatística são geradas as chamadas de componentes principais. A aplicação da ACP condensa informação, reduzindo o número de variáveis a serem analisadas (Joseph *et al.* 2009).

As novas variáveis geradas possuem as seguintes propriedades:

- Possuem funções lineares com as variáveis originais;
- São ortogonais, isto é, independentes uns dos outros;
- Possuem a variação total das variáveis originais (consequentemente, não são observadas perdas de informações em sua transformação); e
- A variância associada ao componente decresce em ordem.

Os componentes são extraídos na ordem do mais explicativo para o menos explicativo. Teoricamente, o número de componentes é sempre igual ao número de variáveis. Entretanto, alguns poucos componentes são responsáveis por grande parte da explicação total. O processamento da ACP pode ter partida na matriz de variâncias e covariâncias ou na matriz de correlação (Folle, 2009).

O objetivo principal da ACP é a obtenção, a partir de um conjunto de variáveis, de um pequeno número de combinações lineares (componentes principais) que retenham o máximo possível da informação contida nas variáveis originais. Frequentemente, um pequeno número de componentes pode ser usado em lugar das variáveis originais nas análises de regressões (ISEBRANDS *et al.* 1975).

Considere a matriz X de dados:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{im} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

Onde $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im})$ é o vetor da m observações da variável i .

A média e o desvio padrão de uma variável i são dados pelas expressões:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m-1} \text{ e } S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{X}_i)^2}{m-1}} \quad (2.5)$$

A normalização (ou padronização) dessas variáveis é realizada pela transformação:

$$Z_i = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (2.6)$$

Aplicando a transformação, a matriz de dados normalizados é dada por:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1j} & \cdots & Z_{1m} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2j} & \cdots & Z_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Z_{i1} & Z_{i2} & \cdots & Z_{ij} & \cdots & Z_{im} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{nj} & \cdots & Z_{nm} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

A matriz de correlações simples entre as variáveis originais é dada por,

$$R = \frac{1}{m} ZZ' \quad (2.8)$$

A técnica de componentes principais consiste na aplicação de uma transformação matemática na matriz de dados \mathbf{x} de modo a obter-se m novas variáveis (componentes principais) que são combinações lineares das variáveis originais que têm a propriedade de serem ortogonais entre si, cada uma correspondendo a uma parcela da variância total do conjunto de dados de forma decrescente. Por exemplo, o primeiro componente principal é formado pela combinação linear das variáveis originais que possui a maior variância, o segundo componente principal responde pela próxima maior variância, tendo a propriedade de ser ortogonal ao primeiro, e assim por diante, até que a variância total se decompõe totalmente. Então, cada componente sucessivo explica porções progressivamente menores da variância total (Bueno, 2001).

Por definição, o primeiro componente principal é dado pela combinação linear,

$$g_{1j} = c_{11}z_{1j} + c_{12}z_{2j} + \dots + c_{1n}z_{nj}, \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (2.9)$$

cujas notação matricial é,

$$g'_1 = c'_{1z} \quad (2.10)$$

com,

$$c_1 = \begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \cdots \\ c_{1n} \end{pmatrix}$$

Sendo g'_1 um vetor linha com n elementos e c'_1 um vetor linha com n coeficientes da combinação linear considerada. Este componente possui variância máxima, com a condição de que $c'_1 c_1 = 1$, igual a,

$$V(g_1) = \lambda_1 \tag{2.11}$$

Onde λ_1 é a maior das m raízes característica de R , denominadas “auto-valores”, isto é, $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_m$

O segundo componente principal é dado pela equação 2.12

$$g_{2j} = c_{21}z_{1j} + c_{22}z_{2j} + \dots + c_{2n}z_{nj}, \quad (j=1,2,\dots,m) \tag{2.12}$$

Ou na forma matricial,

$$g'_2 = c'_2 z \tag{2.13}$$

e possui a segunda máxima variância e sujeita as restrições $c'_2 c_2 = 1$ e $c'_2 c_1 = 0$, sendo esta última restrição a que faz com que o segundo componente principal seja ortogonal ao primeiro.

A variância do segundo componente, por analogia ao primeiro é dada por,

$$V(g_2) = \lambda_2 \tag{2.14}$$

e, assim, sucessivamente, isto é:

$$\begin{aligned} V(g_1) &= \lambda_1 \\ V(g_2) &= \lambda_2 \\ &\dots\dots\dots \\ V(g_k) &= \lambda_k \quad \text{onde, } k=1,2,\dots,n \\ &\dots\dots\dots \\ V(g_n) &= \lambda_n \end{aligned} \tag{2.15}$$

A soma de todas as raízes características fornece a variabilidade total,

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = n = \text{Variabilidade total} \tag{2.16}$$

Sendo que a porcentagem da variabilidade que o k -ésimo componente principal explica é calculada através da equação 2.17,

$$\frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} 100 = \frac{\lambda_k}{n} 100 \tag{2.17}$$

Onde n é o número de variáveis.

Finalmente, as coordenadas das variáveis originais nos eixos fatoriais são dadas por,

$$u_k = \sqrt{\lambda_k} c_k, \text{ para } k=1,2,\dots,n \quad (2.18)$$

2.9. PROBLEMAS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EXPLORAÇÃO DOS MATERIAIS NA PROVÍNCIA DE MAPUTO

O crescimento demográfico tem exigido um aumento da oferta de materiais naturais para a construção civil, como é o caso dos agregados, solos, entre outros. A exploração destes materiais em Moçambique é feita sem estudos de caracterização geotécnica e delimitação das áreas mais adequadas. Em consequência, tem havido materiais de qualidade duvidosa, assim como tem havido degradações que não são corrigidas, como ilustra a Figura 2.9.



Figura 2.9. Área explorada e não recuperada (modificado, Google earth, 15.02.2011).

Tal fato, portanto, tem trazido problemas à população, como acúmulo de águas quando chove associado à transmissão de doenças, assoreamentos, erosão, movimentos de massas gravitacionais e as mudanças do relevo, como se pode observar na Figura 6.1. Estes materiais são usados para diversas finalidades, materiais para preparação de bases de pavimentos e mesmos aterros para construção civil, como argilas para cerâmica, agregados miúdos e grãos para argamassas e concretos.

Segundo Zuquette *et al.* (2004), no Brasil as explorações de materiais de construção, são umas das cinco principais fontes (agricultura, atividades urbanas, indústria, mineração e processos naturais) de degradação ambiental, principalmente em regiões de pequena amplitude de relevo como planícies costeiras e fluviais. Dentre as principais fontes de

degradação provocadas por atividades humanas, destacam-se os provocados pela exploração de materiais naturais de construção.

Em Moçambique, existem muitos locais onde a areia, a argila e outros agregados são explorados para uso em construções. Os principais problemas decorrentes são: abandono de cavas (Figura 2.9), escavações profundas (Figura 2.10), processos intensos de erosão, assoreamentos de rios e de lagoas, deposição inadequada dos materiais classificados como rejeitos, contaminação das águas, escorregamentos e geração de pó que afetam a qualidade de vida da população vizinha e destruição da vegetação.

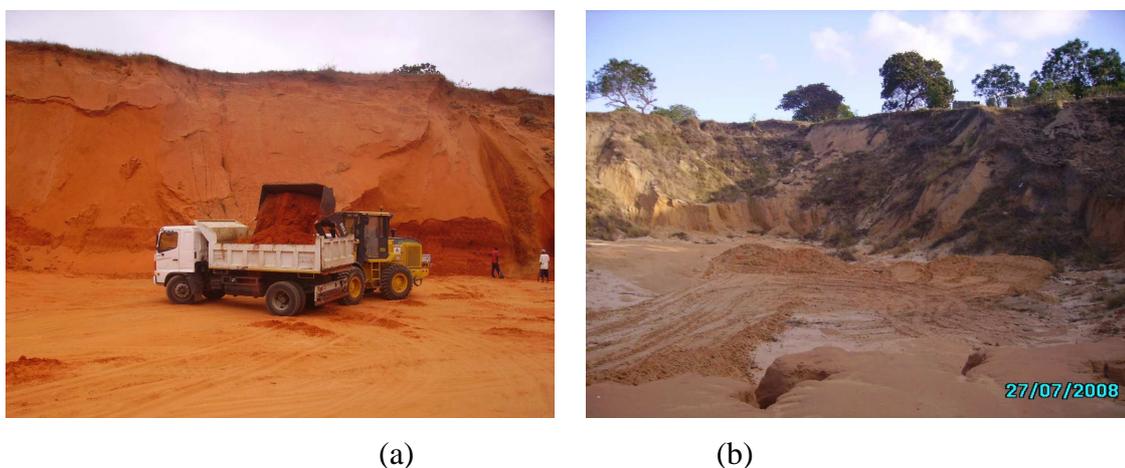


Figura 2.10. Ilustrando uma escavação profunda: (a) em exploração, (b) abandonada

2.9.1 Problemas Ambientais

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota, as condições estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

A exploração de materiais naturais de construção afeta os outros tipos de usos e ocupação, provocando problemas socioeconômicos. A exploração de materiais de construção é responsável por diversos problemas ambientais da Província de Maputo, como desmatamento, cavas abandonadas; rebaixamento de nível de água devido ao sistema de drenagem adotado para aumentar o volume do agregado; contaminação da água com os produtos químicos usados por veículos, deposição de resíduos; a erosão de materiais inconsolidados expostos durante a escavação e desmatamento e assoreamento dos canais de drenagem. Apesar da existência de legislação ambiental que regula estas atividades como as

normas de procedimento para a extração de materiais de construção que no seu Artigo 1 e 5, do Decreto nº 26/2004, de 20 de Agosto, aprova o regulamento ambiental para atividade mineira (Serra, 2007).

Os impactos mais comuns resumem em: rebaixamento do nível de água; desmatamento e remoção da camada superficial; cavas abandonadas e acúmulo de água; deposição de lixo e contaminação de águas superficiais e subsuperficiais, erosão e assoreamentos, entre outros.

2.9.2 Rebaixamento do Nível de Água

Em alguns lugares é executado o rebaixamento do nível de água no sentido de aumentar o volume de materiais a ser explorado. Consequentemente, em função das condições de relevo e do comportamento da zona saturada, este procedimento pode provocar uma série de problemas nas regiões em termos de fontes de águas que servem a população no seu uso diário quanto no uso para manutenção de culturas. E quando as cavas não são recuperadas, surgem lagoas que são pontos de veiculação de doenças (Figura 2.11).

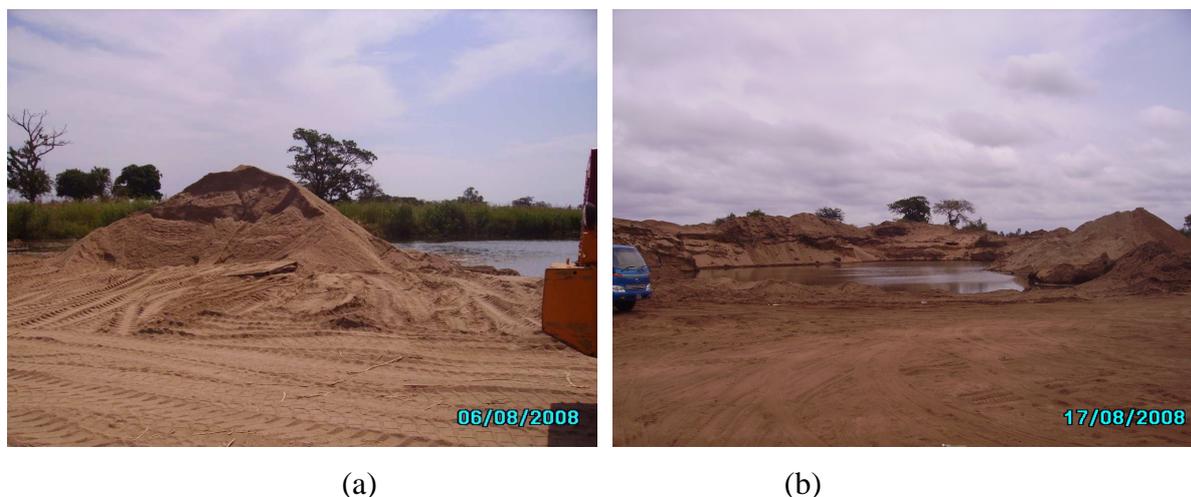


Figura 2.11. Cavas com acumulação de água; (a) em exploração, (b) abandonada

2.9.3 Desmatamento e Remoção da Camada Superficial

A retirada da cobertura vegetal para abertura da jazida e para o desenvolvimento de atividades operacionais, normalmente atinge grandes extensões provocando a exposição do solo a diversos processos, assim como a eliminação de espécies vegetais e animais. Estes impactos ambientais posteriormente tornam necessários altos investimentos no sentido de recuperação destas áreas degradadas. Ressalta-se que a camada de solo superficial não é

depositada para uso posterior, o que tem inviabilizado a recuperação de áreas exploradas (Figura 2.12).

2.9.4 Cavas Abandonadas e Acúmulo de Água

Como consequência das atividades de exploração, são criadas e depois abandonadas as cavas, formando lagos a partir do acúmulo das águas de chuvas, visto que as chuvas são constantes durante o período de novembro a abril (Figura 2.13).



Figura 2.12. Áreas extensas de exploração



Figura 2.13. Cava abandonada e vira acumulação das águas

2.9.5 Disposição de Lixo e Contaminação das Águas Superficiais e Subsuperficiais

Muitas áreas de extração de materiais de construção são reaproveitadas como depósito dos resíduos sólidos, sem que nenhuma medida tecnológica de controle tenha sido executada. Os líquidos que percolam (chorume) associados aos materiais arenosos, atingem as águas

subsuperficiais muito facilmente, gerando problemas ambientais à população e ao meio ambiente (Figura 2.14)

2.9.6 Erosão e Assoreamento

Da associação de materiais inconsolidados arenosos e das escavações executadas sem nenhum critério técnico surgem os processos erosivos afetando as paredes das escavações, assim como as áreas próximas às vias de acesso e áreas ao redor. O material erodido é transportado para os canais de drenagem, provocando assoreamento dos mesmos, bem como deteriorando a qualidade das águas (Figura 2.15).



Figura 2.14. Cavas abandonadas que viram zonas de deposição de lixo



Figura 2.15. Processos erosivos numa cava abandonada

Em Moçambique, observa-se um intenso conflito entre as empresas que exploram os materiais naturais de construção e a população, pois tais explorações resultam em diversos

problemas, afetando fortemente a população circunvizinha. Não há nenhum tipo de medidas de controle, de reabilitação ou de restauração adotadas como obrigatórias por proprietários ou por instituições públicas. A legislação mineral e ambiental é importante na orientação dos usos e na ocupação no sentido de minimizar os impactos negativos.

2.9.7 Diretrizes Para a Recuperação das Áreas Degradadas Pela Exploração dos Materiais Naturais de Construção

Em geral, os projetos de exploração de materiais naturais de construção, é impossível não haver nenhum tipo de impacto direcionado ao meio ambiente. Portanto para minimizar danos é preciso considerar, pelo menos, as seguintes soluções:

- Soluções de engenharia, abrangendo condições necessárias para atingir um bom projeto de exploração tais como: estabilização de taludes ou bancadas de exploração, ajustes geométricos da área do empreendimento, sinalização e outros dispositivos por razões de segurança;
- Soluções administrativas, através de fiscalização para readequação da ocupação da área do empreendimento, de modo a evitar a deposição de lixo na cava e outros vandalismos;
- Soluções ambientais, através da recomposição da cobertura vegetal, recuperação de áreas degradadas, remoção e/ou reassentamento de população de baixa renda, entre outros

A degradação de uma área, independentemente da atividade implantada, verifica-se quando a vegetação e, por consequência, a fauna, são destruídas, removidas ou ainda a camada de solo fértil é perdida, removida ou coberta, afetando a vazão e qualidade ambiental dos corpos superficiais e/ou subterrâneos d'água. Quando isso ocorre, reflete-se na alteração das características físicas, químicas e biológicas da área, afetando seu potencial sócio-econômico (DNT, 2006).

A recuperação ambiental é efetuada através da definição de um plano que considere os aspectos ambientais, estéticos e sociais, de acordo com o destino que se planeja dar à área, possibilitando um novo equilíbrio ecológico.

2.9.8.1 Avaliação de Impacto Ambiental

A avaliação de impactos ambientais é um instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto,

programa, plano ou política) e de suas alternativas, cujos resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis para tomada da decisão, e por eles considerados. Além disso, os procedimentos devem garantir adoção das medidas de proteção do meio ambiente, determinada no caso da implantação do projeto (CONAMA, 1986).

2.9.8.2 Recuperação de Áreas Degradadas

Segundo Bitar (1997), assim como em qualquer outra temática relacionada à busca de soluções para problemas urbanos e ambientais, a recuperação de áreas degradadas tem envolvido abordagens interdisciplinares, reunindo e integrando o conhecimento de diferentes campos do conhecimento humano (administração, agronomia, arquitetura, biologia, economia, engenharia, hidrologia, geologia, medicina, química, sociologia, entre outros).

Segundo o mesmo autor, os procedimentos e atividades que envolvem a recuperação de áreas degradadas por mineração têm variado de acordo com cada caso. Porém de uma maneira geral, a partir da identificação e avaliação preliminar de uma área degradada, compreende basicamente o planejamento da recuperação, execução do plano de recuperação elaborado e a realização do monitoramento e manutenção das medidas implementadas.

Em qualquer trabalho de recuperação, a primeira atividade compreende a identificação e caracterização dos processos de degradação atuantes e a análise de suas consequências ambientais. Para isso, é necessário o uso de indicadores que traduzem quantitativa ou qualitativamente o grau da degradação existente e, ainda, permitam estimar a dimensão dos esforços técnicos e econômicos que deverão ser alocados na recuperação. A avaliação deve contemplar, entre outros aspectos, a análise dos riscos à saúde e segurança das comunidades eventualmente afetadas, bem como aos usos do solo circunvizinhos. A consulta a essas comunidades é fundamental nesta atividade, de modo a obter informações importantes para avaliação completa da degradação e seu histórico (Bitar, 1997).

2.9.8.3 Métodos e Técnicas de Recuperação

A recuperação de áreas degradadas envolve a definição de estratégias ou métodos de recuperação e a escolha das medidas a serem implementadas. A escolha dos métodos requer análise cuidadosa das alternativas tecnológicas disponíveis e da provável eficácia que as medidas terão na correção ou estabilização da degradação.

As tecnologias aplicáveis à recuperação do meio físico degradado (portanto, tecnologias de estabilização), podem ser distinguidas, em três conjuntos básicos, os quais podem ser aplicados de um modo integrado em uma dada área (Bitar & Braga,1995):

- Tecnologias de revegetação, envolvendo desde a fixação localizada de espécies vegetais (herbáceas ou arbóreas) até reflorestamentos extensivos;
- Tecnologias geotécnicas, envolvendo a execução de obras de engenharia (com ou sem estruturas de contenção e retenção), incluindo as hidráulicas, que visam a estabilidade física do ambiente;
- Tecnologias de remediação, envolvendo a execução de métodos de tratamento predominantemente químicos (podendo ser também biológicos, como em biorremediação) destinados a eliminar, neutralizar, confinar, imobilizar ou transformar contaminantes no solo e nas águas (podendo abranger tecnologias de tratamento *in situ*).

Segundo os mesmos autores, as atividades e problemas que mais comumente têm exigido aplicações técnicas voltadas recuperação de áreas degradadas, são: mineração, deposição de resíduos, ocupação de encostas, boçorocas urbanas e rurais, agricultura irrigada, cursos e corpos d'água assoreados. A Tabela 2.11 aponta, de maneira genérica, algumas das medidas de recuperação usuais em cada uma das situações, considerando casos frequentes verificados no Estado de São Paulo.

Finalmente há uma necessidade de uma consciência ambiental ser disseminada em todos os níveis de ensino em Moçambique a fim de que, não só os órgãos responsáveis pela exploração dos materiais no país incorporem a questão ambiental nas suas práticas, mas, e principalmente, para que os cidadãos possam desempenhar ativo papel na defesa de uma qualidade de vida à altura dos recursos naturais que ainda Moçambique tem.

Tabela 2. 11. Algumas mediadas de recuperação do meio físico em diferentes tipos de áreas degradada (Bitar & Braga, 1995)

TIPO DE ÁREA DEGRADADA	PRINCIPAIS PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO (MEIO FÍSICO)	ALGUMAS MEDIDAS CORRETIVAS (MEIO FÍSICO)
Minação abandonada em regiões urbanas	<ul style="list-style-type: none"> - escoamento das águas superficiais - erosão por sulcos e ravinas - escorregamentos - deposição de sedimentos e partículas 	<ul style="list-style-type: none"> - revegetação - captação e condução das águas superficiais - estabilização de taludes e blocos
Depósitos de resíduos industriais e urbanos	<ul style="list-style-type: none"> - interações físico-químicas no solo (poluição do solo) - escoamento das águas superficiais - movimentação das águas de subsuperfície 	<ul style="list-style-type: none"> - prospecção do depósito - remoção total ou parcial, transporte e disposição dos resíduos - tratamento 'in situ' do solo - descontaminação ou remediação do solo
Ocupação habitacional de encostas em situações de risco	<ul style="list-style-type: none"> - escorregamentos - escoamento das águas em superfície 	<ul style="list-style-type: none"> - captação e condução das águas superficiais - estabilização da encosta (com ou sem estruturas de contenção) - revegetação - remoção de habitações das habitações em riscos extremos
Boçorocas urbanas ou rurais	<ul style="list-style-type: none"> - erosão por boçorocas - movimentação das águas de subsuperfícies 	<ul style="list-style-type: none"> - controle do uso e ocupação - captação e condução das águas superficiais - drenagem das águas de subsuperfície/fundo - estabilização dos taludes da boçoroca ou aterramento
Ocupação agrícola irrigada	<ul style="list-style-type: none"> - adensamento e compactação do solo - acidificação do solo por lixiviação 	<ul style="list-style-type: none"> - controle da irrigação - aragem profunda do solo - correção da acidez do solo
Cursos e corpos d'água assoreados	<ul style="list-style-type: none"> - deposição de sedimentos e partículas - enchentes e inundações 	<ul style="list-style-type: none"> - controle da erosão a montante - dragagem dos sedimentos - obras hidráulicas

3 PROCEDIMENTO METODOLOGICO

Neste capítulo são apresentados os procedimentos técnicos e materiais utilizados nas diferentes etapas de trabalho.

Os documentos apresentados, na forma de banco de dados, planilhas eletrônicas e informações cartográficas, tiveram a definição, tanto em conteúdo, quanto na forma com base na documentação base disponível na escala de 1:250.000.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas imagens de satélite da área de estudo, associada à metodologia proposta por Zuquette & Gandolfi (2004) que sugere trabalhos de campo e laboratório para caracterizar os materiais naturais de construção.

3.1 ETAPAS DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A primeira etapa consistiu da coleta e tratamento de dados (mapa geológico, mapa de solos, imagens), que representa a base da pesquisa, pois sem ela a pesquisa não poderia ser realizada.

A segunda etapa consistiu em operações cartográficas, levantamentos de campo, realização de ensaios laboratoriais, diagnóstico de locais de materiais de construção.

A terceira etapa foi proposta, neste trabalho, como uma forma de dar mais uma contribuição para o estudo de materiais naturais de construção, onde se confeccionou um mapa síntese (mapa de materiais naturais de construção), no intuito de subsidiar os órgãos públicos e privados.

Ainda na terceira etapa, estava previsto um estudo de maior detalhe para a definição de plano de lavra e recuperação de áreas degradadas pela exploração. Para a realização desse estudo, seria necessária a escolha dos locais, mobilização de equipamentos e equipe para investigação detalhada, razão pela qual não pode ser realizada. Na Figura 3.1, é apresentado o fluxograma das etapas da realização da pesquisa.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizada a informação disponível na área de estudo, constituída por:

- Mapa geológico de Maputo em formato digital, na escala 1:250.000, Instituto Nacional de Geologia de Moçambique;

- Mapa geológico de Bela Vista em formato digital, na escala 1:250.000, Instituto Nacional de Geologia de Moçambique;
- Carta de solos de Bela Vista em formato digital, na escala 1:250.000, Instituto Nacional de Investigação Agronômica de Moçambique;
- Carta de solos de Maputo em formato digital, na escala 1:250.000, Instituto Nacional de Investigação Agronômica de Moçambique;
- Imagens digitais do satélite (167/077, 167/078,167/079. 168/077, 168/078) Landsat 7-ETM+, da Província de Maputo, do ano de 1999 e 2001, com 7 bandas espectrais e resolução de 30 m;
- Modelo Numérico de Terreno (MNT) ou *Global Digital Elevation Model* (GDEM) gerado a partir de imagens ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer) disponibilizado gratuitamente na internet, com uma resolução espacial de 30 metros, e precisão altimétrica de 7 a 14 m (Sousa e Carnés, 2010).

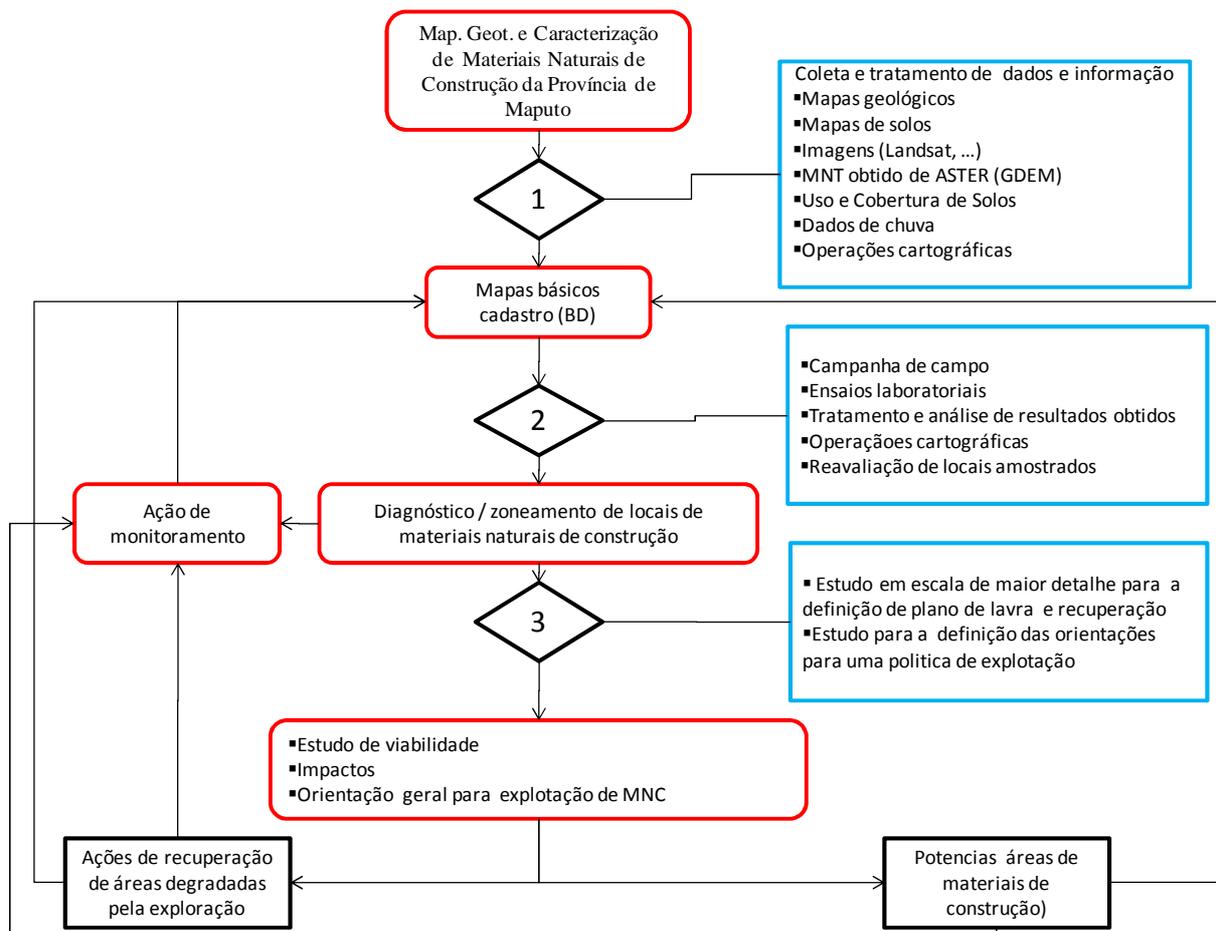


Figura 3. 1: Fluxograma da realização da pesquisa.

Na escolha da imagem do satélite Landsat para a realização da pesquisa, considerou-se o fato de este produto ser o principal instrumento de trabalho na área de geoprocessamento no mundo, possuir resoluções adequadas para a escala de realização da pesquisa e por estarem às imagens disponíveis no site da USGS (Serviço Geológico Americano) e podendo se fazer o *download* sem nenhum custo, pois o projeto não contava com recursos financeiros para a aquisição de imagens de alta resolução.

3.3 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O objetivo de processamento de imagens é o de remover as barreiras inerentes ao sistema visual humano, permitindo a extração de informações a partir de imagens. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir de imagens brutas (Crosta, 1992).

Para o processamento da informação utilizou-se o software Spring versão 4.3.3, desenvolvido pelo INPE. Com o auxílio do software, as imagens foram processadas, sendo realizadas as seguintes operações:

3.3.1. Pré-Processamento

Nesta fase de pré-processamento de imagens, não foi necessário fazer o georreferenciamento de imagens da região de estudo, pois foi feito o *download* das imagens já corrigidas geometricamente e georreferenciadas. Uma das operações realizadas foi a equalização de bandas em cada imagem, a fim de ajustar o nível de cinza (ajuste radiométrico). Pois não foi possível a obtenção de imagens da mesma data.

3.3.2. Técnicas de Realce

A finalidade das técnicas de realce é melhorar a qualidade visual das imagens, facilitando o trabalho de análise e interpretação dos dados por parte do intérprete (Rosa, 2007).

Para melhorar a qualidade da imagem, foi realizada uma ampliação de contraste linear, para aumentar a discriminação visual dos objetos presentes na imagem. O método consiste em expandir, linearmente, todos os pixels de uma imagem de baixo contraste de modo a ocupar toda a capacidade de visualização dos níveis de cinza gerando um ganho de contraste. Segundo Crósta (1992), uma das aplicações mais comuns da ampliação de contraste é na preparação de composições coloridas usando 3 bandas de um sensor. Para que seja obtida

uma boa distribuição de cores nesse tipo de composição, é necessário que as 3 bandas tenham primeiramente os seus contrastes aumentados.

A composição colorida com três bandas (RGB543) foi gerada para melhorar a visualização da imagem. A partir desta composição permitiu observar áreas com vegetação intensa ou menos intensa, assim como solo exposto.

Gerou-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), assinatura espectral de uma vegetação verde e sadia mostra um evidente contraste entre a região do visível, especialmente no vermelho e a infravermelho próximo. Assim o NDVI é calculado pela diferença de refletância entre as faixas do infravermelho próximo (0,76 a 0,90 μ m) e a faixa do vermelho no visível (0,63 a 0,60 μ m) (Jensen, 2008).

Uma aplicação bem difundida para imagens NDVI é o acompanhamento e monitoramento da ação antrópica, seja desmatamento, seja de área agrícola (Teixeira, 2008).

Gerou-se as principais componentes das bandas 1 a 7. O processo consiste na geração de novas bandas, não correlacionadas, de tal forma que o máximo de informações possível encontre-se nas primeiras componentes (Rosa e Brito, 1996).

3.3.3. Segmentação de Imagens

Para o processo de segmentação das imagens (delimitação de áreas homogêneas), foram usadas as bandas realçadas, índice de vegetação e as componentes principais. Esse procedimento proporcionou a obtenção de imagens segmentadas bem refinadas.

Para a segmentação da imagem utilizou-se o método de crescimento por regiões, disponível no Spring 4.3.3 onde somente as regiões adjacentes espacialmente são agrupadas. O algoritmo por crescimento de regiões disponível no Spring depende da definição das duas variáveis, grau de similaridade e o de tamanho mínimo de área. O primeiro é o limiar de diferença do nível de cinza abaixo do qual duas regiões são consideradas similares e são agrupadas. O segundo é o valor da área mínima dado em número de pixels, para que uma região seja individualizada.

A imposição de graus de similaridade muito baixos cria um número muito grande de polígonos, fragmentando demasiadamente a imagem. Como a outra variável definida é o tamanho mínimo de uma região, se definir áreas muito grandes, haverá reagrupamento de fragmentos, formando polígonos com características muito heterogêneas.

Para o efeito, foram definidas várias combinações de similaridade e tamanho mínimo dos polígonos, onde foram produzidas imagens segmentadas, para a detecção do nível de fragmentação adequado à escala de abordagem e à realidade de campo. O limiar de similaridade que apresentou os resultados mais satisfatórios, entre os vários testados, foi de 20 e uma área mínima de 40 pixels.

3.3.4. Classificação

Para a classificação da imagem segmentada, utilizou-se o algoritmo de iso segmentação denominado de *Isoseg* no programa Spring para classificação das regiões da imagem segmentada. Este classificador utiliza, além da informação espectral de cada pixel, a informação espacial que envolve a relação entre os “pixels” e seus vizinhos, reconhecendo áreas homogêneas adjacentes, baseado nas propriedades espectrais e espaciais da imagem. O *Isoseg* é um algoritmo classificador não-supervisionado, aplicado sobre um conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média e matriz de covariância, e também pela área (Câmara *et al.*, 1996).

O programa delimitou 56 classes que foram reagrupadas em 13 classes de uso e cobertura do solo incluindo os diferentes tipos de vegetal natural. Essas 13 classes foram previamente definidas com base no trabalho de campo, obtendo-se assim o mapa de uso e cobertura de solo. A imagem classificada foi impressa e levada ao campo, onde foi avaliada a aderência com a realidade. Com base nestas informações foi realizada a edição vetorial do mapa de uso e cobertura do solo com a alteração das classes quando necessário, resultando no mapa final de uso e cobertura do solo da área de estudo.

3.4 TRABALHO DE CAMPO

Após a obtenção do mapa de uso e cobertura de solo da área de estudo, foram identificados 200 polígonos associados à exploração de matérias naturais de construção.

A partir da identificação destes locais, foram realizadas várias campanhas de campo com o objetivo de confirmar a localização dos pontos definidos, utilizando-se um equipamento *Global Position System* (GPS) de navegação de marca Etrex Vista.

Para o acesso aos locais, os seguintes procedimentos foram adotados: utilizando-se o GPS de navegação, determinava-se a distância do ponto a ser visitado em relação à via de acesso. Caso o ponto se localizasse a uma distância superior a quatro quilômetros da via de

acesso e não houvesse como alcançar o local por inexistência de acesso, o ponto era considerado distante, e não se fazia a visita do local.

Dos 200 pontos identificados a partir de imagens, só foi possível visitar e cadastrar cento e quatro (104) locais, de acordo as fichas de cadastro preenchidas. Isto se deveu à inexistência de vias de acesso aos demais locais, mesmo com a utilização da viatura de tração nas quatro rodas, assim como a existência de minas em algumas zonas, instaladas durante a guerra civil terminada em 1992 e ainda não removidas.

Em cada ponto visitado, foi feita a descrição dos solos, isto é o preenchimento da ficha de cadastro e a coleta de amostras para a realização de ensaios laboratoriais. A primeira campanha de campo foi realizada no período compreendido entre Agosto e Dezembro de 2008. A Tabela 3.1 apresenta a relação de pontos identificados, visitados e cadastrados, amostras coletadas e sua respectiva distribuição.

Tabela 3. 1: Pontos identificados, visitados e sua respectiva distribuição

Nº	Descrição dos pontos	Quantidade
1	Polígonos identificados na imagem	200
2	Pontos cadastrados	104
3	Amostras coletadas	80
4	Amostras selecionadas para ensaios	46
5	Pedreiras em exploração	9
6	Câmaras de empréstimo em exploração (solos)	13
7	Câmaras de empréstimo em exploração (areia grossa e fina)	10
8	Câmaras de empréstimo em exploração (argilas)	3
9	Solos (não explorados)	16
10	Areias aluvionares (não explorados)	25
11	Argilas (não exploradas)	3

3.4.1. Critérios de Amostragem e Tipos de Amostras

As amostras coletadas em 2008 para o estudo de suas características tecnológicas e geotécnicas foram selecionadas de modo a enquadrar os diferentes tipos de formações geológicas e pedológicas existentes na área de estudo e para que pudessem ser utilizadas como materiais de construção, em função de seu comportamento físico-mecânico.

Em cada local amostrado, foram coletadas três (3) amostras de cinquenta (50) quilos cada, perfazendo num total de 150 quilos coletados em cada ponto identificado, num raio de cerca de 50 a 200 metros, dependendo da frente de exploração, como ilustra a Figura 3.2.

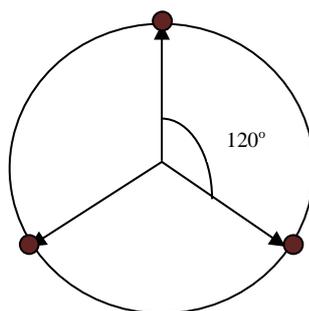


Figura 3. 2: Ilustrando o esquema da coleta de amostras em cada local

O esquema foi utilizado para a coleta de seguintes tipos de amostras: solos; areias aluvionares; e argilas. Para o caso da rocha britada, as amostras foram coletadas nas britadeiras em diferentes pontos de acumulação, com vista a obter uma representatividade do material e diferentes tamanhos, como ilustra a Figura 3.3.



Figura 3. 3: Ilustrando diferentes tamanhos do rocha britada

No entanto, não foi possível colher amostras em todos os pontos cadastrados (visitados), devido ao fato de alguns polígonos identificados nas imagens serem zonas residenciais, zonas cultivadas ou zonas de pastos, como ilustram as Figuras 3.4 (a) e (b).

Dos cento e quatro (104) pontos cadastrados, foram coletadas oitenta (80) amostras de diferentes tipos de materiais.

Para a realização dos ensaios laboratoriais, foram selecionadas quarenta e seis (46) amostras. O critério adotado para a seleção do material arenoso foi a partir da análise tátil-visual das amostras (possuir menor percentagem de finos). As amostras coletadas em pedreiras e câmaras de empréstimo em funcionamento todas foram ensaiadas.



(a) (b)
Figura 3. 4: Ilustrando pontos identificados a partir de imagens satélites: (a) zona residencial e (b) zona cultivada

Com base nas observações realizadas durante a campanha de campo e amostras selecionadas, foi traçado um plano de ação para a realização de ensaios de laboratório, com o objetivo de identificar e caracterizar os principais tipos de materiais naturais que ocorrem na área de estudo.

Antes da realização dos diferentes tipos de ensaios, utilizou-se o repartidor de amostras, para reduzir a quantidade de material até se obter uma amostra representativa em quantidade necessária para a realização de cada tipo de ensaio, como ilustra a Figura 3.5.



Figura 3. 5: Ilustra a utilização de repartidor para a obtenção da amostras (Sampling method MA2)

3.4.2. Procedimentos Para Elaboração do Cadastro

Para a identificação e cadastramento dos materiais naturais de construção, utilizou-se a carta de uso e cobertura elaborada a partir de imagens de Landsat 7 - ETM+ e as imagens do programa Google Earth da área de estudo.

Foi elaborada uma ficha de cadastro para alimentação do banco de dados contendo as seguintes informações: dados do empreendedor; localização; produto da jazida; se o material está ou não em exploração; referência da amostra; reservas; planejamento da exploração da lavra; aplicações do material; destino do material; licenciamento ambiental; impactos sócio-ambientais; e fotos ilustrando o local onde foi realizado a coleta e o cadastro.

Por meio desta metodologia foram cadastrados todos os locais onde foram coletadas amostras. No final obteve-se a carta de distribuição espacial dos materiais de construção da província de Maputo.

Em 2009, foi realizada a segunda campanha de campo, usando como a referência a carta pedológica da Província de Maputo (escala de 1/250000) adquirida no Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA,1992) e um GPS de navegação. Em todas as classes pedológicas principais e acessíveis, foram abertos poços de aproximadamente 1x1x1(m), para a inspeção visual (Figura 3.6 a e b) e colheita de amostras deformadas para ensaios em laboratório.

Com as amostras colhidas na segunda campanha em 2009, foram realizados ensaios para a identificação e classificação dos materiais, nomeadamente a análise granulométrica por peneiramento, limites de consistências e ensaios expeditos para a classificação pela metodologia MCT.



(a)

(b)

Figura 3. 6: Ilustrando abertura do poço, (a) descrição dos solos; (b) colheita de amostra de amostra

3.5 ENSAIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os principais métodos usados para a realização dos ensaios de identificação e caracterização de materiais naturais de construção.

As amostras selecionadas para a realização dos ensaios foram divididas em quatro (4) grupos, nomeadamente, solos, areias, rocha (brita) e argila, material para produção de produtos cerâmicos.

3.5.1 Métodos dos Ensaios Utilizados

Os métodos de ensaios utilizados nesta pesquisa para a identificação e caracterização tecnológica dos materiais coletados, são de acordo os métodos do *Department of Transport of Republic of South Africa* (DTRSA), do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC), da *American Society for Testing and Material* (ASTM) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A Tabela 3.2 apresenta os ensaios realizados e os respectivos métodos adotados.

Além dos ensaios mencionados (Tabela 3.2), foram realizados os seguintes ensaios:

- Ensaio Expedito para Classificação MCT;
- Ensaio de absorção de água em brita durante 48 horas;
- Difração de raios-X; e
- Ensaio de caracterização tecnológica das argilas.

a) Ensaio expedito para classificação MCT

O ensaio expedito para classificação MCT (método das pastilhas), permite a classificação do solo, avaliando o comportamento de pastilhas moldadas (Figura 3.7 a, b, c, d) em anéis de 20 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura (Nogami & Villibor, 1994 e 1996). Esta classificação correlaciona a contração das pastilhas com o coeficiente c' (índice indicativo da textura do solo) e a penetração com o índice e' (índice indicativo do grau de laterização do solo). A contração se correlaciona com a compressibilidade dos solos compactados e a penetração correlaciona-se com a coesão e resistência do solo quando em presença de água (Fortes *et al.*, 2002b).

A realização dos ensaios iniciou-se pesando 50 gramas da fração que passou na peneira de 2 mm seca ao ar. Em seguida, passou esta fração na peneira de 0,42 mm. Depois se colocou a fração que passou na peneira de 0,42mm sobre a face esmerilhada de vidro e

efetuou-se várias espatulações, até atingir a consistência de uma pasta. Terminada a espatulação, determinou-se a consistência da pasta utilizando-se o penetrômetro com 10g e ponta cilíndrica de 1,3mm, ajustando-se o teor de umidade para o qual o penetrômetro penetra 1mm.

Tabela 3. 2: Ensaios realizados e respectivas normas

Grupo	Tipo de ensaio	Método do ensaio
Solos	Análise granulométrica por peneiramento	A1(a), A5 (MTTC, 1981)
	Limites de Atterberg	NP - 143 (LNEC, 1969)
	Compactação	A7 (MTTC, 1981)
	Determinação de California Bearing Ratio (CBR)	A8 (MTTC, 1981)
	Determinação de pH	E-203 (LNEC, 1967)
Areias aluvionares (Areias limpas)	Análise granulométrica por peneiramento	B4 (MTTC, 1981)
	Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis	NP - 86(LNEC, 1972)
	Determinação de massa volúmica	NP - 954 (LNEC, 1973)
	Determinação da baridade	NP - 955- (LNEC, 1973)
	Determinação de módulo de finura	B13 (MTTC, 1981)
	Determinação dos cloretos e sulfatos	ASTM - C114-86
	Determinação da reactividade potencial	ASTM - C289-71
Rocha dura (brita)	Abrasão Los Angeles	E-237 (LNEC, 1970)
	Resistência ao esmagamento	NP - 1939 (LNEC, 1974)
	Determinação de massas específicas e absorção d'água de brita e godos	NP - 581 (LNEC, 1969)
	Determinação de índice de lamelação	B3 (MTTC, 1981)
	Adesividade de Betume-Inerte	J.A.E. P9 -53
	Ensaio alteração pelo sulfato de sódio	NP-80 (LNEC,1976)
	Determinação da reactividade potencial	ASTM - C289-71
Argilas	Determinação de massas específicas e absorção d'água	NP-80 (LNEC,1964)
	Análise granulométrica completa	ASTM-D422-1990
	Limites de Atterberg	NP - 143 (LNEC, 1969)

Posteriormente, moldou-se 3 esferas (com um peso aproximado de 10g). As esferas foram inseridas dentro dos anéis previamente lubrificadas com vaselina e com uso de dedos pressionou-se a esfera para preencher inteiramente o anel. O excesso cortou-se o com uma espátula, tendo ficado tanto a face superior como inferior do anel totalmente preenchido pelo solo. Caso não esteja, totalmente preenchido, repete-se o processo. Com os anéis preenchidos com a amostra, os mesmos foram posicionados na vertical, mantendo-os por cerca de 24 horas para secagem ao ar (Figura 3.7a). Em seguida colocou-se sobre uma mesa, onde se efetuou três medições de diâmetro em pontos diametralmente opostas (Figura 3.7b). Depois da determinação da contração, os anéis com as respectivas pastilhas foram transferidos para uma

placa porosa saturada e recoberta de papel filtro (Figura 3.7c). Deixou-se em repouso por cerca de duas horas, em seguida realizou-se a penetração das pastilhas com o penetrômetro padrão (Figura 3.7d), encostando a sua ponta na superfície da área central da pastilha, de maneira que a penetração se dê na vertical e em situação do peso próprio, no mínimo realizou-se três determinações. A partir dos dados de contração e de penetração faz-se a classificação do solo.



Figura 3. 7: Ilustrando método da Pastilha: (a) secagem das pastilhas; (b) medida da contração; (c) reabsorção d`água e (d) penetração

b) Ensaio de absorção de água em 48 horas

O ensaio de absorção de água pela brita foi realizado com base na norma NP-581 modificada, que consistiu na utilização de uma balança hidrostática para a determinação da massa do inerte dentro e fora de água em tempos predefinidos durante 48 horas.

Depois da obtenção da quantidade da brita necessária para a realização do ensaio pelo processo de quarteamento (Figura 3.8), colocava-se o corpo de prova no cesto específico e determinava-se a massa fora de água no tempo zero (início do ensaio). Em seguida imergia-se

num depósito com água, acoplado a balança (Figura 3.9) e determinava-se a massa imersa do inerte. Passado algum tempo, determinava-se a massa imersa e em seguida enxugava-se a superfície do corpo de prova e determinava-se a massa com a superfície seca. Este processo da determinação da massa do corpo de prova era feito em intervalos de tempo predefinidos alternados imersos e secos superficialmente até completar 48 horas de tempo. E finalmente colocava-se o corpo de prova na estufa ($100 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) por 24 horas, retirava-se e deixava esfriar a temperatura ambiente. Após isso, determinava-se a massa seca em estufa. Com as massas obtidas, permitiu traçar gráficos de massas do inerte saturado com a superfície imersa em água e com a superfície seca durante 48 horas.



Figura 3. 8: Repartidor de amostras

3.5.2 Ensaio de Caracterização Mineralógica das Argilas

a) Preparação de amostra para ensaio difração de raios-X

Na preparação das amostras foi procedida a secagem do solo ao ar e depois se realizou o destorroamento e o peneiramento da amostra do solo na peneira de 0,075 mm (# 200). Após a preparação, as amostras foram encaminhadas para o Instituto de Geociências em Brasília.

Do material fino passado na peneira 0,075 mm (#200), foram pesados cerca de 7,5 g que foram transferidos para o copo becker. Em seguida foram adicionados 150 ml de água destilada. Após adição da água destilada, o líquido foi agitado até obter se uma completa suspensão coloidal e em seguida a suspensão foi colocada em 3 tubos plásticos de 50 ml para cada amostra. Esta suspensão foi centrifugada a 750 rpm por 7 min. Depois da centrifugação, as amostras flocularam, sem nenhum material em suspensão (água limpa). Jogou-se fora a

água destilada e em seguida adicionou-se a solução defloculante de pirofosfato de sódio. Após essa adição, foi agitado novamente até se obter a suspensão completa. Em seguida foi novamente centrifugado a 750 rpm por 7 min. Sendo que o material no fundo do tubo plástico ficou constituído de silte e o sobrenadante de fração argila. O sobrenadante foi transferido cuidadosamente para outros 3 tubos de plásticos e centrifugado a 3000 rpm por 30 min. Depois da centrifugação, o material no fundo obtido é a fração de argila. Com todo material decantado (forma de pasta), jogou se fora a solução e deixou-se o precipitado nos tubos, para a preparação das lâminas. Nos casos em que o sobrenadante ainda não permanecesse transparente, seria necessária a nova centrifugação para completar a decantação da fração de argila.



Figura 3. 9: Balança hidrostática usada no ensaio de absorção durante 48 horas

b) Preparação da Lâmina

A análise da mineralogia total da amostra foi realizada pelo método do pó prensado aleatoriamente em um suporte de alumínio vazado. Este processo consistiu no pressionamento do pó para o preenchimento da abertura da lâmina, que ficou apoiada sobre uma superfície lisa.

A fração argila decantada nos tubos depois da centrifugação, na forma da pasta foi retirada para a confecção de lâmina orientada de cada amostra para identificação dos argilominerais na lâmina orientada, glicolada e aquecida. A técnica de confecção de lâminas

consiste em colocar a pasta (material decantado) numa das bordas da lâmina de vidro e processa-se o espalhamento do material com a ajuda de outra lâmina de vidro, ajustando-o homogeneamente com movimentos sempre na mesma direção e sentido. Estes movimentos orientam os argilominerais evidenciando o plano basal (001), colocando as partículas paralelas entre si. As lâminas orientadas confeccionadas foram postas a secar a temperatura ambiente por até 24 horas antes de serem analisadas.

c) Tratamentos para a identificação dos argilominerais

Após o ensaio de difração de raios-X, as distâncias interplanares (d) referentes aos picos apresentados no difratograma deverão ser confrontados com as distâncias interplanares características de cada fase. Considerando os minerais simples, o pico de maior intensidade de cada fase referente à direção (001), bem como os picos secundários, encontram-se na Tabela 3.3 para a identificação dos minerais.

Tabela 3. 3: Distâncias interplanares características

Distância Interplanar (Å) (pico principal)	Distância Interplanar (Å) (pico secundários)	Argilomineral
7	3,58	Caulinita
10	5,0 e 3,33	Ilita
14	7,0; 4,7 e 3,5	Clorita
14	7,0; 4,7 e 3,5	Clorita expansível
12 ou 14	5,1 e 3,5	Montmorilonita 12 ou 14
14		Vermiculita

Alguns argilominerais no caso de esmectitas, cloritas e vermiculita, bem como alguns interestratificados têm as mesmas distâncias interplanares no seu estado normal. A distinção desses minerais é impossível numa mistura deste tipo de argilomineral, por terem a mesma distância planar no difratograma. Para a sua distinção (identificação) no difratograma, exigem tratamentos adicionais (glicolagem e aquecimento).

A glicolagem da lâmina orientada da fração argila foi feita na atmosfera de etilenoglicol por cerca de 12 horas. Este procedimento baseia-se na capacidade de alguns argilominerais admitirem em sua estrutura ligações com alcoois, e estes por sua vez, com a água. Desta forma, aumenta-se a distância interplanar referentes à direção (001). Como exemplo prático, tem-se o pico principal da montmorilonita, que passa de 12 ou 14 Å para aproximadamente 17 Å, sendo possível distinguir da vermiculita, que mantém o pico em 14 Å (Tabela 3.4).

No aquecimento, a lâmina foi submetida a temperatura de 490°C, em mufla por 3 horas e meia. Neste caso, buscou-se eliminar as moléculas de água adsorvidas nos argilominerais,

resultando na redução da distância interplanar referentes à direção (001). Como exemplo prático, novamente tem-se o pico principal da montmorilonita, que se desloca para 10 Å. O mesmo ocorre com o pico da vermiculita (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Posições referentes aos picos principais (direção (001)) dos argilominerais em condições normais, após glicolagem e aquecimento

Distância Interplanar (Å) (condições normais)	Distância Interplanar (Å) (após glicolagem)	Distância Interplanar (Å) (após aquecimento)	Argilomineral
7	7	-	Caulinita
10	10	10	Ilita
14	14	14	Clorita
14	17	14	Clorita expansível
12	17	10	Montmorilonita-12
14	17	10	Montmorilonita-14
14	14	10	Vermiculita

O aparelho utilizado foi o difratômetro RIGAKU, pertencente ao laboratório de Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Este equipamento dispõe de programas de tratamentos de dados (procura automática de picos, suavização da curva, correção de background, cálculo da largura a meia altura, procura dos possíveis minerais, análise qualitativa). Os resultados do ensaio são apresentados em gráficos, denominados difratogramas.

3.5.3 Ensaios Tecnológicos das Argilas

As argilas para serem utilizadas como materiais de construção na indústria cerâmica, devem apresentar certas características essenciais. Tomando em consideração a possível aplicação do material (a produção de tijolos), foram preparados corpos de prova para a determinação das propriedades tecnológicas do material (ensaios de resistência à flexão e compressão, absorção de água, retração e porosidade), ensaios determinantes para a indicação da adequabilidade do material para o fim a que se pretende.

As amostras de argilas foram previamente secas na estufa e posteriormente moídas até uma granulometria inferior a 2 mm. Para a preparação da pasta de argila adicionou-se água de forma a permitir uma plasticidade adequada, a pasta assim preparada permaneceu 48 horas em cura. Com esta pasta foram moldados corpos de prova, conforme mostrado na Figura 3.10a.

As fases da confecção de corpos de prova depois da moldagem constaram da secagem a temperatura ambiente durante uma semana aproximadamente, secagem na estufa a 110° C até peso constante, cozedura numa mufla com um ritmo de aumento da temperatura de 150°

C/hora, permanecendo à temperatura final 30 minutos e após o que se deixou arrefecer lentamente durante horas.



Figura 3. 10: Corpos de prova de argila moldados para ensaios tecnológicos:

(a) antes da cozedura; (b) depois da cozedura

Nos corpos de prova moldados, depois da secagem e cozedura em forno elétrico (Figura 3.10b), seguiu a fase da apreciação da cor do material cozido, avaliação qualitativa da sonoridade, a determinação da retração, porosidade, assim como a realização de ensaios mecânicos nomeadamente a resistência à flexão, ensaio à compressão e de absorção de água após cozedura dos corpos de prova a 850 e 950° C.

A retração linear por secagem e cozedura fornece a dimensão da contração dos corpos de prova ao perder água, e foi determinada pela diferença entre a distância de dois pontos distanciados (100 mm), marcados numa das faces de cada prisma imediatamente após a sua moldagem, e da distância entre esses mesmos pontos após a secagem e cozedura. Com a secagem e conseqüente retração reduz a distância entre as duas marcas em função do tempo e condições de secagem. Após terminar a secagem a distância entre as duas marcas tem um valor constante. Este valor foi medido e usado para a determinação da retração linear.

O ensaio de resistência à flexão foi efetuado com os corpos de prova cozidos a 850° e cozidos a 950° C. Os corpos de prova preparados foram colocados sobre dois suportes simétricos instalados. Por cima do provete, e meia distância dos dois extremos, exerce-se uma força que cresce continuamente até ruptura dos corpos de prova (Figura 3.11). O cálculo da resistência à flexão é feita com base seguinte equação:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (3.1)$$

onde:

σ_f = resistência a flexão (Pa)

F = força de rotura (N)

L =distância entre os suportes (m)

b =largura do provete (m)

h =espessura do provete (m)

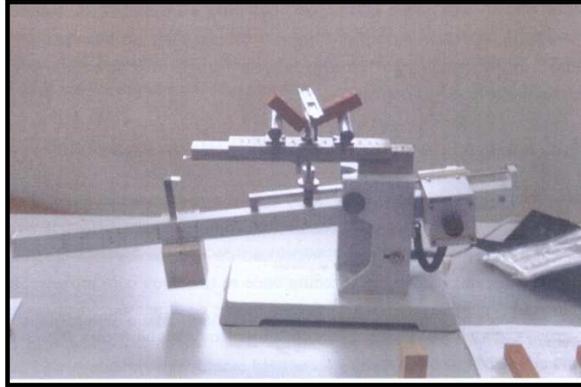


Figura 3. 11: Corpo de prova após rotura na realização do ensaio de resistência à flexão

O ensaio de resistência à compressão consistiu na determinação da tensão de rotura com corpos de prova moldados com a forma cúbica, colocado entre dois pratos de uma prensa universal AMSLER e sujeito a uma tensão a uma velocidade de 100kgf/cm^2 por minuto até a ruptura do corpo de prova. O cálculo da resistência à compressão é feita com base na seguinte equação:

$$\sigma_c = \frac{F}{lxe} \quad (3.2)$$

onde:

σ_c = resistência á compressão (Pa)

F = força aplicada (N)

lxe = média das áreas de trabalho do provete (m^2)

Absorção de água consistiu na determinação da água absorvida pelos provetes em condições especificadas. As partes dos provetes resultantes dos ensaios de flexão foram introduzidas num recipiente com água e fervida durante 3 horas de tempo, depois de arrefecidos os provetes foram enxugados com uma toalha, pesados no ar e imersos em água (balança hidrostática). Com os valores obtidos calculou-se a absorção de água, porosidade e a densidade aparente de acordo as seguintes equações:

$$\omega_a = \frac{m_3 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (3.3)$$

onde:

ω_a = absorção de água (%)

m_2 = peso do provete seco (kg)

m_3 = peso do provete saturado e enxuto na superfície (kg)

$$n = \frac{m_3 - m_2}{m_3 - m_4} \times 100 \quad (3.4)$$

onde:

n = porosidade (%)

m_4 = peso do provete imerso em água (kg)

$$\gamma = \frac{m_2}{m_3 - m_4} \times 100 \quad (3.5)$$

γ = massa específica aparente (kg/m^3)

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARTA HIPSOMÉTRICA

Para a elaboração do mapa temático de classes hipsométricas, utilizou-se o Modelo Numérico de Terreno gerado a partir de imagens ASTER, que foi importada para uma categoria do tipo MNT no programa Spring 4.3.3.

Para a obtenção das classes hipsométricas, foi necessário realizar a operação de fatiamento desta grade, para agrupar valores altimétricos diferentes em intervalos de classes pré-definidos. A cada classe hipsométrica, foi atribuída uma classe temática para que fossem quantificadas as respectivas áreas, como ilustra a Figura 4.1. As classes foram criadas na seguinte ordem segundo a altimetria: 0 - 20; 20 - 50; 50 - 100; 100 - 150; 150 - 200; 200 - 250; 250 - 300; 300 - 350; 350 - 400; > 400m. Observar se na Tabela 4.1 que a maior parte da área de estudo apresenta uma altitude na faixa de 0 a 150 metros, correspondente a 90,9 % da área de estudo.

Tabela 4. 1: Classes e áreas hipsométricas

Classe hipsométrico (m)	Área		
	km ²	%	Acumulada (%)
0 a 20	3241,81	18,8	18,8
20 a 50	4538,58	26,4	45,2
50 a 100	5545,28	32,2	77,4
100 a 150	2321,48	13,5	90,9
150 a 200	675,35	3,9	94,8
200 a 250	314,02	1,8	96,6
250 a 300	173,32	1,0	97,6
300 a 350	125,88	0,7	98,3
350 a 400	97,73	0,6	98,9
> 400 m	181,99	1,1	100,0
Total	17.215,4	100,0	

4.2 CARTA DE DECLIVIDADE

A declividade é avaliada em planejamento com o objetivo de observar as inclinações de um terreno em relação ao plano horizontal. A declividade representa de forma contínua a inclinação das formas do terreno. Ela permite inferir as informações sobre as potencialidades de erosão para o uso agrícola, manejos e práticas conservacionistas (Santos, 2004).

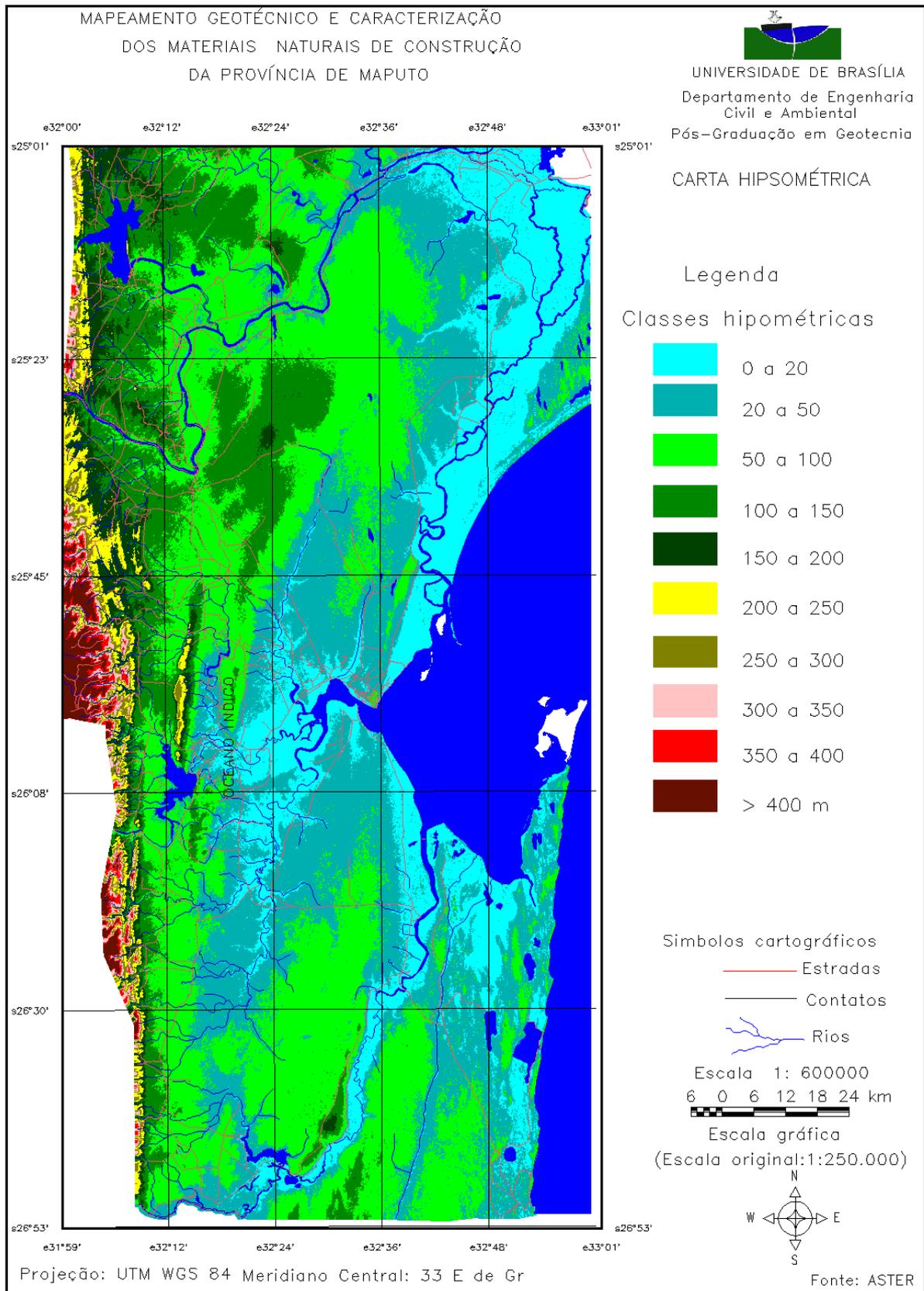


Figura 4. 1: Carta hipsométrica da área de estudo

Para a obtenção das classes de declividade do terreno, se fez necessário realizar a operação de fatiamento da grade de declividade, com o objetivo de agrupar valores em intervalos de classes pré-definidos. Para a delimitação da declividade fatiou-se em intervalos que variam de 0 a 2%, 2 a 5 %, 5 a 10%, 10 a 15 % e >15%, como ilustra a Figura 4.2. Em geral a área de estudo é plana, com declividade que varia de 0 a 5%, correspondente 77% da área total (Tabela 4.2). A área com maiores declividades, maior que 10% só se encontra ao longo da fronteira com a Suazilândia e África do Sul (Oeste), onde ocorre a cadeia vulcânica dos Libombos.

Tabela 4. 2: Classes e áreas de declividade do terreno

Classe de declividade (%)	Área		
	km ²	%	Acumulada (%)
0 a 2	5955,3	34,6	34,6
2 a 5	7372,8	42,9	77,5
5 a10	2994,0	17,4	94,9
10 a 15	577,0	3,4	98,3
> 15	300,3	1,7	100,0
Total	17199,3	100,0	

4.3 CONTEXTO GEOLÓGICO

O quadro geológico da Província de Maputo é dominado por formações dunares que tem seu desenvolvimento associado a períodos de regressões e transgressões marinhas. As regressões do nível do mar ocorrem em conjugação com as condições climáticas frias e secas. Por sua vez, as transgressões são associadas a climas mais quentes e úmidos. Os sedimentos são constituídos por areias de grão fino a médio silteoso, que foram depositadas no Terciário e Quaternário. Além das formações mencionadas, ocorrem formações da cadeia dos Libombos (Afonso, 1976).

O esboço geológico da área de estudo é formado pelas seguintes unidades litoestratigráficas obtidas a partir de GTK (2006):

Formações de Sabie, Umbeluzi e Movene, constituídas por lavas vulcânicas e rochas plutônicas. As lavas vulcânicas (cadeia dos Libombos) são repartidas em série básica e série riolítica. As rochas plutônicas são constituídas por sienito nefelínico de Pessene e dolerito. Essas formações são da idade do Jurássico;

A Formação da Incomanini é constituída por grés calcário e areia de cor castanha amarelada, pertencente à idade do Cretáceo;

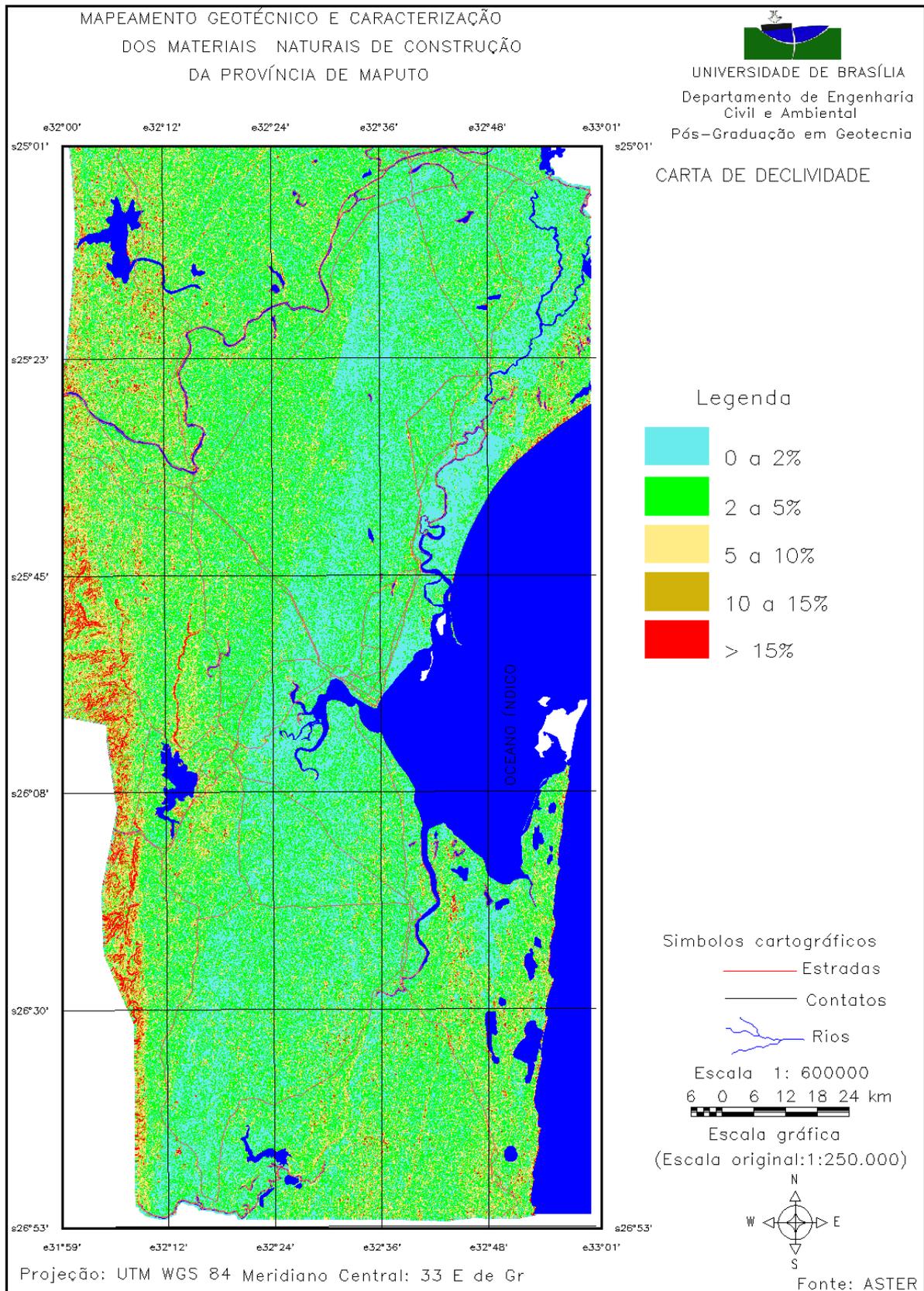


Figura 4. 2: Carta de declividade

Formações de Mangulane, Tembe, Maputo, Boane, Salamanga, Jofane e Ponta Vermelha, constituídas por areias, grés conglomerado, calcário, siltito, argilo-margas, pertencente à idade do Terciário.

Os depósitos do Quaternário, cobertura arenosa, as dunas do interior e costeiras e os aluviões recentes constituem a maior cobertura da área de estudo.

A cobertura arenosa forma depósitos aluvionares de pequena espessura, de natureza areno-argilosa. As dunas do interior constituem a cobertura dunar arenosa fixa e consolidada, e as costeiras formam depósitos de areias brancas na faixa do litoral. Os aluviões recentes constituem interestratificações de areias grossas e argilosas. A Tabela 4.3 assim como a Figura 4.3, retrata o esboço geológico da área de estudo.

Tabela 4. 3: Unidades litoestratigráficas da área de estudo, (Fonte GTK, 2006)

Período	Nome da Formação	Característica Litológica	Código	Área (km ²)	% da área	Área total (%)
Quaternário		Areia de duna costeira e areia da praia	Dd	190,00	1,13	67,0
		Duna interior, areia eólica vermelha	Ddi	4454,67	26,42	
		Aluvião, areia, silte, cascalho	Qa	3219,42	19,09	
		Escorrência argilo-arenoso fluvial	Qps	858,58	5,09	
		Sedimentos de praia depositado/ Grés costeiro	Qcs	157,72	0,94	
		Escorrência argilosa fluvial	Qpi	16,47	0,10	
		Areia e cascalho de terraço fluvial	Qt	216,81	1,29	
		Areia eólica	Qe	2185,72	12,96	
Terciário	Ponta Vermelha	Areia eólica, siltito grés vermelho	TeV	144,68	0,86	0,9
	Jofane	Grés conglomerado	TeJco	11,26	0,07	2,2
		Grés com silicificação pontual	TeJs	12,80	0,08	
		Membro do Cabe, calcarenito com conglomerado e quartizito, fragmentos de fóssil	TeJc	345,93	2,05	
		Membro do Urrongas, calcário e calcário brechóide	TeJu	2,79	0,02	
	Salamanga	Membro gresoso, grés vermelho	TeSs	35,03	0,21	0,6
		Membro calcário, calcário e calcário arenoso	TeSl	71,06	0,42	
	Boane	Siltito, conglomerado	TeB	12,69	0,08	0,1
	Maputo	Argilo-marga, grés, calcário com fósseis	TeP	184,18	1,09	1,1
	Mangulane	Membro de Magude, grés ferruginoso	TeMm	35,73	0,21	0,3
Membro calcário, arenoso.		TeMl	16,26	0,10		
Cretácico	Incomanini	Indiferenciado	Cr	399,91	2,37	2,5
		Grés calcário, arenoso	CrI	11,05	0,07	
Jurássico	Rochas plutónicas e diques	Sienito nefelínico de Pessene	JrPns	9,11	0,05	0,1
		Dolerito com estrutura colunar	Jrdo	4,99	0,03	
		Dique gabróico	Jrgd	4,72	0,03	
	Movene	Lava alcalina de Pessene	JrPal	2,79	0,02	17,9
		Basalto	JrM	2840,03	16,84	
		Brecha riolitica	JrMbr	0,95	0,01	
		Membro de Pequenos Libombos, riolito	JrMr	192,11	1,14	
		Membro de fenocristais, riolito de grão fino, fenocristais	JrMfr	2,16	0,01	
		Membro de quartzo latito, quartzo latito	JrMq	3,20	0,02	
	Umbuluzi	Membro aglomerático; riolito com níveis aglomeráticos	JrUa	7,21	0,04	7,2
		Membro de tufo, localmente siltito	JrUf	14,46	0,09	
		Membro de dacito e traquidacito	JrUt	14,94	0,09	
Riolito		JrUr	1182,76	7,01		
Total				16.862,2	100,00	100,0

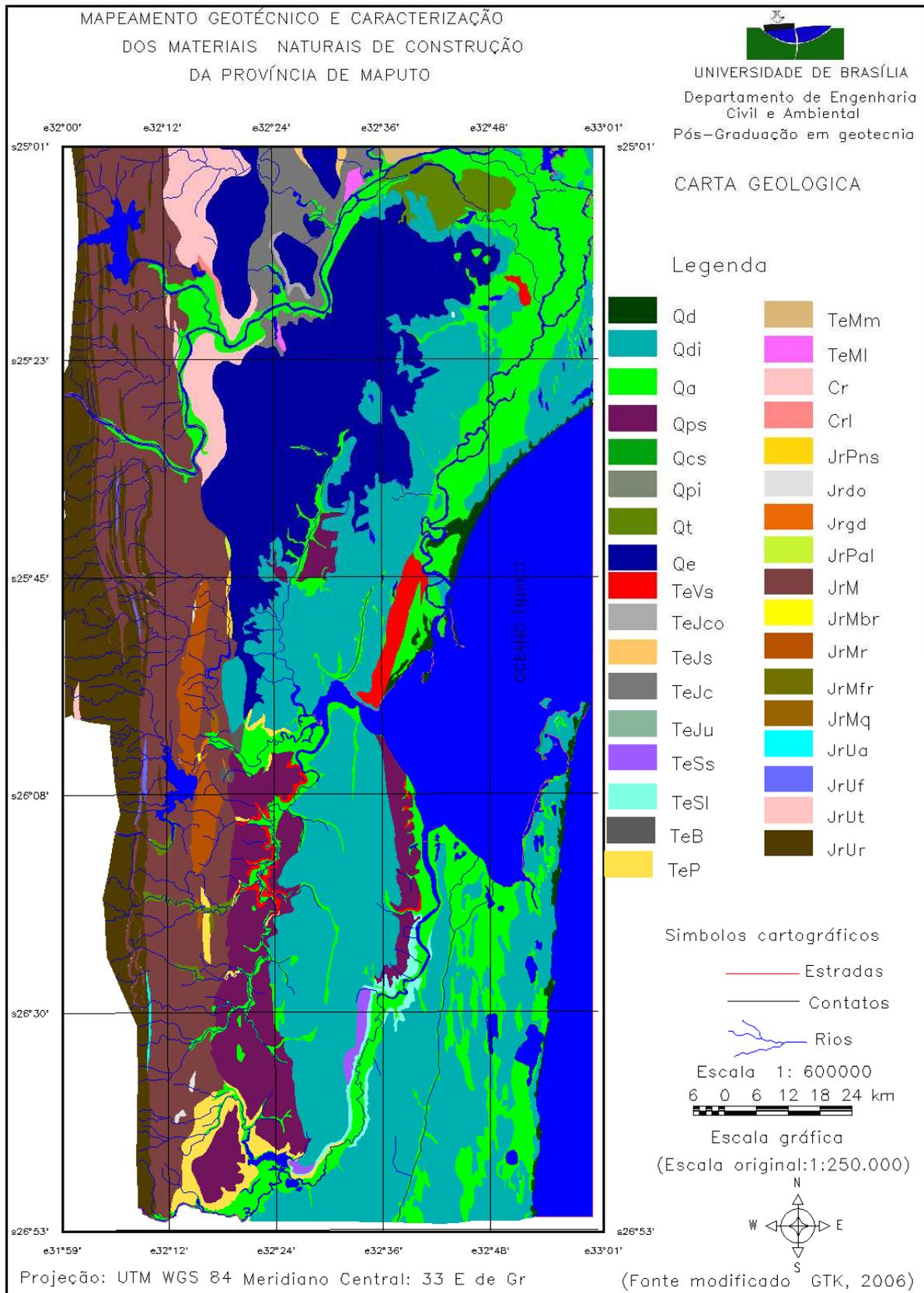


Figura 4. 3: Esboço geológico da área de estudo

4.4 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

A região ao sul do rio Save, onde faz parte a Província de Maputo é formada por extensa planície litorânea que continua nas costas da Tanzânia e da África do Sul. Esta planície tem a sua maior largura nas províncias de Gaza e Inhambane, tornando-se mais estreita para o Norte do Rio Save. As maiores altitudes desta planície litoral, ao Sul do Save, não ultrapassam os 200 metros.

Para além da planície litorânea, existem as formações vulcânicas (cadeia dos Libombos) que se dispõem na direção Norte-Sul ao longo da fronteira entre Moçambique e África do Sul e entre Moçambique e Suazilândia. As altitudes dessa formação variam desde dezenas de metros até centenas de metros.

No relevo da Província de Maputo se observa um declive a partir da fronteira da África do Sul (cadeia dos Libombos) para Este (oceano Índico), relativamente suave, com descida por degraus ou pequenas colinas até a planície costeira (Figura 4.4). Assim de acordo com a altitude, se identificam na área de estudo, planícies, montanhas e depressões (Bondyrev, 1983).

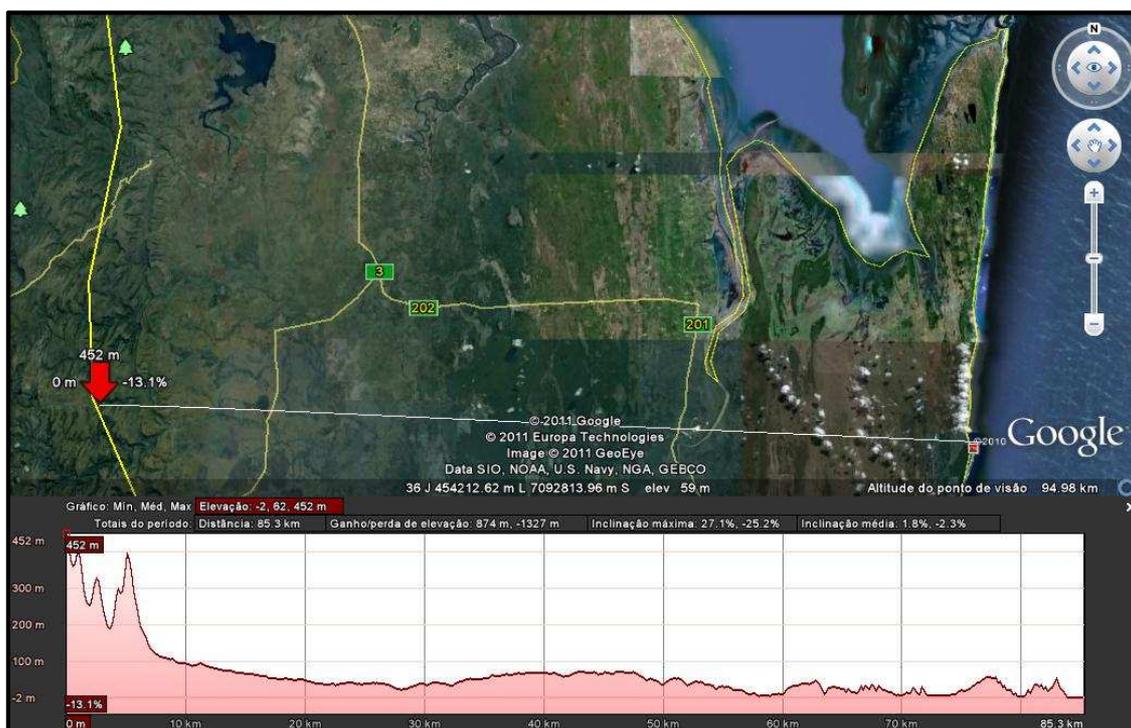


Figura 4. 4: Corte esquemática do Oeste a Leste (modifiad-Google earth, 2011)

Segundo Bondyrev (1983), o relevo da província de Maputo, pode ser descrita pelas seguintes morfoestruturas:

a) Depressões erosivo-desnudadas e de acumulação

incluem:

- Depressões ocupadas por lagos. Esta morfoestrutura ocorre na área de estudo ao longo da zona costeira em pontos localizados. É caracterizada pela ocorrência de lagoas limitadas por dunas.

b) Depressões de acumulação

incluem:

- Pântanos que ocupam leitos móveis com depósitos proluvionares. Esta morfoestrutura se encontra na zona de Catuane, a sul da zona de estudo e na zona noroeste na região das Palmeiras na Manhiça.
- Planícies de acumulação formadas por matérias argilosas e de aluvião-proluvião, se encontram ao longo do vale do rio Limpopo. Esta morfoestrutura têm interesse especial, como fontes possíveis de aluvião.

c) Fundo dos rios

Incluem:

- Fundo dos vales abaixados com depósitos aluvionais se localiza na zona de Boane, esta morfoestrutura tem interesse especial, como fontes de areia aluvionar que abastece a cidade de Maputo.

d) Planícies de origem de acumulação

Faz parte deste conjunto morfoestrutural o seguinte:

- Planícies constituídas por depósitos de cor vermelha, de grão grosseiro, do Pleistocénico Inferior, ocupa uma grande área na zona da Bela Vista e uma porção pequena na zona da Manhiça;
- Planícies e depressões constituídas por areias brancas de grão fino e restos de formações dunares antigas, parcialmente pantanosas, do Pleistocénico Inferior, ocupa a parte central da área de estudo;
- Planície baixas de natureza sedimentar flúvio-marinha, ocupa uma porção mais para o norte da área de estudo;
- Planície de acumulação marinha, esta forma ocupa na região de Ponta de Ouro, no extremo sul da província de Maputo e;

- Formações de dunas do Pleistocénico Superior está morfoestrutura ocupa uma faixa no extremo leste da área de estudo desde o sul até ao norte, na região da Manhiça.

e) Superfície de lavas

Faz parte deste grupo morfoestrutural o seguinte:

- Maciços de riolitos jurássicos.

Estão representados pela estrutura monoclinal do maciço dos Libombos do Karoo Superior. A cadeia dos Libombos estende-se a SW de Moçambique, e faz fronteira com a Suazilândia e África do Sul. A cadeia dos Libombos tem uma extensão aproximada de 900 km, desde o Rio Maputo até o Pafuri, localizado, portanto, nas províncias de Maputo e Gaza. Esta cadeia montanhosa tem uma altitude máxima de 805 metros no maciço de M'ponduíne. A cadeia dos Libombos é intersectada pelos vales dos rios Umbelúzi, Incomáti, Sabié e Elefantes, alimentados por uma rede fluvial subsidiária com nascente nos Libombos (Assunção *et. al.*, 1962).

- Mantos basálticos desnudados do Jurássico Inferior.

A atitude média destes mantos oscila entre os 65-75m, na região de Catuane na província de Maputo.

Verifica-se que cerca de mais de metade da província de Maputo é constituída pela planície com altitudes que vão até aos 200 metros. A Tabela 4.4 e a Figura 4.5 apresentam morfoestruturas de relevo da área de estudo

Tabela 4. 4: Morfoestruturas de relevo da área de estudo

Item	Descrição	área (km ²)	área (%)
1	Depressões ocupados por lagos	88,61	0,5
2	Pântanos ocupados leitos moveis com depósitos proluvionares	902,99	5,4
3	Planícies de acumulação formadas por materiais argilosas e de aluvião-proluvião	2122,48	12,6
4	Fundos dos vales abaixados com depósitos aluviais	1143,35	6,8
5	Planície constituídos por depositos de cor vermelho de grão grosseiro	1318,79	7,8
6	Planície e depressoes constituídas por areias brancas de grão fino	3395,28	20,2
7	Planície baixas de natureza se dimentar flúvio-marinha	2153,22	12,8
8	Planície de acumulação marinha	277,22	1,6
9	Formações dunares do leistocénico Superior	768,69	4,6
10	Maciço de riolito do Jurassico	1607,35	9,6
11	Mantos de basaltos desnudados do Jurássico Inferior	3048,85	18,1
	Total	16.826,8	100,0

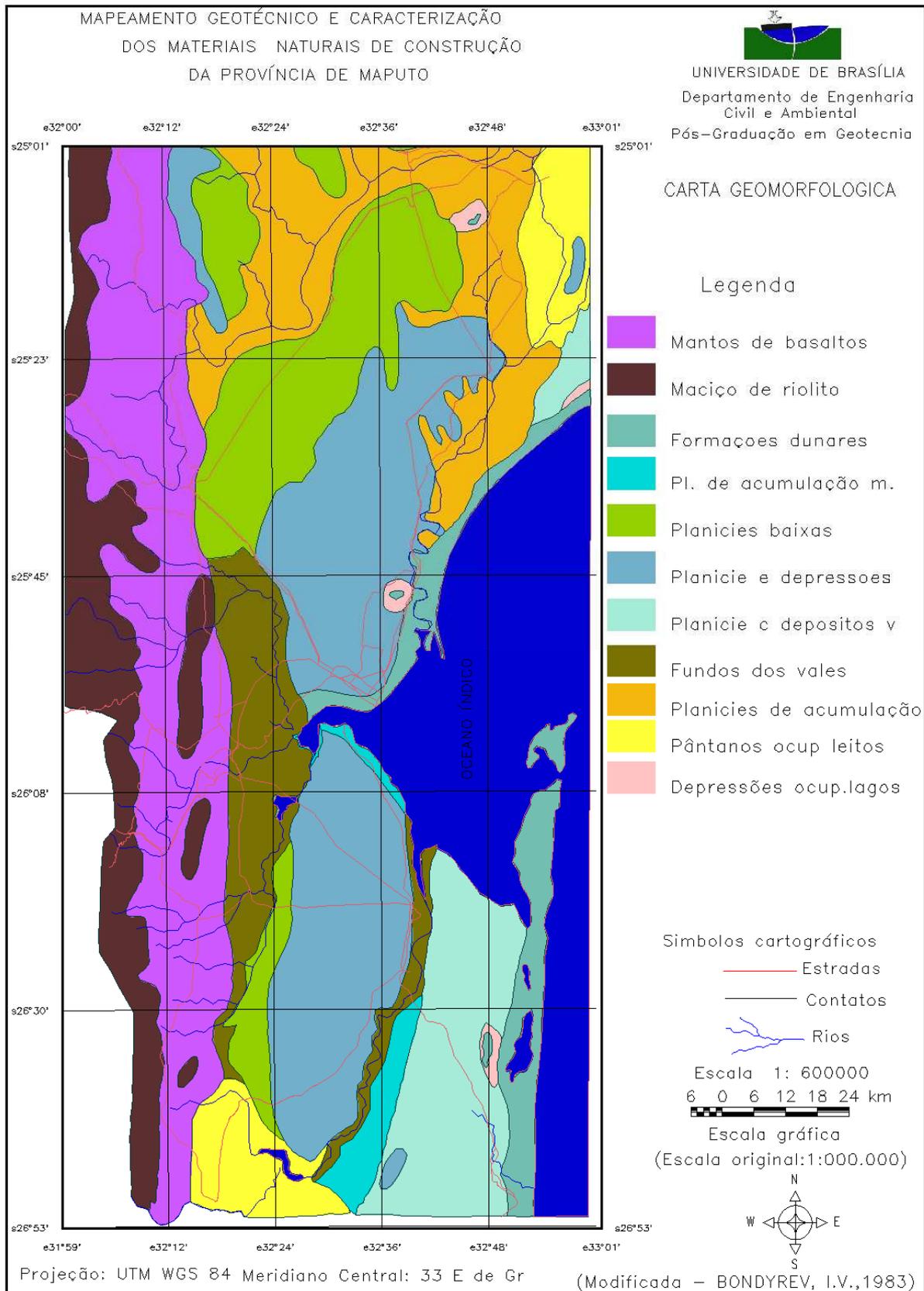


Figura 4. 5: Esboço geomorfológico da área de estudo

4.5 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

4.5.1 Carta de Solos

A fonte de informações sobre a carta de solos da área de estudo é o trabalho realizado pelo Instituto Nacional Investigação Agronômica de Moçambique, de onde se obteve a carta de solos na escala de 1: 250.000, apresentado na Tabela 4.5 e Figura 4.6, onde se apresenta, a descrição solos que ocorrem na área de estudo.

4.5.2 Carta de Unidade de Solos

A carta de unidades de solos da área de estudo foi produzida com base na carta do INIA (1992) na escala de 1:250.000 a classificação destes solos foi baseada no material de origem e nas unidades geomorfológicas.

A carta de unidades de solos mostra os principais grupos de solos (unidades) que ocorrem na área de estudo, reclassificados de acordo as características dominantes do material de origem, com a utilização do programa Legal do Spring para a reclassificação. Na Figura 4.7 se apresenta a distribuição dos solos e a seguir são apresentadas as unidades de grupo de solos que ocorrem na área de estudo:

1. Dunas costeiras

Ocorrem solos amarelados (Dc) e avermelhados (Dv), constituídos por areias de cor castanho-acinzentado e areias de cor vermelho escuro. São depósitos eólicos do Pleistoceno recente.

Constata-se a partir da tabulação cruzada que 41% da ocorrência de dunas costeiras estão com declividades de 2 a 5%, 27% com declividades de 0 a 2% e 24% com declividades de 5 a 10% (Anexo A).

De acordo com os resultados da tabulação cruzada (Anexo A), observa-se que da área de ocorrência das dunas costeiras cerca de 51 % corresponde as formações dunares do Pleistocénico Superior e 43% as planícies constituídas por depósitos de cor vermelha, de grão grosseiro, do Pleistocénico Inferior.

Tabela 4. 5: Classe de solos

Código	Descrição do solo	Área (km ²)	% da área
Dc	solos de dunas costeiras amareladas	857,8	5,2
Dv	Solos de dunas costeiras avermelhadas	42,0	0,3
Aa	Solos arenosos amarelados	3099,5	18,9
dAa	Solos arenosos amarelados, fase dunar	613,5	3,7
Aj	Solos arenosos alaranjados	616,8	3,8
dAj	Solos arenosos alaranjados, fase dunar	104,1	0,6
Ab	Solos arenos esbranquiçados	823,7	5,0
Ah	Solos arenos esbranquiçados	164,0	1,0
G	Solos derivados de Grés vermelho	382,8	2,3
M1	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variavel	595,5	3,6
M2	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variavel	415,2	2,5
M3	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variavel	671,3	4,1
M4	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variavel	333,9	2,0
P1	Solos de Post-Mananga sobre basltos	80,3	0,5
P2	Solos de Post-Mananga com textura media	267,0	1,6
P3	Solos de Post-Mananga com textura grossa	152,5	0,9
P3j	Solos de Post-Mananga mosqueados e alaranjados	171,0	1,0
P4	Solos de Post-Mananga com textura limosa	159,0	1,0
Sl	Solos liticos sobre seixos rolados	114,8	0,7
Sm	Solos de Mananga com seixos rolados	18,9	0,1
Sc	Solos de coluvioes sobre seixos rolados	38,4	0,2
Sv	Solos de Pos-mananga sobre seixos rolados	69,5	0,4
Kv	Solos argilosos avermelhados de margas de e argilas	69,2	0,4
Kp	Solos argilosos pretos de margas e argilas	5,6	0,0
Ko	Solos argilosos acastanhados	48,5	0,3
Wp	Solos pouco profundos sobre rocha não calcaria	196,4	1,2
Wpk	Solos pouco profundos sobre rocha calcaraia	4,3	0,0
Bv	Solos basalticos avermelhados	835,1	5,1
Bp	Solos basalticos pretos	293,7	1,8
Bl	Solos basalticos liticos	751,1	4,6
Rv	Solos rioliticos avermelhados	13,0	0,1
pRI	Solos rioliticos liticos	50,3	0,3
RI	Solos rioliticos liticos	1250,9	7,6
Cm	Solos de coluviões argilosos de Mananga	71,9	0,4
Cs	Solos de coluviões argilosos de sope das encostas	261,0	1,6
Cc	Solos de coluviões argilosos acastanhados	350,6	2,1
Ccf	Solos de coluviões argilosos acastanhados	116,7	0,7
Cw	Solos de coluviões argilosos	13,0	0,1
Ft	Solos de aluviões turfosos	130,9	0,8
Fta	Solos de aluviões turfosos	129,9	0,8
Fa	Solos de aluviões argilosos	944,9	5,8
Fs	Solos de aluviões estratificados de textura grossa ou media	610,8	3,7
Fe	Solos de sedimentos marino-estuarinos	401,2	2,4
Fem	Solos de sedimentos marino-estuarinos	54,2	0,3
Fc	Solos aluviões calcarios	13,3	0,1
	Total	16407,99	100,0

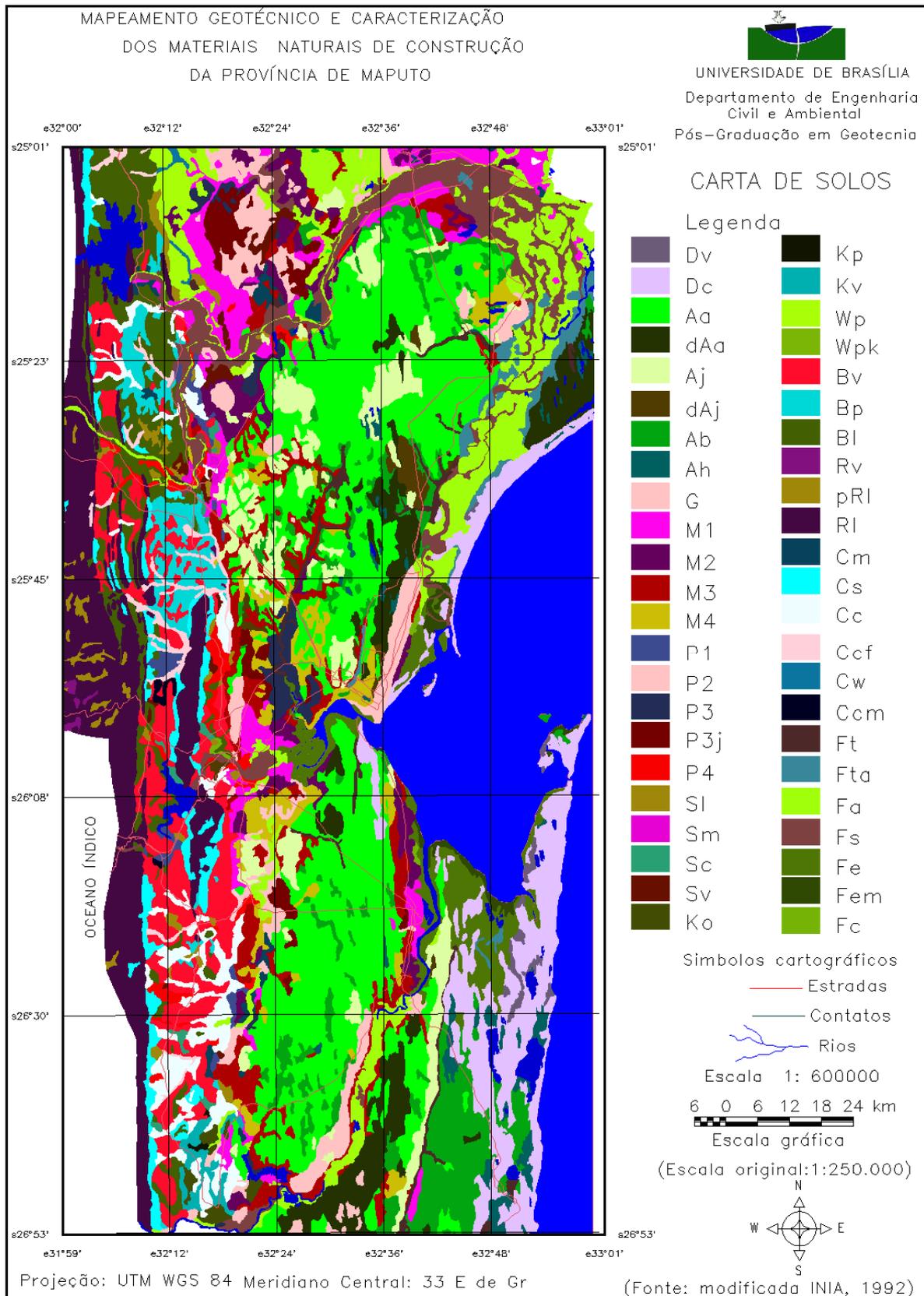


Figura 4. 6: Carta de solos da área de estudo

2. Planície arenosa

Ocorrem solos arenosos amarelados (Aa) e alaranjados fase dunar (dAa), constituídos de areia de cor castanho-amarelados, solos muito profundos; solos arenosos alaranjados (Aj) e alaranjados fase dunar (dAj), constituídos de areia de cor acastanhada, solos muito profundos; solos arenosos esbranquiçados (Ab) e esbranquiçados fase dunar (dAb), constituídos de areia esbranquiçada, solos muito profundos; solos arenosos hidromórficos (Ah), constituídos de areia de cor castanha, solos profundos; solos arenosos não diferenciados (A) e não diferenciados fase dunar (dA), constituídos por areia, solos muito profundos.

Constata-se que 45% da ocorrência da planície arenosa esta com declividade de 2 a 5% e 41% com declividade de 0 a 2% (Anexo A)

Cerca de 49% da planície arenosa fazem parte das planícies e depressões constituídas por areias brancas de grão fino e restos de formações dunares antigas, parcialmente pantanosas, do Pleistocénico Inferior e 22% as planícies baixas de natureza sedimentar flúvio-marinha (Anexo A).

3. Colinas de grês e areias avermelhadas

São solos derivados de grés vermelho (G), construído por areia grossa de cor castanha-avermelhada, solos profundos, grés e areia grossa do fim do Terciário.

Observa a partir da tabulação cruzada que 48% da ocorrência de colinas de grés e areias avermelhadas estão com declividades de 2 a 5% e 34% com declividades de 0 a 2% (Anexo A).

Cerca de 33% das colinas de grés e areias avermelhadas fazem parte das planícies e depressões constituídas por areias brancas de grão fino e restos de formações dunares antigas, parcialmente pantanosas, do Pleistocénico Inferior, 14% as planícies baixas de natureza sedimentar flúvio-marinha e 13% os fundos dos vales abaixados com depósitos alúvias e as planícies de acumulação formadas por materiais argilosos e de aluvião-proluvião respectivamente (Anexo A).

4. Pedimentos de Mananga

Os Pedimentos de Mananga estão associados a solos arenosos com uma espessura variável de cor castanha amarelada. Ocorrem em planaltos baixos e fundos de vales da zona

da cobertura arenosa. De acordo com a espessura da cobertura arenosa, distinguem-se as seguintes subunidades: M1- solos superficiais pouco profundos (0-25 cm) com uma textura argilo arenosa; M2- solos similares aos M1, mais com uma cobertura arenosa de 25-50 cm de espessura; M3- solos com uma camada arenosa entre 50-100 cm de profundidade, com uma textura franco arenosa a argilo arenosa; M4- solos similares aos do subunidade M3, mas a espessura da camada arenosa é superior, sendo de 100-180 cm, com uma textura argilo arenosa; e M- solos de Mananga não diferenciados.

Cerca de 22% de Pedimentos de Mananga fazem parte dos fundos dos vales abaixados com depósitos aluviais e planícies de acumulação formadas por materiais argilosos e de aluvião-proluvião, 20 a 21% as planícies baixas de natureza sedimentar fluvio-marinha e planícies e depressões constituídas por areias brancas de grão fino e restos de formações dunares antigas, parcialmente pantanosas, do Pleistocénico Inferior respectivamente (Anexo A).

5. Post-Mananga: depósitos avermelhados das encostas dos vales

É um grupo de solos avermelhados que ocorrem geralmente ao lado das encostas dos vales, desenvolvem em material coluvial transportado e derivado sobre Mananga ou rocha meteorizada e subdividem-se em: solos de Post-Mananga sobre basaltos (P1), constituído por argila arenosa de cor castanha avermelhada, solos profundos; solos de Post-Mananga com textura média (P2), solos profundos de cor castanha-avermelhada; solos de Post-Mananga com textura grossa (P3), solos muito profundos de cor castanha-avermelhada; solos de Post-Mananga mosqueados e alaranjados (P3j), solos de cor castanha mosqueados; e solos de Post-Mananga com textura argilosa (P4), solos profundos de cor castanho avermelhados, coluviões avermelhados siltosos do sopé das encostas.

Observa a partir da tabulação cruzada que 49% da ocorrência de solos de Post Mananga esta com declividades de 2 a 5% e 34% com declividades de 0 a 2%.

Cerca de 26% de Post-Mananga fazem parte das planícies baixas de natureza sedimentar fluvio-marinha, 21% dos fundos dos vales abaixados com depósitos aluviais e planícies de acumulação formadas por materiais argilosos e de aluvião-proluvião e 19% dos mantos basálticos desnudados, do Jurássico Inferior respectivamente (Anexo A).

6. Plataforma de seixos rolados

São solos que contém grande quantidade de seixos rolados a uma profundidade inferior a 1 metro e ocorrem em diferentes altitudes acima dos rios. Originalmente estas plataformas eram cobertas por um manto espesso de Pedimentos de Mananga, mas a erosão removeu parte ou totalmente esta camada fina (INIA, 1993). A plataforma de seixos rolados subdivide-se em: solos líticos sobre seixos rolados (SI), que ocorrem a uma profundidade inferior a 30 cm acima de seixos rolados, com uma textura areno argilosa; solos de Mananga sobre seixos rolados (Sm), são solos com uma textura franco argila-arenosa, com uma cor castanho amarelada, solos de profundidade moderada (30-100 cm) sobre seixos rolados; solos coluvionares sobre seixos rolados (Sc), são solos que se encontram ao sopé das montanhas ou colinas de riolitos e basaltos, onde se acumulou uma camada argilosa de colúvio, profundidade moderada (30-100) sobre seixos rolados; e solos de Post-Mananga sobre seixos rolados (Sv), são solos com textura franco argilo arenoso, de cor castanho-avermelhado, profundidade moderada (30 -100) sobre seixos rolados.

Observa se que 49% da ocorrência de plataforma de seixos rolados estão com declividades de 2 a 5% e 23% com declividades de 5 a 10% (Anexo A).

Cerca de 63% de seixos rolados fazem parte dos mantos basálticos desnudados, do Jurássico Inferior (Anexo A).

7. Afloramento de rochas sedimentares

As rochas sedimentares presentes na área de estudo são constituídas por margas, depósitos argilosos de Catuane e sedimentos de Magude. Elas pertencem ao período Cretáceo e agrupam-se em: solos argilosos avermelhados de margas e argilas (Kv), são solos argilosos que se encontram a uma profundidade maior que 100 cm, de cor castanha avermelhada; solos argilosos pretos de margas e argilas (Kp), são solos argilosos de cor preta, encontram se a uma profundidade maior que 50 cm sobre marga ou argila; solos argilosos acastanhados (Ko), são solos argilosos de cor castanha, encontram se a uma profundidade menor de 50 cm; solos argilosos avermelhados derivados de rochas calcárias (Wv), são solos de cor castanha avermelhada, solos que se encontram a uma profundidade menor de 100 cm; solos argilosos pouco profundos sobre rochas não calcária (Wp), são solos argilosos de cor castanha; e solos pouco profundos sobre rocha calcária (Wpk), são solos argilosos de cor acastanhada, encontram se a uma profundidade menor de 100 cm.

Cerca de 37% de afloramento de rochas sedimentares fazem parte dos mantos basálticos desnudados, do Jurássico Inferior, 31% dos pântanos ocupados por leitos moveis com depósitos proluvionares e 25% das planícies e depressões constituídos por areias brancas de grão fino e restos de formações dunares antigas, parcialmente pantanosas, do Pleistocénico Inferior (Anexo A).

8. Cadeia vulcânica dos Libombos

Na cadeia vulcânica dos Libombos ocorrem solos derivados de rochas basálticas e riolíticas. Os solos agrupam-se em: solos basálticos avermelhados (Bv), são solos argilosos que ocorrem em planaltos baixos, no geral não são profundos, encontrando-se a rocha alterada a uma profundidade de inferior a 1,0 metro, apresentam uma coloração castanha avermelhada escura; solos basálticos pretos (Bp), são solos argilosos de cor preta, profundidade variável, ocorrem em planaltos baixos; solos basálticos líticos (Bl), são solos de textura franco argilo arenosa, de cor castanha escura, solo superficial sobre rocha alterada, ocorrem em planaltos baixos e encostas; solos riolíticos avermelhados (Rv), são solos argilosos de cor castanho avermelhado, profundidade variável, ocorrem em planaltos altos, onde 30 a 150 cm de solos cobrem os riolitos alterados; solos riolíticos líticos (Rl e pRl), os solos riolíticos ocorrem no planalto dos Libombos, são solos com a textura franca argilo arenosa, desenvolvem-se numa topografia escarpada de colinas e encostas. Menos de 30 cm de solos cobrem os riolitos alterados.

Cerca de 58% da cadeia vulcânica dos Libombos fazem parte dos mantos basálticos desnudados, do Jurássico Inferior e 39% dos maciços de riolitos Jurássicos (Anexo A).

9. Coluviões

Os solos coluvionares estão agrupados em: solos de coluviões argilosos de Mananga (Cm), solo argiloso de cor castanho acinzentado escuro, ocorrem em depressões, sopé das encostas; solos coluvionares argilosos (Cs), são solos argilosos de cor castanho acinzentado muito escuro, profundidade variável, ocorrem em sopé das encostas; solos de coluviões argilosos acastanhados (Cc), são coluviões das planícies de basaltos; e solos de coluviões argilosos (Cw), é um solo argiloso acastanhado escuro, derivado de rochas sedimentares que se encontram nas encostas.

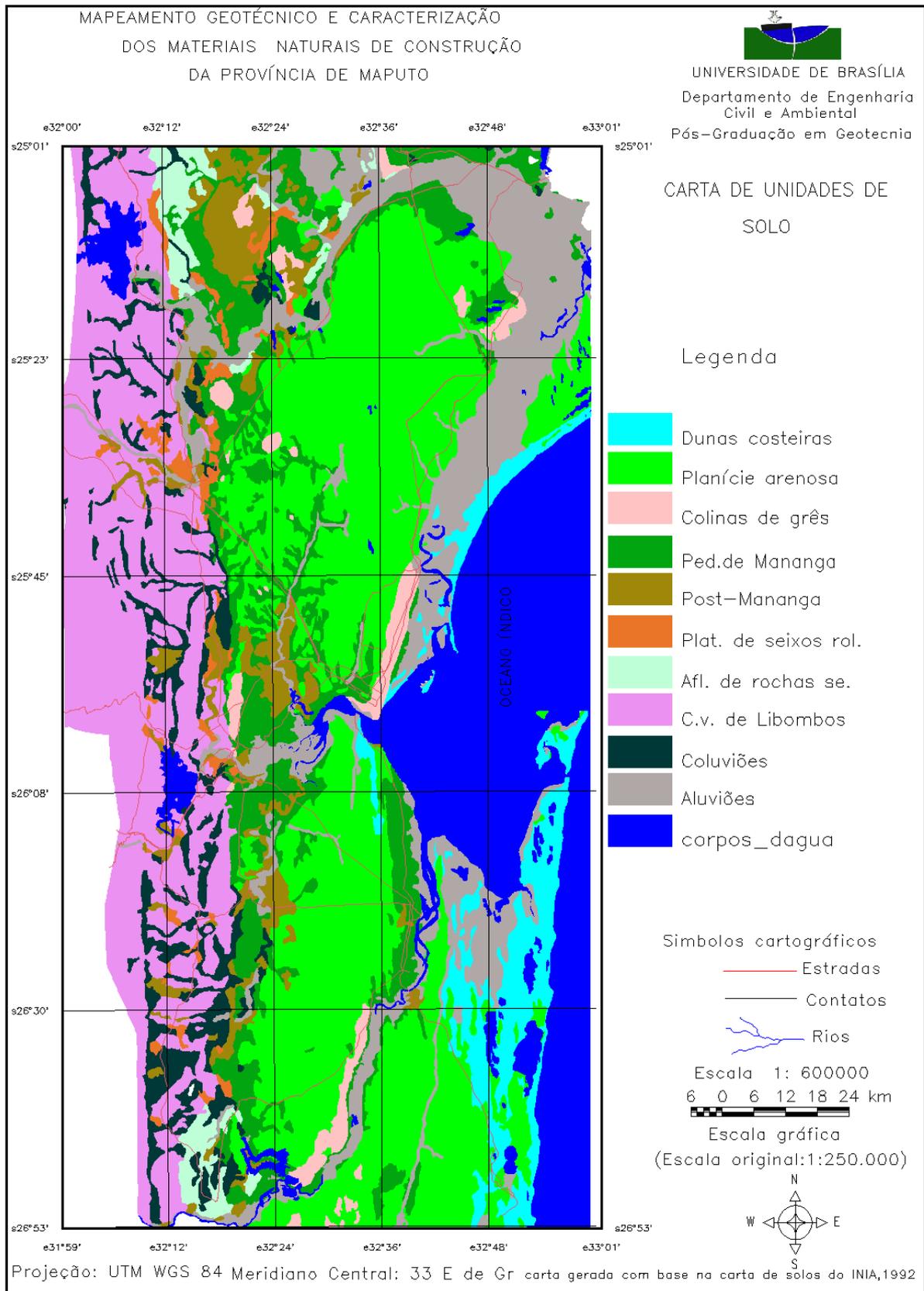


Figura 4. 7: Carta de unidades de solos da área de estudo

Observa-se que 45% da ocorrência de colúvões estão com declividades de 2 a 5% e 29% com declividades de 0 a 2% (Anexo A).

Cerca de 55% de colúvões fazem parte dos mantos basálticos desnudados, do Jurássico Inferior e 20% dos maciços de riolitos Jurássicos (Anexo A).

10. Aluviões

Os solos aluvionares estão agrupados em: solos de aluviões turfosos (Ft, Fta), caracterizados por turfas cinzentas muito escuras (Ft), acumulam-se em vales turfosos. As argilas turfosas de cor castanho acinzentada (Fta) encontram-se em planícies turfosas. Ambos ricos em matéria orgânica; solos de aluviões argilosos (Fa), solo argiloso de cor castanha acinzentada escura, aluviões argilosos; solos de aluviões estratificados de textura grossa (Fs), constituída de areia de cor castanha acinzentada, ocorrem em aluviões estratificados de textura grossa; solos de sedimentos marino-estuarinos (Fe, Fem), constituída de argilas de cor cinzenta freqüentemente saturada, ocorrem na planície estuarina; e solos de aluviões calcários (Fc), constituídos de argilas de cor cinzenta escura e calcários, ocorrem em planície de transição Mananga-planície estuarina.

Observa-se que 46% da ocorrência de solos aluvionares estão com declividades de 0 a 2% e 39% com declividades de 2 a 5% (Anexo A).

Tabela 4. 6: Unidades de solos da área de estudo

Item	Unidade	Área (km ²)	Área (%)
1	Dunas costeiras	899,79	5,5
2	Planície arenosa	5421,53	33,0
3	Colinas de grês e areias avermelhadas	382,84	2,3
4	Pedimentos de Mananga	2015,96	12,3
5	Post-Mananga: Depósitos avermelhados das encostas dos vales	838,46	5,1
6	plataforma de seixos rolados	250,32	1,5
7	Afloramento de rochas sedimentares	323,99	2,0
8	Cadeia Vulcânica dos Libombos	3194,23	19,4
9	Colúvões	826,39	5,0
10	Aluviões	2285,15	13,9
	Total	16.438,7	100,0

Cerca de 22% dos aluviões fazem parte dos pântanos ocupado de leitos móveis com depósitos proluvionares, 16% das planícies constituídas por depósitos de cor vermelha, de

grão grosseiro, do Pleistocénico Inferior e 13% dos fundos dos vales abaixados com depósitos aluviais e planícies de acumulação marinha, respectivamente (Anexo A).

As unidades do solos são apresentadas na Figura 4.7 e Tabela 4.6, onde se observa que a planície arenosa ocupa uma grande extensão da área de estudo, em seguida a cadeia vulcânica dos Libombos.

4.6 CARTA DE USO E COBERTURA DE SOLO

A carta de uso e cobertura de solo da área de estudo foi elaborada com base na interpretação de imagens de satélite do ano de 1999 e 2001 e está apresentada na Figura 4.8 e Tabela 4.7. Foram identificadas 13 classes: savana arborizada (a quantidade de árvores é bastante expressiva); savana arbórea (as árvores ficam de maneira esparsas); savana arbustiva (não há árvores, mais sim arbustos); savana herbácea (possuem vegetais do tipo gramíneas); zona cultivada; corpo d'água; solo exposto; pedra; cascalheira; queimada; zona com atividades agropastoris (regiões no município não classificadas como zona urbana, utilizadas em atividades agropastoris); periurbana (áreas localizadas na linha entre rural e urbana, perto da periferia de um limite legal e administrativo de uma cidade, com poucos serviços básicos); e zona urbana (área de um município caracterizada pela edificação contínua e a existência de equipamentos sociais destinados às funções urbanas básicas).

A classe da savana arbustiva caracterizou-se como a principal forma de uso e cobertura de solo na área de estudo, ocupando 4561,1 km², correspondente a 28,5 % da área total; seguida da classe de savana herbácea com 21,2%, cobrindo uma área 3401,9 km² da área de estudo.

A savana arborizada representa 20,1% da área de estudo, ocupando uma área de 3225,1 km². Em quarto lugar tem-se a savana arbórea cobrindo uma área de 2517,2 km², que corresponde a 15,7%.

A zona com atividades agropastoris ocupa 6,0 %, cobrindo uma área de 990,3 km² na área de estudo. A classe de corpos d'água ocupa 4,7% da área de estudo, corresponde uma área de 797,6 km².

A classe das queimadas que inicialmente podia ser a classe da savana herbácea ou outra classe, representa 3,5%, ocupando uma área de 558,5 km² da área de estudo. O solo exposto cobre 494,0 km², correspondente a 3,1% da área de estudo.

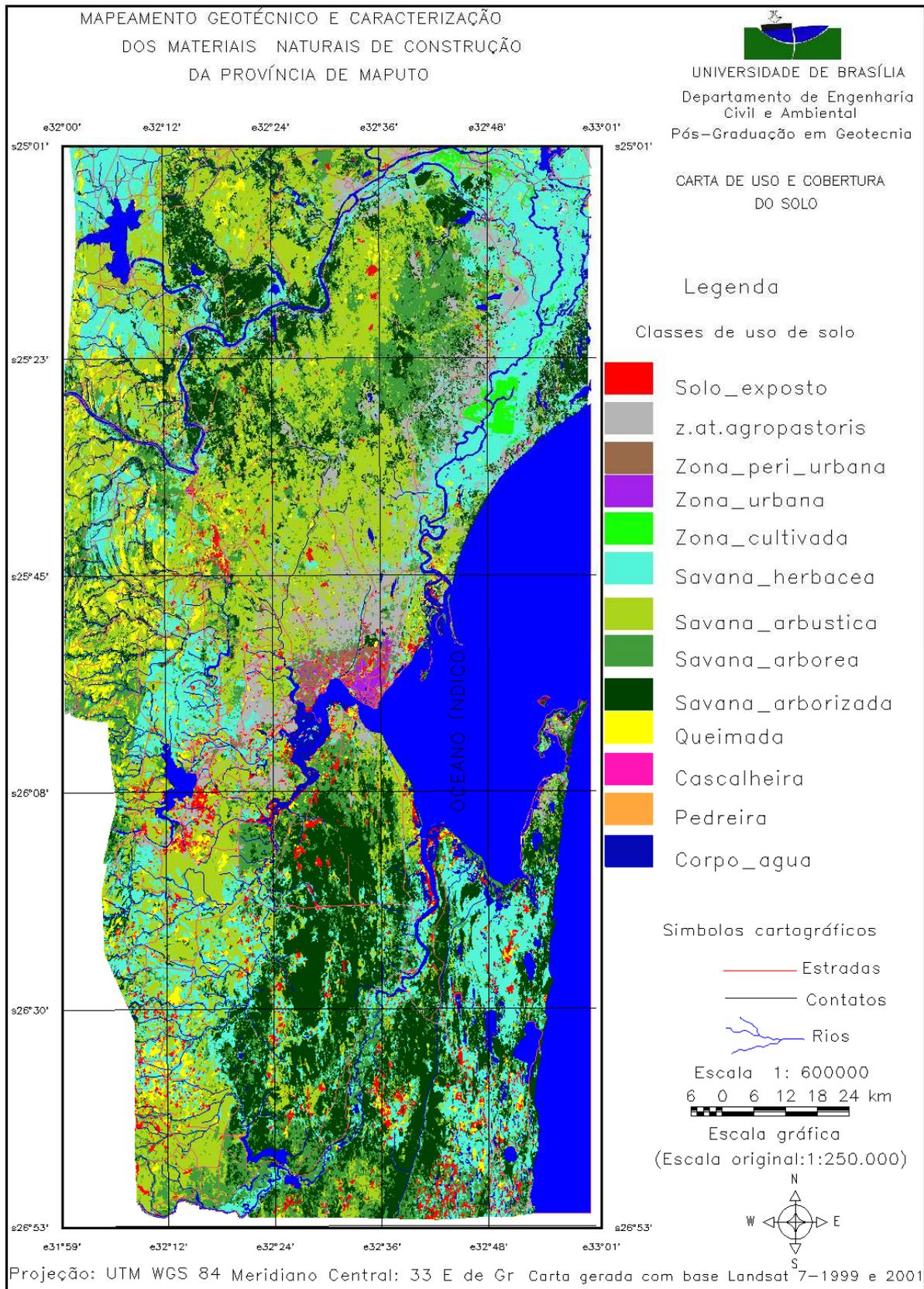


Figura 4. 8: Carta de uso e cobertura de solo

A classe da zona cultivada representa 0,7% da área de estudo, correspondente a 111,6 km². A classe da zona periurbana apresentou 74,7 km², que corresponde a 0,4% da área de estudo. A classe da zona urbana apresentou 57,0 km², correspondente a 0,4% da área de estudo.

A classe da cascalheira ocupa 0,1%, correspondente a 21,0 km² da área de estudo. E finalmente a classe das pedreiras apresentou o menor valor de ocupação de 2,0 km², correspondente 0,01 % da área de estudo.

Tabela 4. 7: Classes de uso e cobertura de solo

Item	Descrição da classe	Área	
		(km ²)	(%)
1	Solo exposto	494,3	3,1
2	Z. de atividades agropastoris	990,3	6,2
3	Zona peri-urbana	74,7	0,5
4	Zona urbana	56,9	0,4
5	Zona cultivada	111,6	0,7
6	Savana herbacea	3401,9	21,2
7	Savana arbustica	4561,1	28,5
8	Savana arborea	2517,1	15,7
9	Savana arborizada	3225,1	20,1
10	Qeimada	558,4	3,5
11	Cascalheira	21,1	0,1
12	Pedreira	2,1	0,0
Total		16014,6	100,0

4.7 CADASTRO DOS MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

A realização do cadastro dos materiais naturais de construção é útil para as ações de planejamento e gestão pelo poder público e/ou pela iniciativa privada interessada na exploração dos materiais de construção.

O trabalho de campo foi realizado em duas campanhas, 2008 e 2009. O cadastro da informação obtida nas duas campanhas foi realizado com a utilização do programa Spring (Figura 4.9). A Tabela 4.8, ilustra um exemplo do cadastro realizado no Spring, onde são apresentadas informações de materiais numa escala regional e as informações foram fornecidas pelos empreendedores e/ou seus trabalhadores.

O banco criado nesta pesquisa é composto pelos objetos e categorias cadastrais, onde se armazenou atributos qualitativos e quantitativos de caráter tecnológico e geotécnico. Os atributos quantitativos representam os valores obtidos nos ensaios laboratoriais realizados.

Tabela 4. 8: Cadastro de pontos de amostragem realizado no programa Spring

REF_AM	CODIGO	EMPR	ENDereco	TP_MAT	EM_EXP	DESC_AM	
38	A43/2008	43/2008	sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha
39	A44/2008	44/2008	Governo da Matola	Matola	Areia de cor avermelhada	Sim	Areia de cor avermelhada
40	A45/2008	45/2008	Grupo Karimanbo	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Sim	Areia de cor cinzenta
41	A46/2008	46/2008	Sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha
42	A47/2008	47/2008	sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha acinzentada
43	A48/2008	48/2008	Ministério da Defesa	Moamba	Argila de cor escura	Sim (manual)	Argila de cor escura
44	A49/2008	49/2008	Sem dono	Moamba	Areia de aluvionar de co	Não	Areia de cor castanha
45	A50/2008	50/2008	Sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha acinzentada
46	A51/2008	51/2008	sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha acinzentada
47	A52/2008	52/2008	sem dono	Moamba	Areia aluvionar de cor c	Não	Areia de cor castanha acinzentada

Os dados e informações que compõem o cadastro georreferenciado são: REF_AM (referência da amostra); CÓD.(código); EMPREEN (Empreendedor); END(endereço); PROD_JA (produtos da jazida); EXP_N (em exploração ou não); RESE (reserva); PLAN_LA (planejamento da lavra); APL (aplicações); DES_MAT(destino do material); LIC_AMB (licenciamento ambiental); IMP(impactos sócio-ambientais); Ped(pedregulhos); AG (areia grossa); AM(areia média); AF(areia fina); F(finos); MG (módulo granulométrico); WL(limite liquidez); IP(índice de plasticidade); Gs(densidade real das partículas); PES(peso específico seco máximo); wót(umidade ótima); CBR_100(CBR aos 100); CBR_95(CBR aos 95); CBR_90 (CBR aos 90); DTRSA; HRB; SUCS; MCT; COMPAC(compactação); COMP_EXP (compressibilidade e expansão); QATERRO (qualidade como aterro); SUBL(subleito); REFSUBL(reforço de subleito); SUB(subase); BASE (base); MF(módulo de finura); MESP(massa específica dos grãos); MESAP (massa específica aparente); TF(teor de finos), Cu (coeficiente de uniformidade); Cc(coeficiente de curvatura); n (porosidade); Cl (cloretos); S04 (sulfatos); REAT (reatividade de álcalis); DRE_PER(drenagem e permeabilidade); ARGA (argamassa); CONCR (concreto); MESPSA(massa específica da brita saturada com a superfície seca); MESPS (massa específica da brita seca); ABSOR (absorção); DLANG (Desgaste Los Angeles); ESMAG (esmagamento); LAM(laminação); ADES(adesividade); PAV(pavimentação); RET_LI(retração linear); RES_FL (resistência a flexão); RES_C (resistência a compressão); e DEAP (densidade aparente).

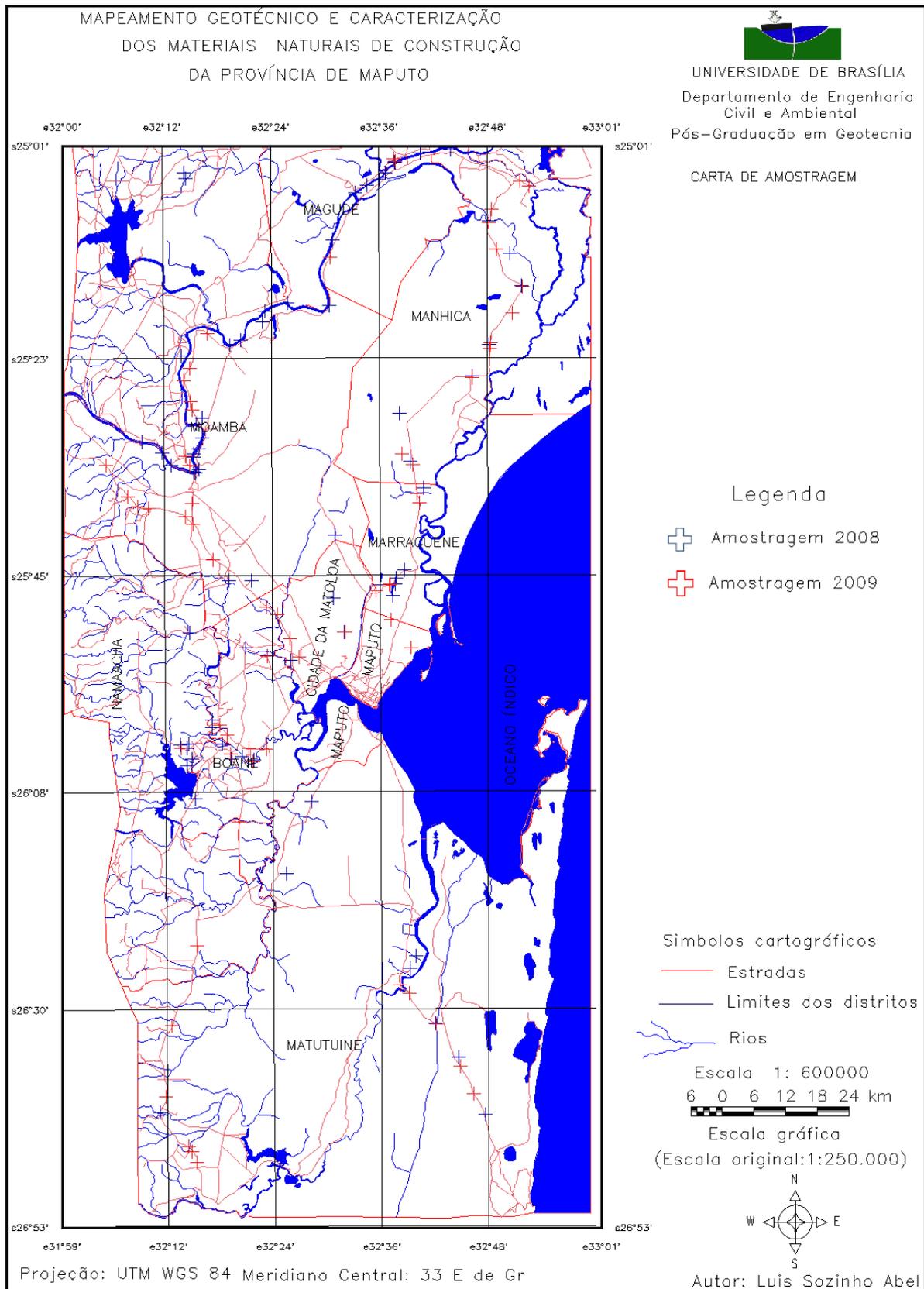


Figura 4. 9: Pontos de amostragem em 2008 e 2009

Tabela 4. 9: Endereço e seus respectivos códigos de localização de materiais em exploração cadastrados

Item	Região administrativa	Nº do código do cadastro	Tipo do material
1	Magude	01/2008	solo
2	Magude	02/2008	areia aluvionar
3	Marracuene	04/2008	solo
4	Marracuene	05/2008	areia fina (branca)
5	Namaacha	06/2008	calhaus rolados (brita)
6	Boane	07/2008	quartzo_latito (brita)
7	Boane	08/2008	riolito (brita)
8	Namaacha	09/2008	riolito (brita)
9	Namaacha	10/2008	riolito (brita)
10	Namaacha	11/2008	riolito (brita)
11	Moamba	12/2008	areia aluvionar
12	Manhiça	25/2008	solo
13	Moamba	29/2008	areia aluvionar
14	Moamba	37/2008	solo
15	Moamba	38/2008	solo
16	Matola	44/2008	solo
17	Moamba	45/2008	areia aluvionar
18	Moamba	48/2008	argila
19	Manhiça-Xinavane	56/2008	areia aluvionar
20	Boane	63/2008	riolito (brita)
21	Boane_Umbeluzi	64/2008	Argila
22	Boane	66/2008	areia aluvionar
23	Boane	68/2008	areia aluvionar
24	Boane	72/2008	solo
25	Boane	75/2008	solo
26	Matutuine-Salamanga	90/2008	solo
27	Boane_Mahubo	96/2008	solo
28	Boane	97/2008	areia aluvionar
29	Maputo	98/2008	areia fina (branca)
30	Maputo_guava	100/2008	solo
31	Matola	101/2008	solo
32	Namaacha	102/2008	riolito (brita)
33	Manhiça_3 de Fevereiro	103/2008	argila
34	Moamba	104/2008	sienito

Os materiais cadastrados foram divididos em quatro grupos nomeadamente: solos; areias; argilas; e rocha dura (agregado). A Figura 4.10 apresenta a carta de localização de câmaras e pedreiras de todos os materiais naturais de construção existentes e em exploração

na área de estudo. A Tabela 4.9 apresenta a relação dos locais cadastrados dos materiais em exploração e seus respectivos códigos.

Devido ao volume das informações, só são apresentadas as fichas de cadastro de locais em que os materiais estão em exploração na área de estudo (anexo B).

Durante a campanha de campo, observou-se que existe uma grande lacuna no controle de materiais de construção pelas instituições responsáveis. Sendo assim foi difícil a partir de instituições responsáveis se obter quaisquer informações relacionadas às câmaras e pedreiras em exploração. Houve imensas dificuldades no preenchimento da ficha de cadastro nas áreas em exploração, por várias razões como exemplificadas a seguir:

- Em algumas câmaras e pedreiras eram encontradas pessoas com nível de escolaridade baixo, que não sabiam fornecer a informação relacionada aos materiais em exploração;
- Em outras câmaras e pedreiras os responsáveis pura e simplesmente não davam nenhuma informação, dizendo que os dados eram sigilosos.

4.8 RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

4.8.1 Solos e Areias

Os resultados dos ensaios realizados sobre amostras coletadas em 2008 na primeira campanha de campo são apresentados ao longo do texto. Os resultados dos ensaios realizados sobre amostras coletadas em 2009 na segunda campanha de campo são comentados ao longo do texto e apresentados em anexo (anexo C).

4.8.1.1 Dunas Costeiras

As dunas costeiras são constituídas por solos amarelados (Dc) e solos avermelhados (Dv), caracterizados por uma textura arenosa.

De acordo com os resultados de ensaios de identificação e classificação da amostra A68/2009 (Dc), os solos apresentam uma fração predominante de areia, assim distribuída: 35% de areia média, 52% de areia fina e uma fração de finos na ordem de 13%, os solos são não plásticos (NP). O pH do solo determinado é igual 6,0, segundo Bigarella *et al.* (1996) o solo é classificado como moderadamente ácido. O valor do pH do solo é compatível com o mineral predominante o quartzo (Toledo *et al.*, 2000).

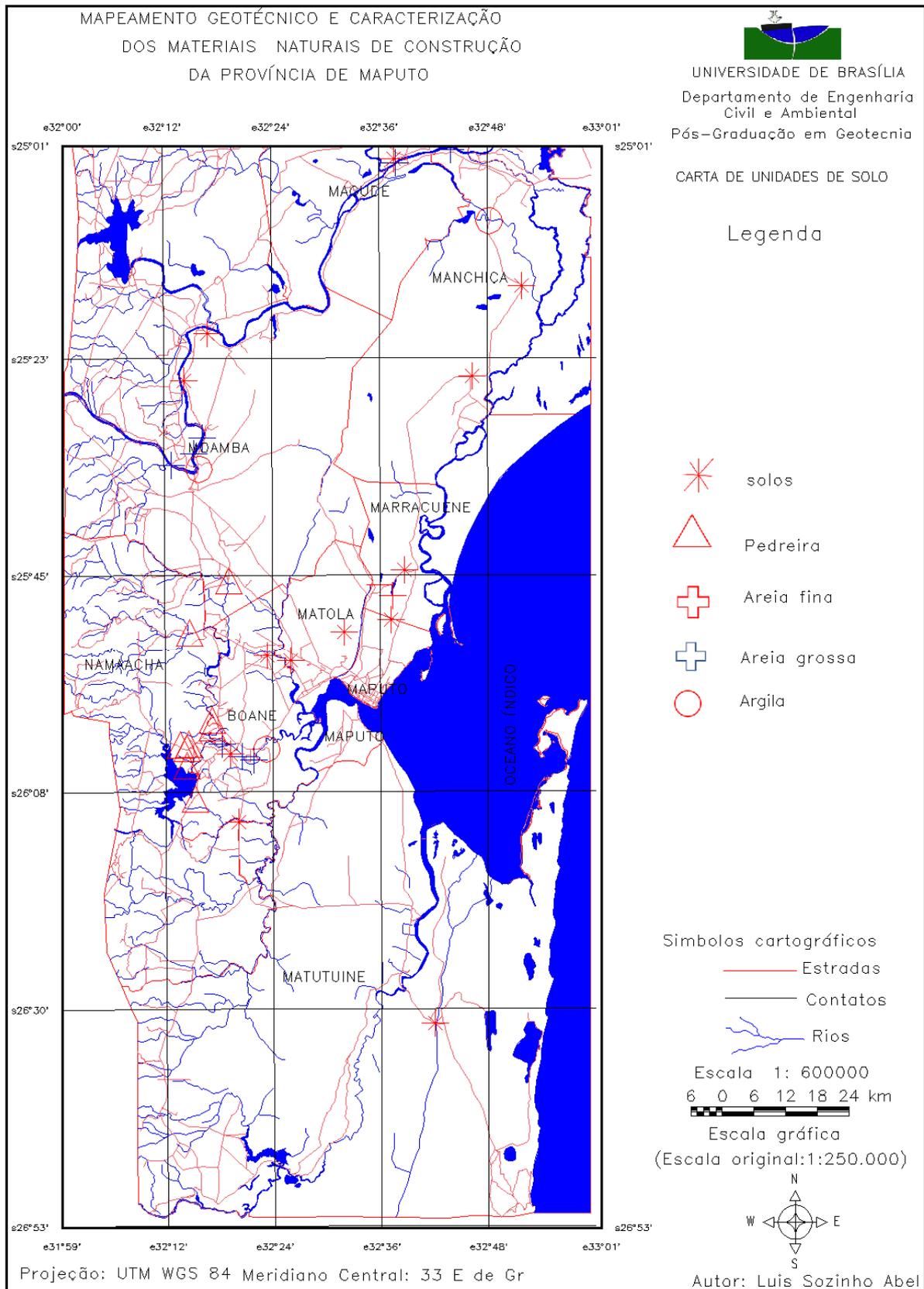


Figura 4. 10: Localização de materiais em exploração na província de Maputo

4.8.1.2 Planície Arenosa

A planície arenosa é constituída por uma areia variegada, depósitos eólicos do Pleistoceno Superior, ocorrem na área de estudo em forma de planícies arenosas extensas e dunas do interior.

a) Planícies arenosas extensas

As curvas da distribuição granulométrica das amostras A25/2008 (Aa), solos amarelados e A83/2008 (Aj) solos arenosos alaranjados, são apresentadas na Figura 4.11. Observa-se maior predominância da percentagem de areia, assim distribuída: A25/2008 apresenta 20% de areia grossa, 32% de areia média, 36% de areia fina e 12% da fração fina; e A83/2008 apresenta 40% de areia média, 48% de areia fina e 12% da fração fina. As curvas de compactação obtida nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4.12 e as curvas normalizadas de compactação são apresentas na Figura 4.13.

De acordo a Figura 4.12, amostra A83/2008 apresenta a umidade ótima na ordem de 9 a 10%, influenciada pela predominância de areia fina na sua composição, ilustrada pela curva granulométrica localizada a esquerda na Figura 4.11 e a amostra A25/2008 apresenta uma umidade ótimas menor em relação amostra A83/2008, devido à presença da fração de areia grossa na sua composição, ilustrada pela curva localizada a direita na Figura 4.11.

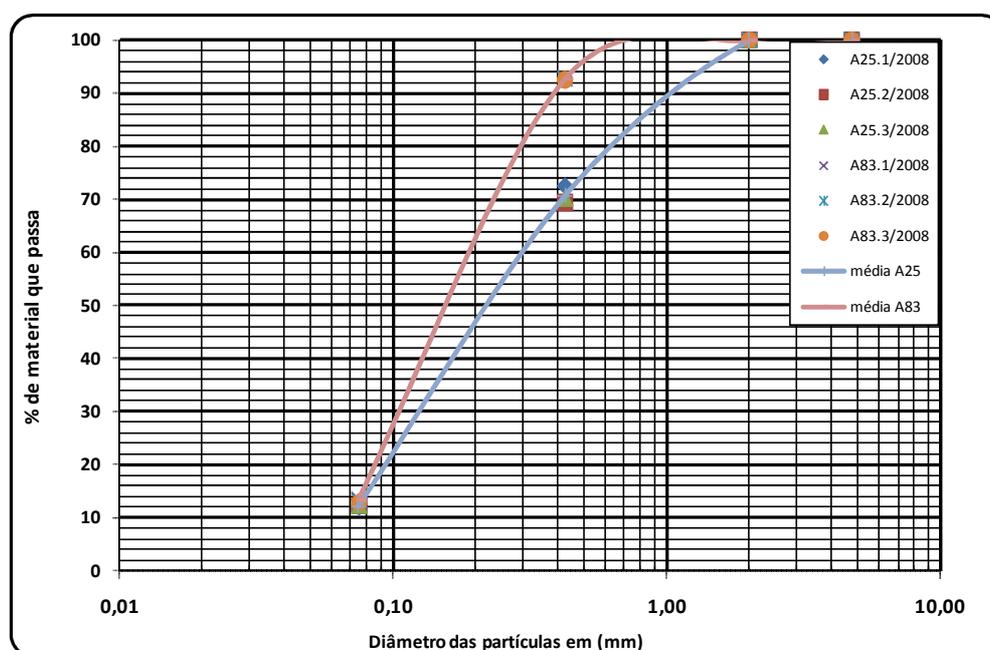


Figura 4. 11: Curvas da distribuição granulométrica das amostras da planície arenosa extensa

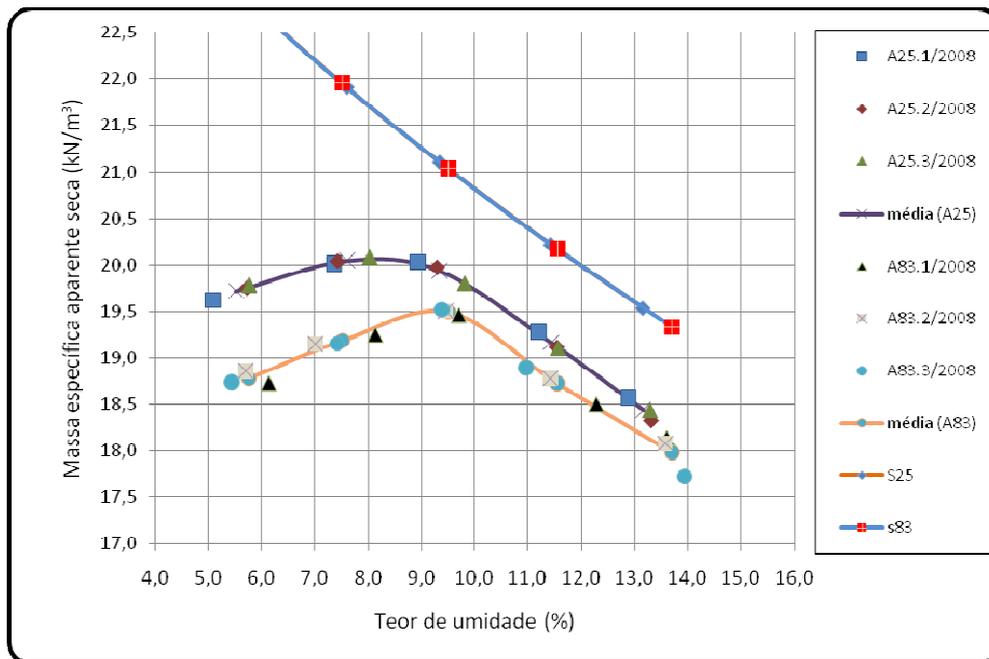


Figura 4. 12: Curvas de compactação das amostras da planície arenosa extensa

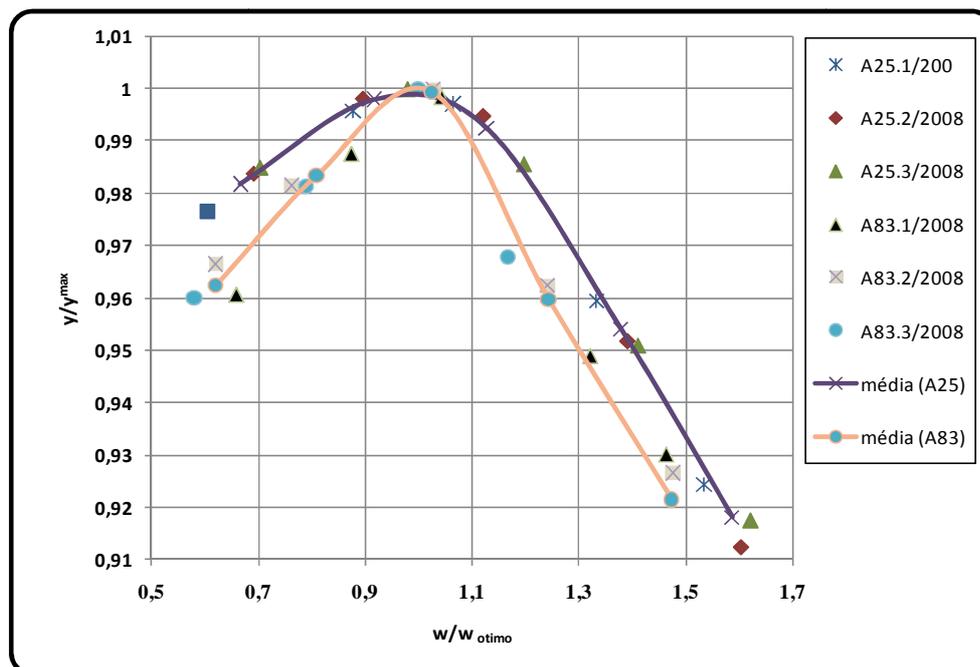


Figura 4. 13: As curvas normalizadas de compactação das amostras da planície arenosa extensa

Observa-se que o valor da tangente do ângulo de inclinação no ramo seco da amostra A25/2008 na curva normalizada de compactação é igual a 0,10 ($L=0,10$) e A83 é igual a 0,20

($L=0,20$), indicando que o solo não apresenta comportamento laterítico segundo o critério de Ignatius (1991).

De acordo com os ensaios realizados pelo método de pastilhas, para amostras da mesma unidade (anexo C, amostras coletadas em 2009), os solos apresentaram comportamento laterítico (LA).

Os valores do pH (anexo C) determinados para amostras da subunidade Aa é igual a 6,4 e da subunidade Aj é igual a 6,2, classificando os solos como moderadamente ácido.

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A25/2008 e A83/2008, são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4. 10: Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR

Ref.Amostra	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(kN/m ³)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp 100	CBR(95%)	Exp95	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A25.1/2008	Aa	1,16	NP	NP	20,1	8,4	2,63	50	0	38	0	27	0	G6	A-2-4(0)	SM
A25.2/2008	Aa	1,18	NP	NP	20,1	8,3	2,63	49	0	37	0	28	0	G6	A-2-4(0)	SM
A25.3/2008	Aa	1,18	NP	NP	20,1	8,2	2,63	50	0	38	0	26	0	G6	A-2-4(0)	SM
A83.1/2008	Aj	0,93	NP	NP	19,5	9,3	2,63	53	0	39	0	27	0	G6	A-2-4(0)	SM
A83.2/2008	Aj	0,93	NP	NP	19,5	9,2	2,63	50	0	37	0	26	0	G6	A-2-4(0)	SM
A83.3/2008	Aj	0,94	NP	NP	19,5	9,4	2,63	50	0	38	0	27	0	G6	A-2-4(0)	SM

De acordo a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo é do tipo G6, A-2-4 (0) e SM (areia siltosa).

De acordo a Figura 4.14 (fração de finos versus a umidade ótima), observa-se que a umidade ótima varia em torno de 8,0 a 9,5% e quando maior for a fração de finos, mais água será necessário para atingir a umidade ótima. A amostra Aj possui uma fração maior de areia fina na sua composição (Figura 4.11). De acordo os resultados obtidos nos ensaios de difração de raios X realizados em algumas amostras, os principais minerais presentes são o quartzo e a caulinita (anexo D).

O módulo granulométrico (MG) parâmetro que indica o tamanho das partículas dos solos, quando maior for o módulo, maior será o tamanho das partículas. Na classe Aj o módulo granulométrico é menor, indicando que esta subclasse de solos tem mais a fração fina (Figura 4. 15), confirmado pela curva granulométrica ilustrada na Figura 4.11.

b) Dunas do interior

As dunas do interior são constituídas por solos arenosos amarelados (dAa). As curvas da distribuição granulométrica das areias finas, amostras A5/2008 e A81/2008, são

apresentadas na Figura 4. 16. Observa-se em média a predominância da fração de areia, assim distribuída: 74% de areia média, 23% de areia fina e 3% de finos, com Cu igual a 1,91 e Cc igual a 0,9, solo mal graduado, (Correia, 1980).

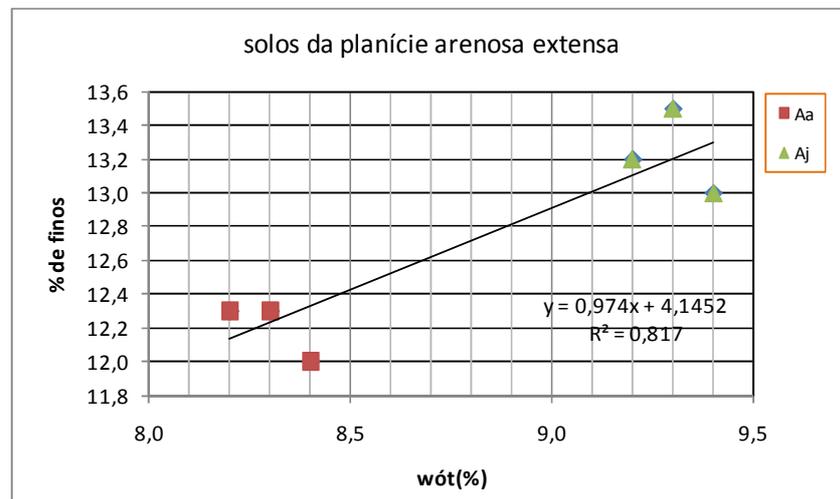


Figura 4. 14: Fração de finos versus umidade ótima da planície arenosa extensa

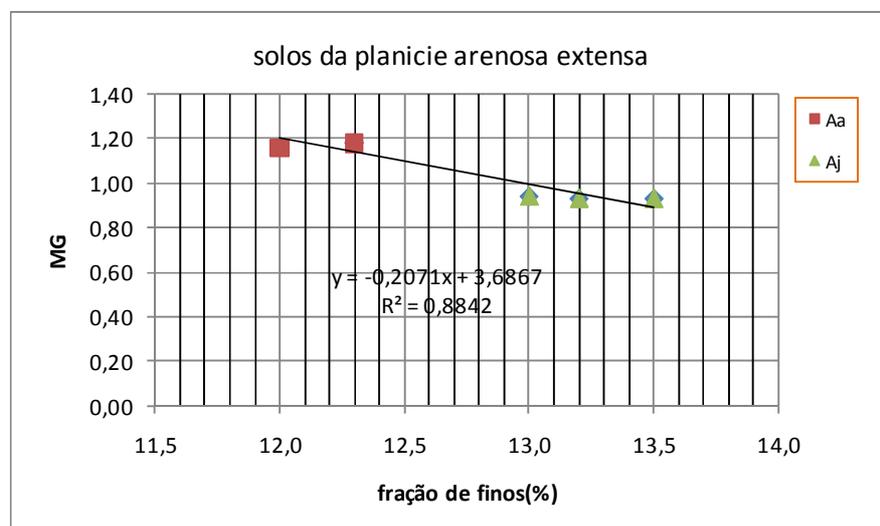


Figura 4. 15: Relação da fração de finos (%) versus módulo granulométrico

Os valores obtidos da massa específica aparente seca (compactado), da areia média a fina, são da ordem de 1600 kg/m^3 . O valor médio obtido da massa específica dos grãos da areia média a fina é da ordem de 2640 kg/m^3 , trata-se de um agregado normal (Coutinho, 1974).

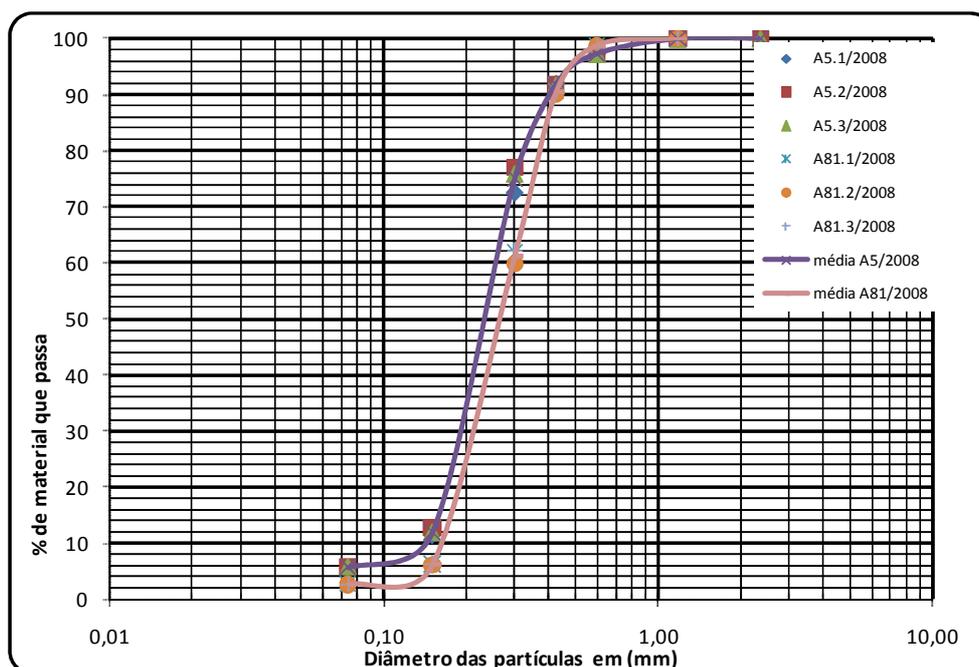


Figura 4. 16: Curvas da distribuição granulométrica das amostras A5/2008 e A81/2008

Os valores obtidos do teor em partículas muito finas e materiais solúveis para amostra A5/2008 é da ordem de 5,4 % e para amostra A81/2008 é de 1,6 %. De acordo com Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos (MOPTC, 1990), o valor recomendado para as areias naturais é $\leq 3,0\%$. A amostra A5/2008 está fora dos limites recomendados para sua utilização como agregado para argamassas. Segundo a DNER (1997g) para a utilização do agregado fixa os limites máximos entre 3-5%. Limite de 3% para o concreto submetido a desgaste superficial e de 5% para os demais concretos.

Durante o processo da exploração, o material não é lavado e nem crivado (Anexo B), talvez por isso que amostra A5/2008 apresentou teores de partículas muito finas acima dos limites regulamentados.

O módulo de finura das areias finas (A5/2008 e A81/2008) varia de 1,12 a 1,36. De acordo a classificação pelo módulo de finura, são areias muito finas (Frazão, 2002).

As areias médias a finas são do tipo SP-SM (areia mal graduada com silte) para a amostra A5/2008 e SP (areia mal graduada) para a amostra A81/2008 de acordo o SUCS.

Os resultados dos ensaios da massa específica aparente seca (compactado), massa específica dos grãos e teor de partículas finas, são apresentados na Tabela 4.11.

Para as amostras A5/2008 e A81/2008 (dAa), foram determinados o teor de cloretos, teor de sulfatos e reatividade potencial pelo método químico. Os resultados são apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4. 11: Resultados dos ensaios realizados para areias finas amareladas

Ref.Amostra	pedologia	Módulo de finura	Massa específica dos grãos (kg/m ³)	Massa específica aparente (kg/m ³)	Porosidade (%)	Teor em partículas finas (%)	SUCS
A5.1/2008	dAa	1,19	2640	1660	37	5,38	SP-SM
A5.2/2008	dAa	1,13	2640	1660	37	5,35	SP-SM
A5.3/2008	dAa	1,12	2640	1660	37	5,36	SP-SM
A81.1/2008	dAa	1,33	2640	1600	39	1,60	SP
A81.2/2008	dAa	1,36	2640	1600	39	1,60	SP
A81.3/2008	dAa	1,33	2640	1600	39	1,60	SP

Os valores obtidos de cloretos estão em torno de 0,02% e os sulfatos variam em torno de 0,10 a 0,14%. O agregado não é reativo aos álcalis, de acordo a Figura 4.17. De acordo com o RBLH (MOPTC, 1990), os valores de cloretos e sulfatos estão dentro dos limites recomendados para a sua utilização em argamassas e concretos

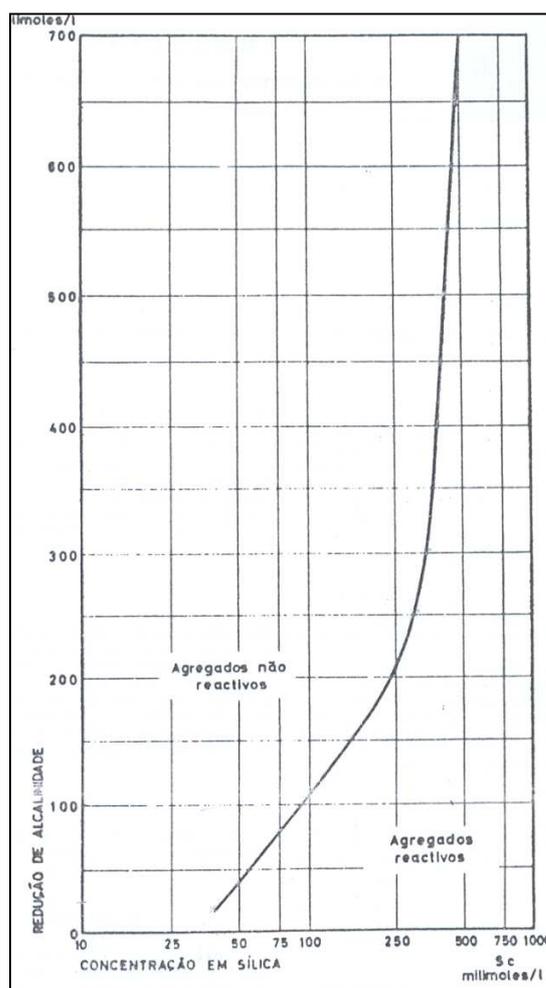


Figura 4. 17: Curva de reatividade potencial (LNEC, 1964)

Os valores de pH determinados para amostras da subunidade dAa variam de 5,9 a 6,2 classificando-as como moderadamente ácido. O valor do pH do solo é compatível com o mineral predominante o quartzo (Toledo *et al.*, 2000).

Tabela 4. 12: Resultados dos ensaios químicos

Ref.Amostra	pedologia	Teor em		Concentração em sílica	Redução da alcalinidade	Conclusões
		Cloretos(%)	Sulfatos(%)	(milimoles/l)	(milimoles/l)	
A5.2/2008	dAa	0,02	0,10	16	10	Não reactivo *
A81.2/2008	dAa	0,02	0,14	2	150	Não reactivo*

*Nota: Observar a Figura 4:17: curva de reatividade potencial

Os resultados da análise granulométrica, limites de consistência, pH, método de pastilhas e respectiva classificação de grupo de solos da mesma unidade, são apresentados no anexo C (amostras coletadas em 2009).

4.8.1.3 Colinas de Grés e Areias Vermelhas

As curvas da distribuição granulométrica das amostras A4/2008, A57/2008 e A82/2008, solos derivados de grés vermelho (G) são apresentadas na Figura 4.18. Observa-se a maior predominância da fração de areia, assim distribuída: A4/2008 apresenta 38% de areia média, 47% de areia fina e 15% da fração fina; A57 e A82/2008 em média apresentam 38% de areia média, 52% de areia fina e 10% da fração fina, Cc médio igual 1,2 e Cu médio igual 2,9, solo de granulometria uniforme, mal graduado (Correia, 1980). As curvas de compactação obtidas nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4,19.

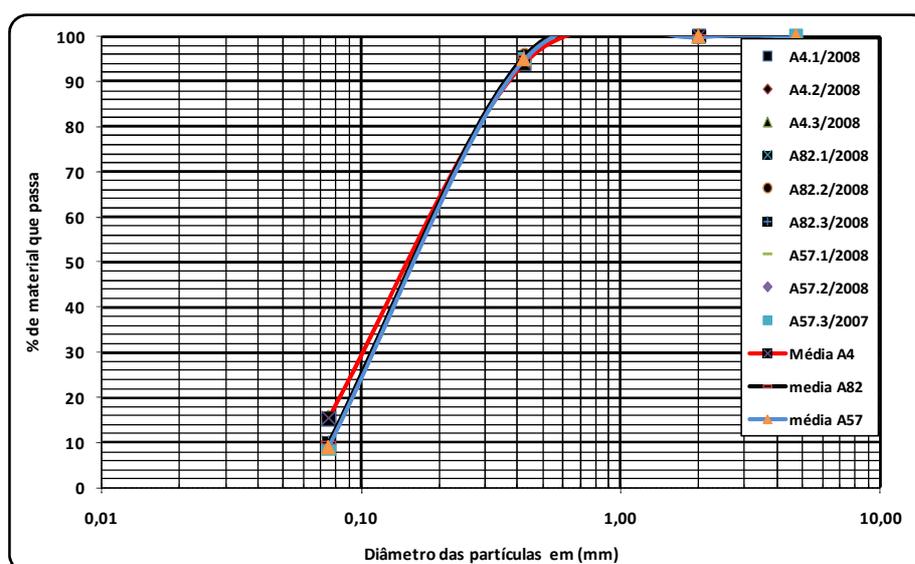


Figura 4. 18: Curvas da distribuição granulométrica das amostras da colina de grés

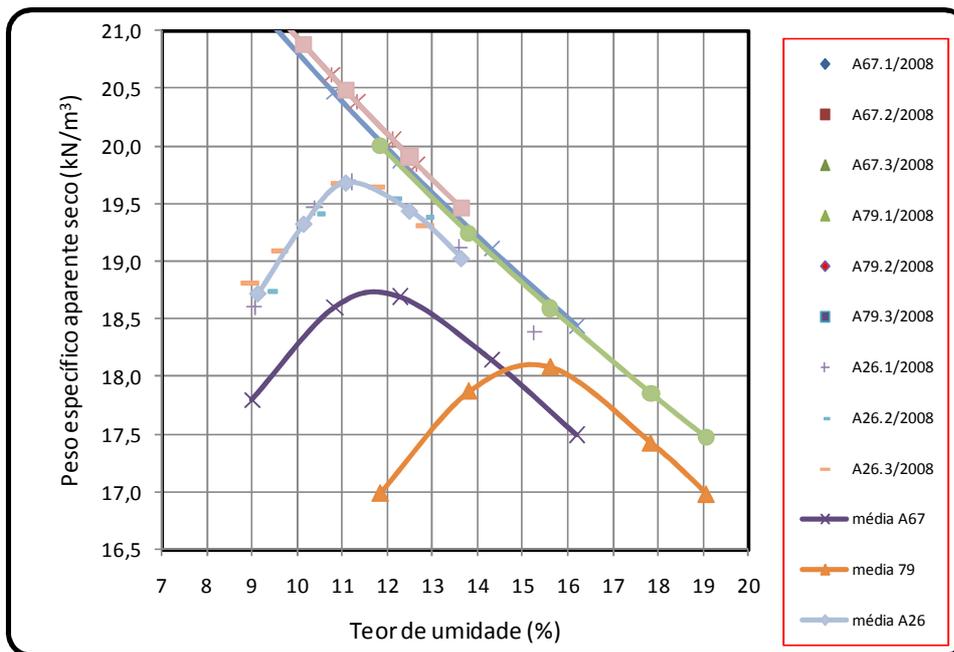


Figura 4. 19: Curvas de compactação das amostras da colina de grés

As curvas normalizadas de compactação (razão de teor de umidade e teor ótimo versus razão da massa específica seca e massa específica seca máxima) das amostras A4, A57 e A82/2008 são apresentas na Figura 4.20.

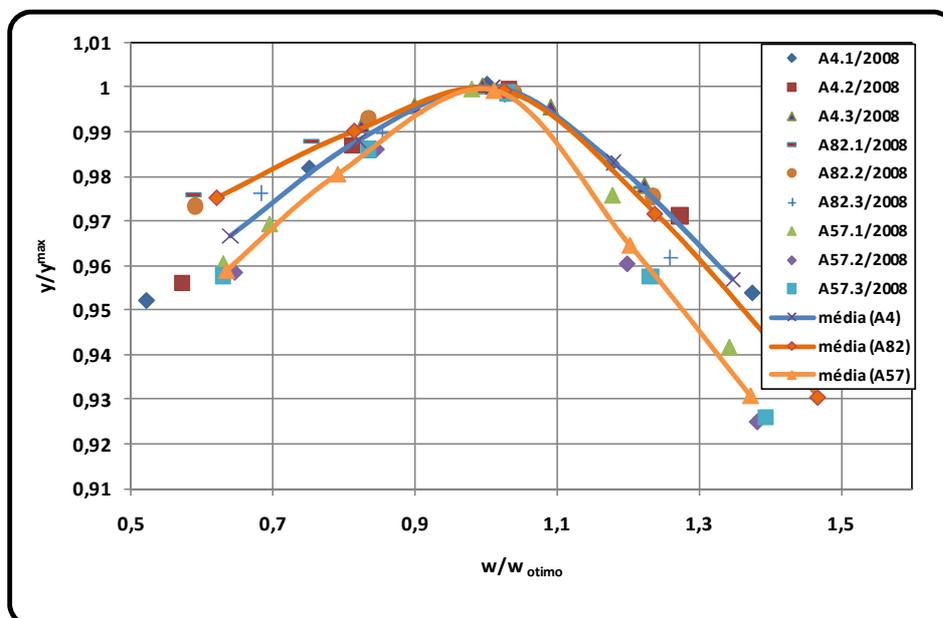


Figura 4. 20: Curvas normalizadas de compactação das amostras da colina de grés

Para esta unidade (colinas de grés e areias vermelhas), observa-se que a tangente do ângulo de inclinação no ramo seco, na curva de compactação normalizada, é igual a 0,20

($L=0,20$), indicando que o solo não apresenta comportamento laterítico, segundo o critério de Ignatius (1991). De acordo com os ensaios realizados pelo método de pastilhas, a unidade apresentou comportamento de uma areia laterítica (anexo C, amostras coletadas em 2009).

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A4/2008, A57/2008 e A82/2008 são apresentados na Tabela 4.13.

Tabela 4. 13: Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(KN/m ³)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100 (%)	CBR(95%)	Exp95(%)	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A4.1/2008	G	0,91	NP	NP	19,5	8,7	2,65	44	0	38	0	27	0	G6	A-2-4(0)	SM
A4.2/2008	G	0,90	NP	NP	19,5	8,6	2,65	43	0	37	0	27	0	G6	A-2-4(0)	SM
A4.3/2008	G	0,90	NP	NP	19,5	8,8	2,65	44	0	35	0	26	0	G6	A-2-4(0)	SM
A57.1/2008	G	0,96	NP	NP	19,1	10,0	2,65	45	0	23	0	14	0	G8	A-3(0)	SP-SM
A57.2/2008	G	0,97	NP	NP	19,1	10,2	2,65	44	0	24	0	16	0	G8	A-3(0)	SP-SM
A57.3/2008	G	0,97	NP	NP	19,1	10,2	2,65	45	0	22	0	17	0	G8	A-3(0)	SP-SM
A82.1/2008	G	0,94	NP	NP	19,2	8,9	2,65	45	0	31	0	28	0	G6	A-3(0)	SP-SM
A82.2/2008	G	0,94	NP	NP	19,3	8,8	2,65	44	0	30	0	27	0	G6	A-3(0)	SP-SM
A82.3/2008	G	0,94	NP	NP	19,3	8,8	2,65	45	0	32	0	27	0	G6	A-3(0)	SP-SM

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo é do tipo G6, G8, A-2-4 (0), SM (Areia siltosa), A-3(0) e SP-SM (areia mal graduada com o silte) e LA (areia laterítica).

Os ensaios realizados pelo método de pastilhas, o solo desta unidade apresentou comportamento laterítico (anexo C, amostras coletadas em 2009).

De acordo com os ensaios de difração de raios X realizados em uma amostra, os minerais principais presentes são o quartzo, caulinita e a goethita (Anexo D).

4.8.1.4 Pedimentos de Mananga

As curvas da distribuição granulométrica das amostras A67/2008 e A79/2008 correspondentes a solos dos Pedimentos de Mananga com camada arenosa pouco espessa (M1) e amostra A26/2008 correspondente a solo dos Pedimentos de Mananga com camada arenosa moderadamente espessa (M3), são apresentadas na Figura 4.21. Observa-se a predominância da fração de areia, onde amostra A26/2008 (M3) apresenta, 40% de pedregulhos, 7% de areia grossa, 11% de areia média, 14% de areia fina e 28% de finos; amostra A67/2008 (M1) apresenta 15% de pedregulhos, 20% de areia grossa, 15% de areia média, 16% de areia fina e 34% de finos; e amostra A79/2008 (M1) apresenta 5% de pedregulhos, 3% de areia grossa, 26% de areia média, 34% de areia fina e 32% de finos.

De acordo com as curvas granulométricas apresentadas na Figura 4.21, observa-se três grupos de solos, sendo o primeiro grupo da esquerda (o solo de granulometria mais fina) amostra A79/2008 (M1), constituído por areias finas argilosas, granulometrias uniforme (mal graduada); o segundo grupo do meio, amostra A67/2008 (M1), constituído por areias médias a grossas e pedregulhos, granulometria extensão (bem graduada); e terceiro grupo a direita, amostra A26/2008 (M3), constituído por pedregulhos e areias, solo de granulometria extensa, (mal graduada). O material ocorre em planaltos baixos e fundo de vales.

As curvas de compactação obtidas nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4.22.

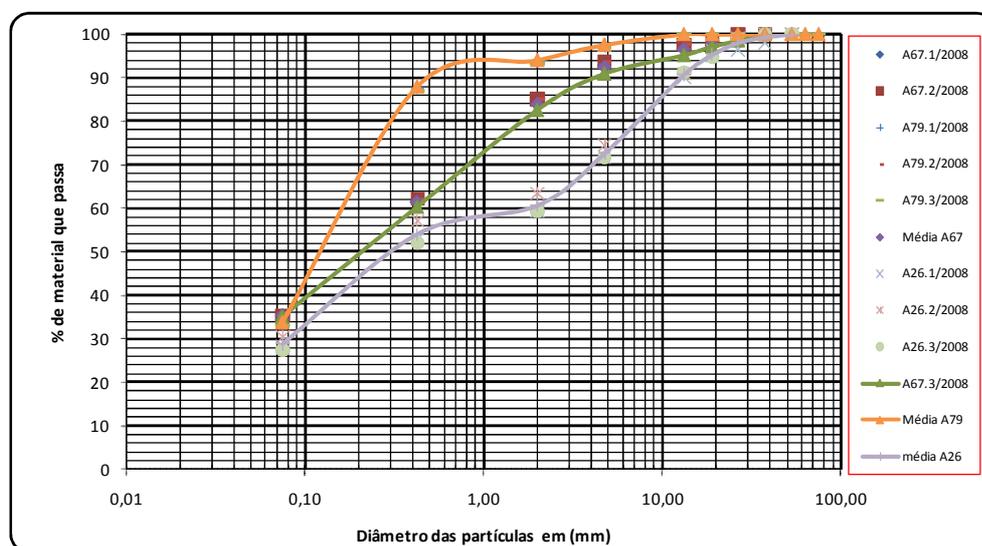


Figura 4. 21: Curvas da distribuição granulométrica das amostras de pedimentos de Mananga

Observa-se a partir de curvas de compactação (Figura 4.22) que os materiais estão divididos em 3 grupos, o mesmo observado nas curvas de distribuição granulométrica da mesma unidade (Figura 4.21). Um grupo de material apresenta a umidade ótima em torno de 15% e o peso específico menor comparado a outros solos de grupo, o solo é constituído por areia fina argilosa, amostra A79/2008 (M1) correspondente a curva granulométrica a esquerda na Figura 4.21; o segundo grupo do material apresenta a umidade ótima em água em torno de 12% e peso específico intermediário, o material é constituído por areias e pedregulhos siltosos, amostra A67/2008 (M1), corresponde a curva granulométrica ao meio; e ultimo grupo do material apresenta uma umidade ótima menor, em torno de 11% e peso específico alto comparado a outros materiais, o material é constituído por pedregulhos e areias finas a médias, amostra A26/2008 (M3), corresponde a curva granulométrica a direita na Figura 4.21.

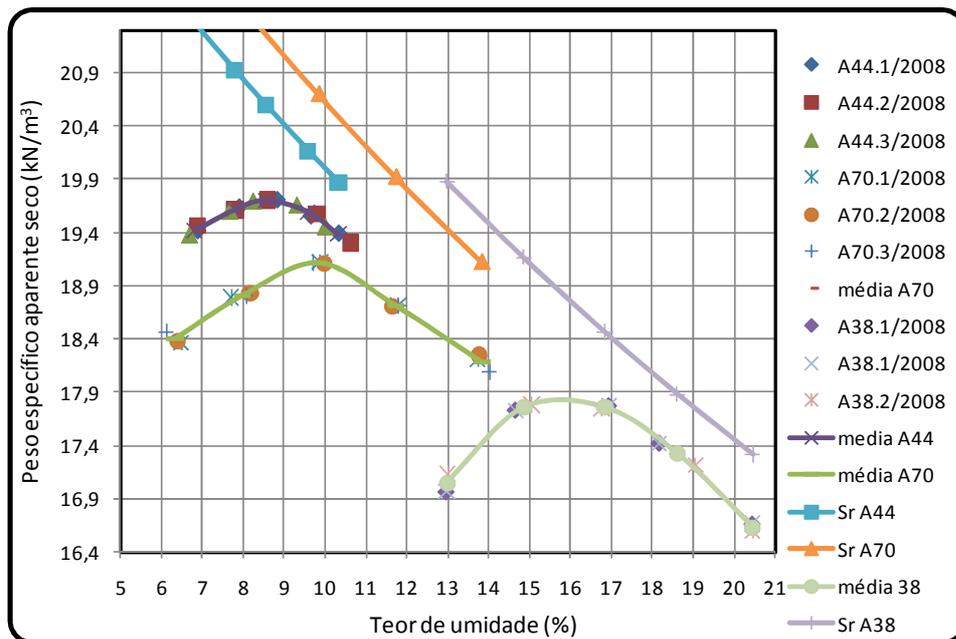


Figura 4. 22: Curvas de compactação das amostras de pedimentos de Mananga

As curvas normalizadas de compactação (razão de teor de umidade e teor ótimo versus razão da massa específica seca e massa específica seca máxima) das amostras A26/2008, A67/2008 e A79/2008 são apresentadas na Figura 4.23.

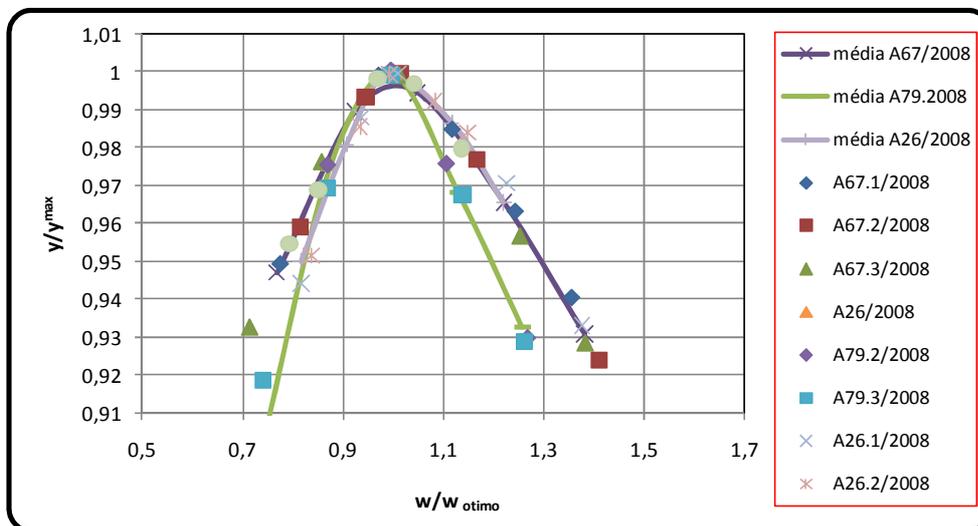


Figura 4. 23: Curvas normalizadas de compactação das amostras de pedimentos de Mananga

Observa-se que a tangente do ângulo de inclinação no ramo seco da amostra A26, A67 e A79/2008 na curva normalizada de compactação é igual a 0,20 ($L=0,20$). Isto indica que o solo não apresenta o comportamento laterítico, segundo a critério de Ignatius (1991). Confirmado pelos ensaios realizados pelo método de pastilhas. Os ensaios realizados pelo

método das pastilhas indicaram que o solo não apresentou comportamento laterítico (Anexo C, solos coletados em 2009).

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A26, A67e A79/2008, são apresentados na Tabela 4.14.

Tabela 4. 14: Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(KN/m3)	Teor-Ótm(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100	CBR(95%)	Exp95(%)	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A67.1/2008	M1	0,74	34,0	14,0	18,8	11,8	2,71	9	1	7	1,2	5	1,8	G10	A-6(1)	SC
A67.2/2008	M1	0,75	34,0	15,0	18,8	11,6	2,71	10	1,2	7	1,4	5	1,6	G10	A-6(1)	SC
A67.3/2008	M1	0,73	34,0	15,0	18,79	11,8	2,71	10	1,2	6	1,3	5	1,8	G10	A-6(1)	SC
A69.1/2008	M1	0,96	14,0	6,0	19,7	10,9	2,70	30	0,4	24	0,6	11	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A69.2/2008	M1	0,94	14,0	6,0	19,71	11,1	2,70	28	0,4	24	0,4	12	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A69.3/2008	M1	0,95	16,0	6,0	19,7	11,0	2,70	29	0,4	23	0,6	11	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A79.1/2008	M1	0,70	26,0	11,0	18,24	15,1	2,58	9	1	5	1,2	2	1,4	G10	A-6(0)	SC
A79.2/2008	M1	0,71	26,0	11,0	18,23	15,1	2,58	7	1	4	1,2	2	1,4	G10	A-6(0)	SC
A79.3/2008	M1	0,72	26,0	11,0	18,25	15,2	2,58	9	0,9	4	1,2	2	1,6	G10	A-6(0)	SC
A26.1/2008	M3	1,60	28,0	11,0	19,7	11,1	2,65	22	0,8	15	0,9	6	1,4	G9	A-2-6(0)	SC
A26.2/2008	M3	1,50	29,0	12,0	19,7	11,2	2,65	23	0,7	16	0,8	7	1,6	G9	A-2-6(0)	SC
A26.3/2008	M3	1,60	28,0	11,0	19,71	11,3	2,65	23	0,5	15	0,8	7	1,4	G9	A-2-6(0)	SC

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo é do tipo G9, G10, A-6(1), A-2-6(0) e SC (areia argilosa) e SC-SM.

Para os solos dos Pedimentos de Mananga observa-se uma relação inversa da fração de finos e valor de CBR, isto é, quando a fração de finos diminui, o valor de CBR aumenta, em especial quando os finos não são expansivos (Figura 4.24). A subclasse M3 são solos que apresentam maior quantidade de pedregulhos e areia grossa comparados com M1 são solos mais finos (Figura 4.21).

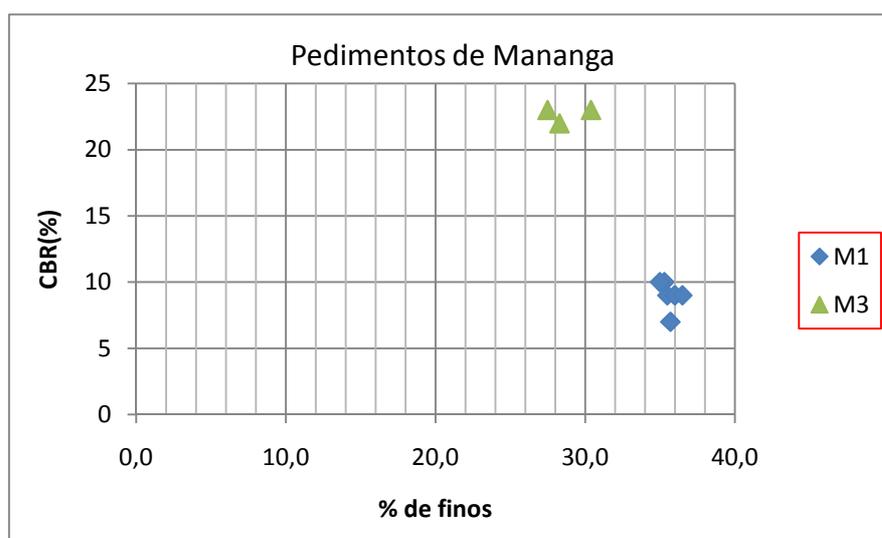


Figura 4. 24: Relação de CBR(%) versus (%) de finos

Na mesma unidade (Pedimentos de Mananga), os solos são expansivos e observa-se uma relação inversa de valor de CBR e a expansão dos solos. Quando o valor da expansão aumenta, o valor de CBR diminui, a expansão aumenta com o aumento de teor de finos (Figura 4.25). Os solos M1 são finos enquanto que os solos M3 são grossos (Figura 4.21). De acordo com os ensaios de difração de raios-X realizados sobre amostra M1, os minerais principais são o quartzo, illita, caulinita. A microclina (feldspato) aparece em traço (Anexo D).

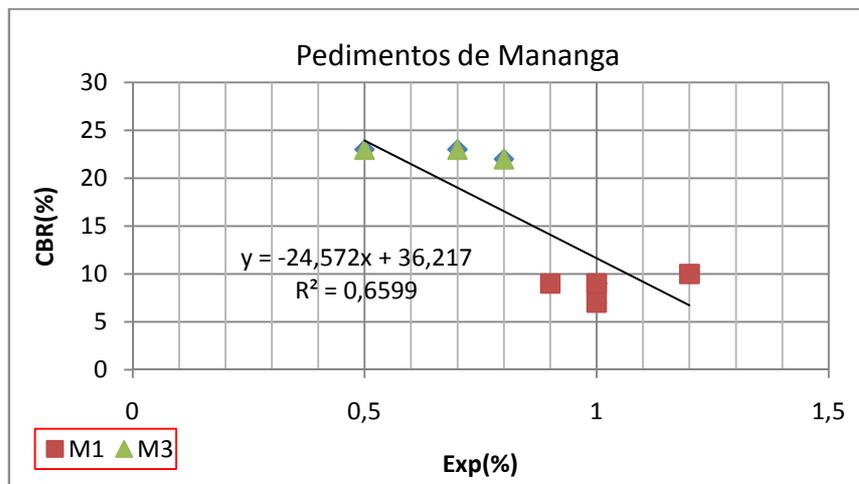


Figura 4. 25: Relação valor de CBR(%) versus expansão(%)

Nos Pedimentos de Mananga observa-se uma relação inversa do peso específico seco máximo e teor ótimo (Figura 4.26).

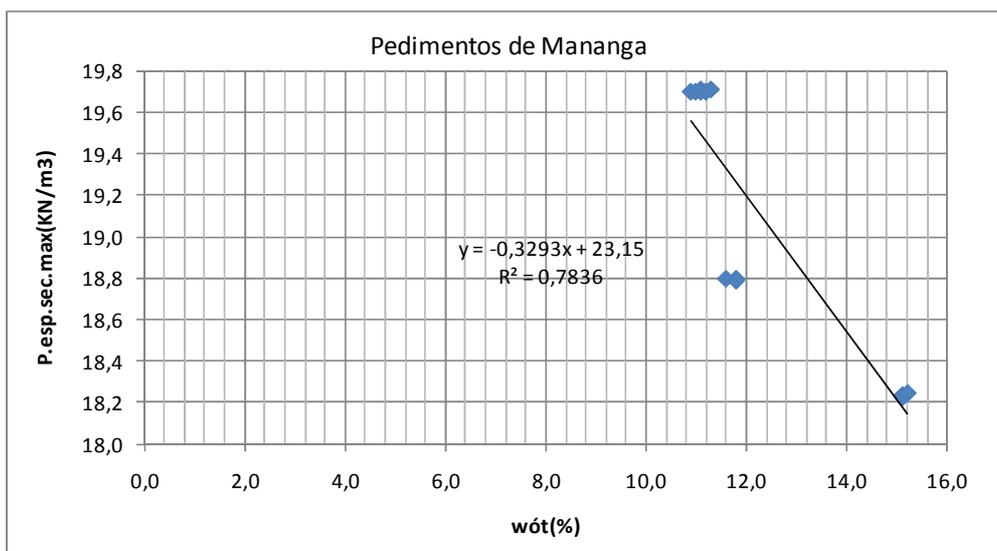


Figura 4. 26: Relação de peso específico s. máx. (kN/m³) versus wót (%)

4.8.1.5 Post – Mananga: Depósitos Avermelhados das Encostas dos Vales

As curvas da distribuição granulométrica das amostras A38/2008 (P2), A44/2008 (P3) e A70/2008 (P3j), solos de coluviões sobre basaltos, são apresentadas na Figura 4.27. Observa-se a predominância da fração de areia assim distribuída: amostra A38/2008 (P2) apresenta 9% da fração de areia grossa, 35% da areia média, 38% da areia fina e 18% da fração fina; amostra A44/2008 (P3) apresenta 22% da areia grossa, 30% da areia média, 28% da areia fina e 20% da fração fina; e amostra A70/2008 apresenta 10% da areia grossa, 36% da areia média, 44% da areia fina e 10% da fração fina, a mesma amostra com C_c é igual 1,7 e C_u é igual 3,2 areia mal graduada. As curvas de compactação obtida nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4.28.

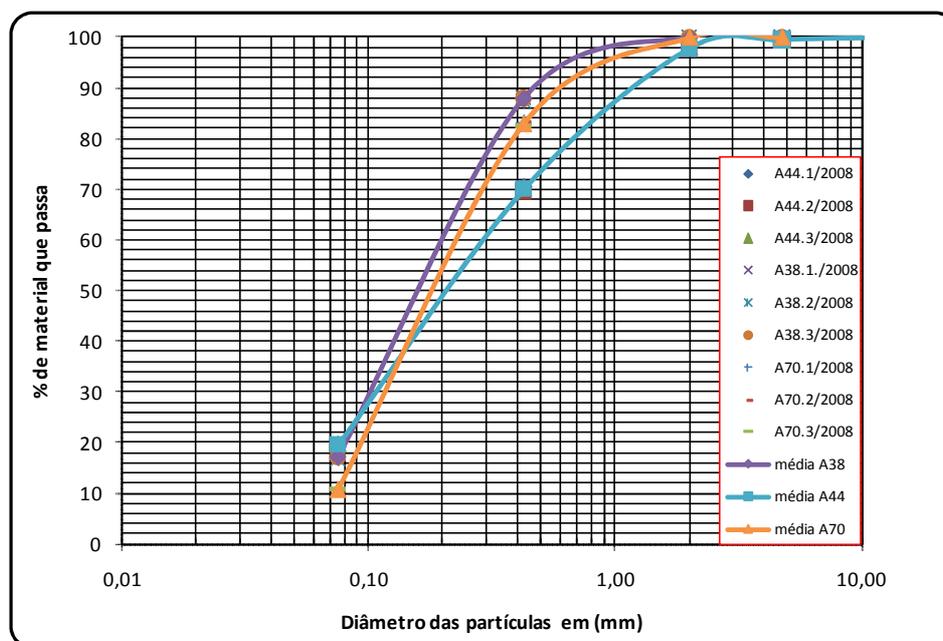


Figura 4. 27: Curvas da distribuição granulométrica das amostras de Post-Mananga

Observa-se a partir de curvas de compactação (Figura 4.28), os materiais estão divididos em 3 grupos. Amostra A44/2008 apresenta a umidade ótima menor, em torno de 8,5% e peso específico em torno de $19,7 \text{ kN/m}^3$, alto comparado com os solos do mesmo grupo, correspondente a curva granulométrica a direita na Figura 4.27, o material é constituído por areia média a fina; o segundo grupo, amostra A70/2008 apresenta a umidade ótima em torno de 10% e peso específico intermediário, em torno de $19,2 \text{ kN/m}^3$, correspondente a curva granulométrica do meio, o material é constituído areia fina a média, com C_c igual 1,7 e C_u igual 3,2; e ultimo grupo amostra A38/2008, apresenta a umidade

ótima em torno de 16% e com o peso específico em torno de 19 kN/m^3 , menor comparado a outros solos do mesmo grupo, corresponde a curva granulométrica a esquerda na Figura 4.27, o solo é constituído por areia fina a média argilosa.

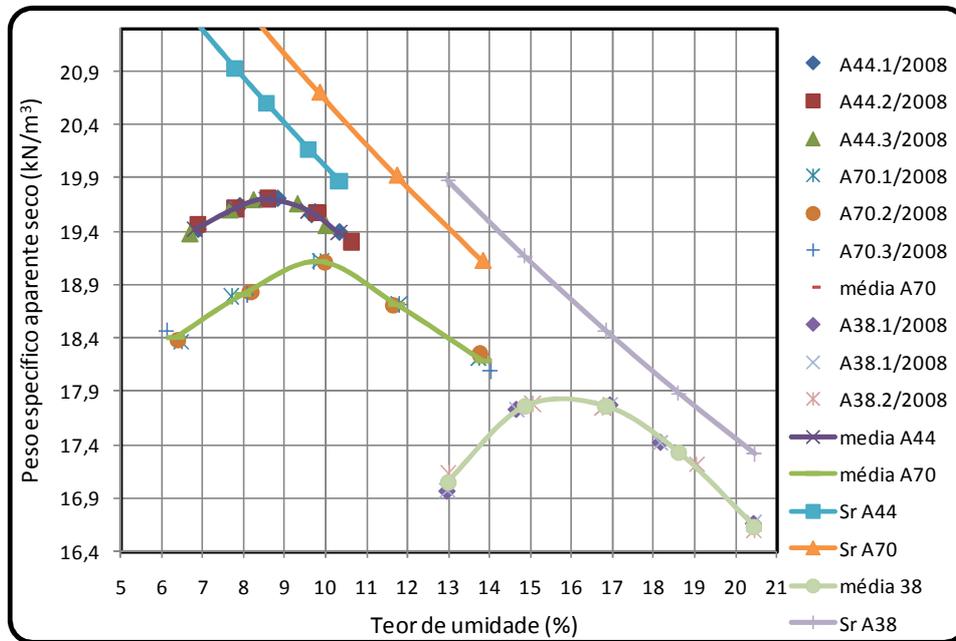


Figura 4. 28: Curvas de compactação das amostras de Post-Mananga

As curvas normalizadas de compactação da amostra A38/2008, A44/2008 e A70/2008 são apresentadas na Figura 4.29.

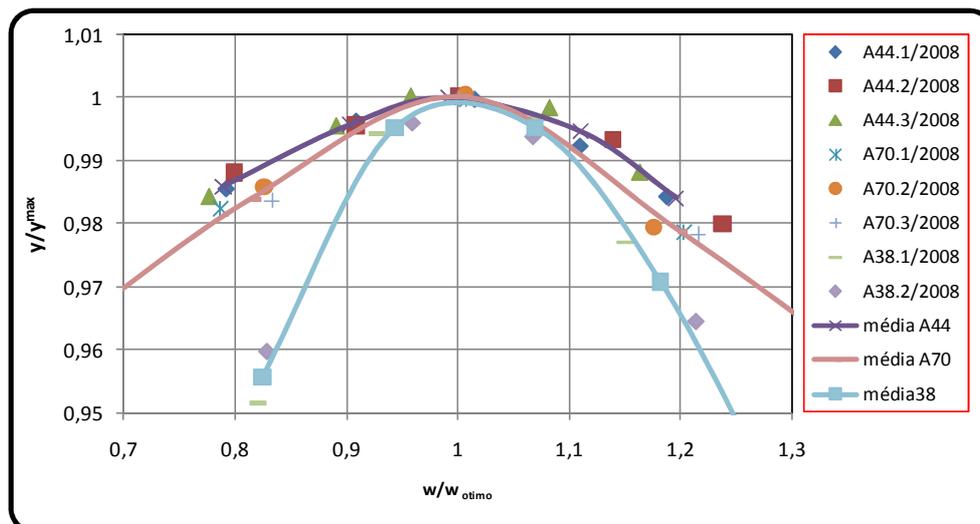


Figura 4. 29: Curvas normalizadas de compactação das amostras de Post-Mananga

Observa-se que o valor da tangente do ângulo de inclinação no ramo seco da amostra A38/2008 na curva normalizada de compactação é igual a 0,20 ($L=0,20$); as amostras A44 e

A70 é igual a 0,10 ($L=0,10$), indicando que os solos não apresentam comportamento laterítico, segundo a critério de Ignatius (1991). De acordo com os ensaios realizados pelo método de pastilhas para as amostras coletadas em 2009, os solos apresentaram comportamento laterítico (anexo C).

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A38, A44 e A70/2008, são apresentadas na Tabela 4.15.

Tabela 4. 15: Resultados dos ensaios de limite de consistência, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(Kg/m3)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100	CBR(95%)	Exp95(%)	CBR(90%)	Exp90	DTRSA	HRB	SUCS
A38.1/2008	P2	1,27	20,0	8,0	17,83	15,8	2,68	35	0	25	0	19	0	G5	A-2-4(0)	SC
A38.2/2008	P2	1,25	20,0	7,0	17,85	15,7	2,68	34	0	27	0	19	0	G5	A-2-4(0)	SC
A38.3/2008	P2	1,28	21,0	8,0	17,85	15,4	2,68	35	0	26	0	20	0	G5	A-2-4(0)	SC
A44.1/2008	P3	0,94	19,0	6,0	19,71	8,7	2,65	28	0,2	23	0,6	17	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A44.2/2008	P3	0,96	19,0	6,0	19,70	8,6	2,65	27	0,2	23	0,6	18	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A44.2/2008	P3	0,95	18,0	7,0	19,69	8,6	2,65	28	0,2	24	0,4	17	0,9	G7	A-2-4(0)	SC-SM
A70.1/2008	P3j	1,04	NP	NP	19,13	9,8	2,63	28	0	22	0	17	0	G6	A-2-4(0)	SP-SM
A70.2/2008	P3j	1,04	NP	NP	19,10	9,9	2,63	28	0	22	0	16	0	G6	A-2-4(0)	SP-SM
A70.3/2008	P3j	1,04	NP	NP	19,12	9,7	2,63	29	0	23	0	17	0	G6	A-2-4(0)	SP-SM

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo é do tipo G5, A-2-4(0), SC (areia argilosa) para a amostra A38/2008; G7, A-2-4(0) e SC-SM (areia argila-siltosa) para amostras A44 e G6, A-2-4(0), SP-SM (areia mal graduada com silte) para amostra A70/2008.

Observa-se na Figura 4.30, que à medida que o material apresenta a composição granulométrica mais uniforme o valor do peso específico seco máximo diminui. De acordo com análise granulométrica (Figura 4.27) a classe pedológica P2 (A38/2008) é uma areia fina á média; a classe P3(A44/2008) é uma areia média a fina; e a classe P3j (A70/2008) é uma areia fina a média com C_c igual 1,7 e C_u igual 3,2 (Correia, 1980).

No mesmo agrupamento solos de Post-Mananga, constata-se uma relação inversa entre o peso específico seco máximo e o teor ótimo. Quando o teor de umidade aumenta, o peso específico diminui (Figura 4.31).

Observa-se a partir da Figura 4.32 que os solos não são expansivos, com exceção da amostra da classe P3 que apresentou um valor de expansão de 0,2% com um teor de finos na ordem de 17%.

De acordo com os ensaios de difração de raios-X realizados, os principais minerais presentes na amostra são o quartzo, caulinita, ilita. A vermiculita aparece em traço (Anexo D).

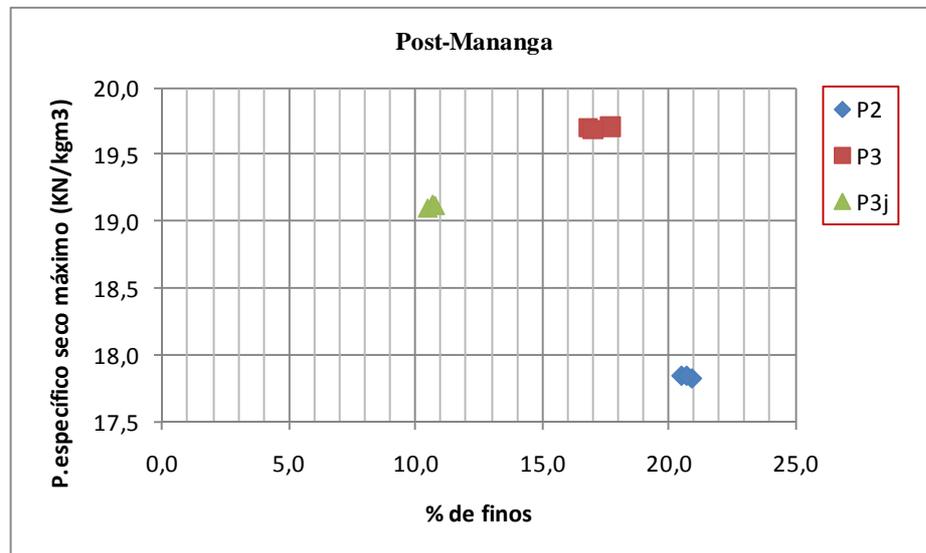


Figura 4. 30: Valores do peso específico seco máx versus teor de finos

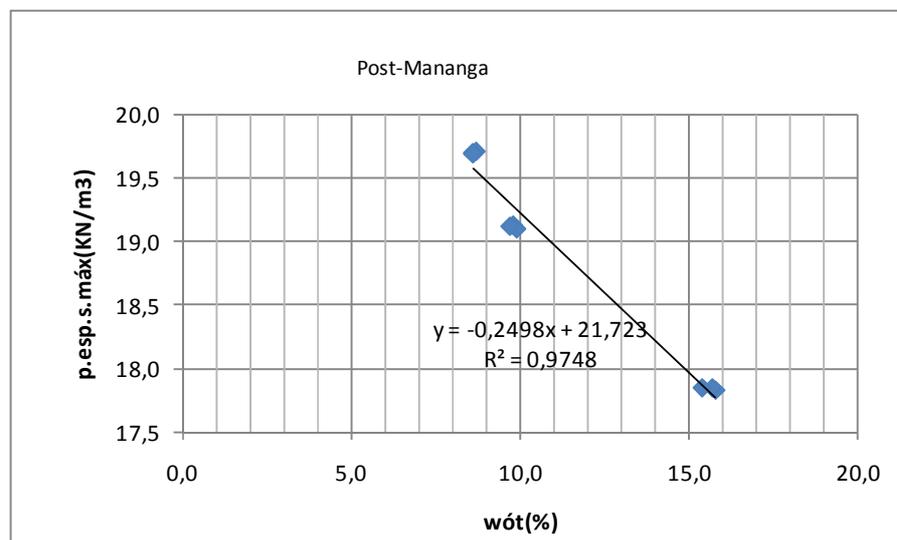


Figura 4. 31: Relação entre peso específico máximo versus umidade ótima

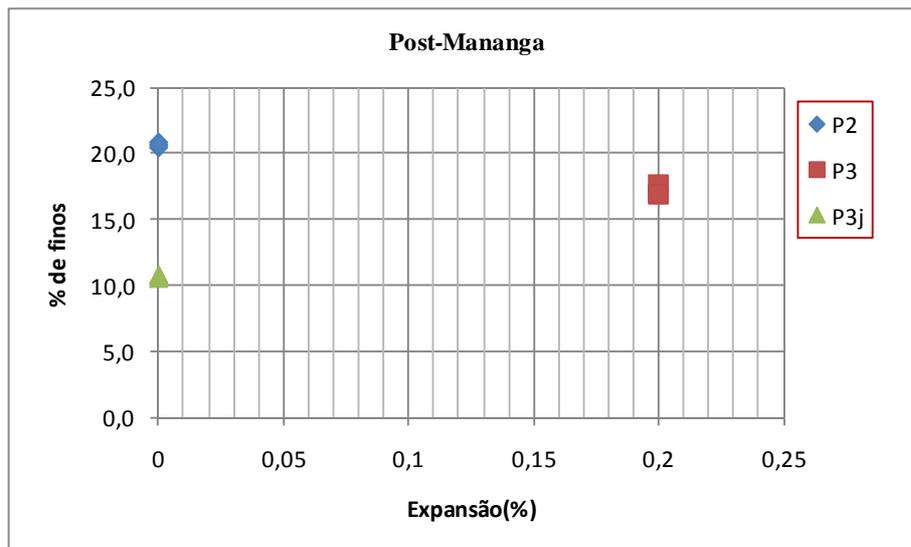


Figura 4. 32: Relação de teor de finos (%) versus Expansão

Observa-se uma relação inversa entre os valores de CBR e a fração de areia, quando a fração de areia aumenta, o valor de CBR diminui. Isto pode ser explicado por composição granulométrica das amostras. Quando a areia é mais uniforme, o valor de CBR diminui (Figura 4.33).

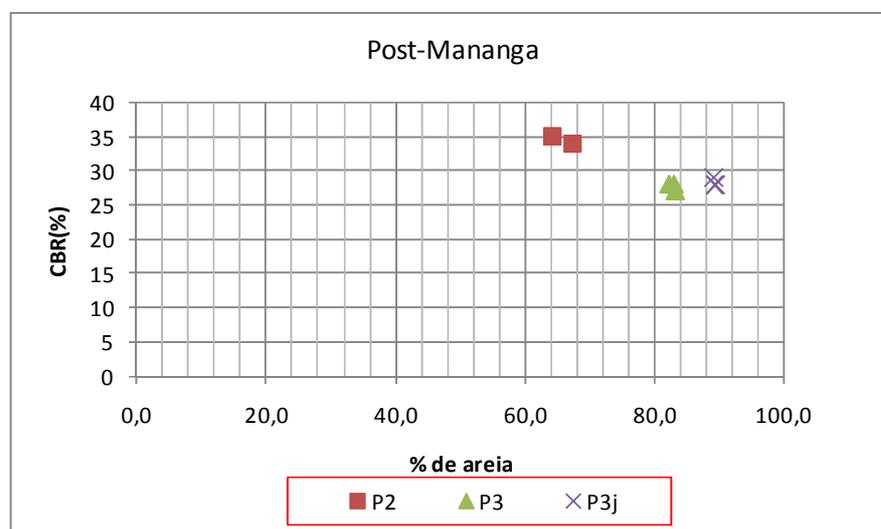


Figura 4. 33: Relação entre a fração de areia versus CBR (%)

4.8.1.6 Plataforma de Seixos Rolados

As curvas da distribuição granulométrica da amostra A77/2008 (Sc), solos sobre seixos rolados, são apresentadas na Figura 4.34. Observa-se a maior predominância da fração dos finos na ordem de 65%, a fração de areia grossa é de 8%, areia média é de 12% e areia fina é de 15%. As curvas de compactação obtida nos ensaios realizados são apresentadas na Figura

4.35. As curvas normalizadas de compactação da amostra A77/2008 são apresentas na Figura 4.36.

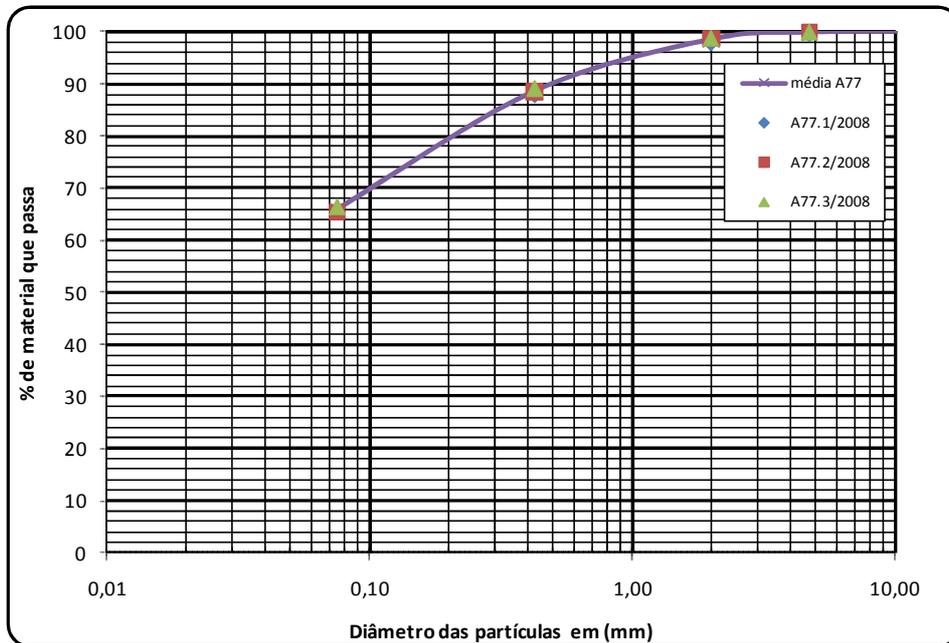


Figura 4. 34: Curvas da distribuição granulométrica da amostras da plataforma de seixos rolados

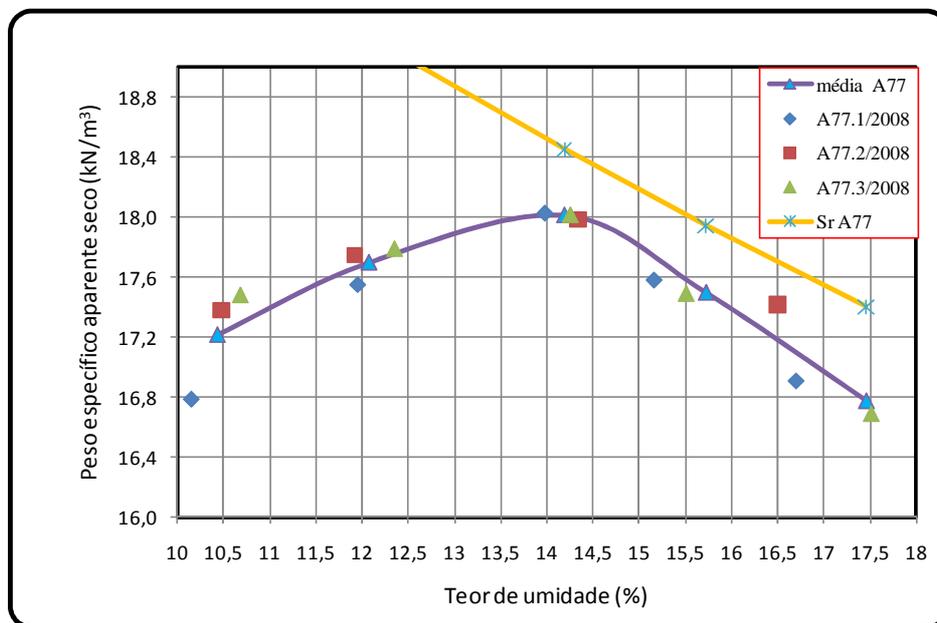


Figura 4. 35: Curvas de compactação da amostra da plataforma de seixos rolados

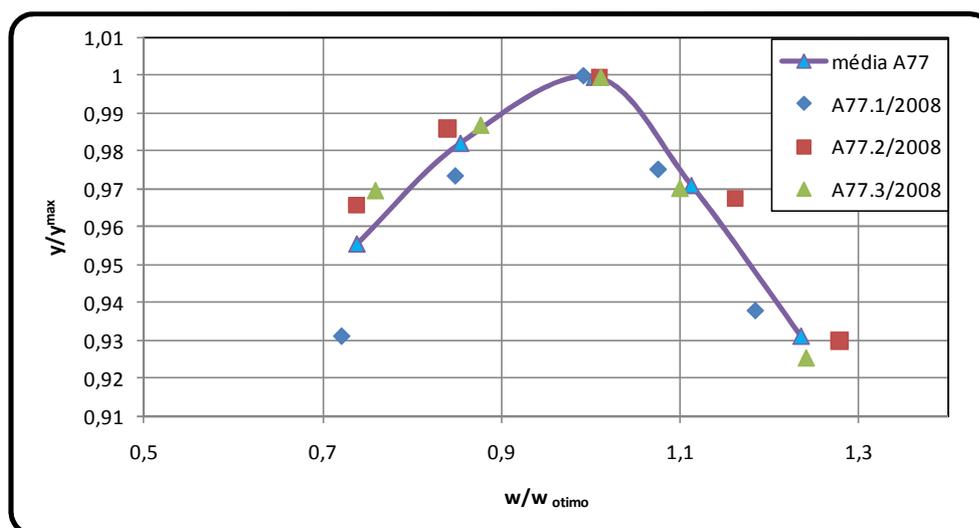


Figura 4. 36: Curvas normalizadas de compactação da plataforma de seixos rolados

A tangente do ângulo de inclinação da curva de compactação normalizada no ramo seco da amostra A77 é igual a 0,20 ($L=0,20$). Este comportamento indica que o solo não apresenta um comportamento laterítico, segundo a critério de Ignatius (1991). De acordo com os ensaios realizados pelo método de pastilhas, os solos deste grupo apresentaram comportamento laterítico (anexo C, amostras coletadas em 2009).

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR da amostra A77/2008 são apresentados na Tabela 4.16.

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo reconhecido é do tipo G10, A-6 (0) e CL (argila de baixa plasticidade).

O solo A77/2008 apresenta maior porcentagem da fração fina, apresentando também menor valor se CBR, com uma densidade relativa de solos (G_s) de 2,50, pois os solos são argilosos.

Tabela 4. 16: Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(KN/m3)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100	CBR(95%)	Exp95(%)	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A77.1/2008	Sc	0,37	28,0	11,0	18,0	14,1	2,50	10	1,1	6	1,5	3	2,2	G10	A-6(13)	CL
A77.2/2008	Sc	0,38	29,0	11,0	18,0	14,2	2,50	10	0,9	6	1,2	3	1,6	G10	A-6(13)	CL
A77.3/2008	Sc	0,36	28,0	11,0	18,0	14,1	2,50	10	0,9	5	1,4	4	1,8	G10	A-6(13)	CL

4.8.1.7 Cadeia Vulcânica dos Libombos

Na cadeia vulcânica dos Libombos encontram-se solos provenientes da alteração da rocha basáltica e riolítica. Os solos ocorrem nos planaltos baixos e altos em camadas variáveis sobre rochas alteradas.

De acordo com os resultados de ensaios de identificação e classificação, os solos apresentam uma composição predominante da fração fina, e são altamente plásticos. O pH do solo varia de 5,9 a 7,9, o solo é moderadamente ácido a alcalino. De acordo com a classificação da HRB, SUCS e MCT, o solo é do tipo, A-7, MH e LG'. Os resultados são apresentados no anexo C (amostras coletadas em 2009).

Os solos deste grupo possuem uma quantidade superior de finos, devido a processos de alteração *in situ* da rocha basáltica e riolítica, formando solos argilosos.

4.8.1.8 Coluviões

As curvas da distribuição granulométrica da amostra A37/2008 (Cc), solos de coluviões argilosos sobre seixos rolados acastanhados, são apresentadas na Figura 4.37. Observa-se a predominância da fração de areias, assim distribuída: 22 % de areia grossa, 28% de areia média, 30% de areia fina e a fração de finos é da ordem de 20 %. As curvas de compactação obtida nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4.38. As curvas normalizadas de compactação da amostra A37/2008 são apresentadas na Figura 4.39.

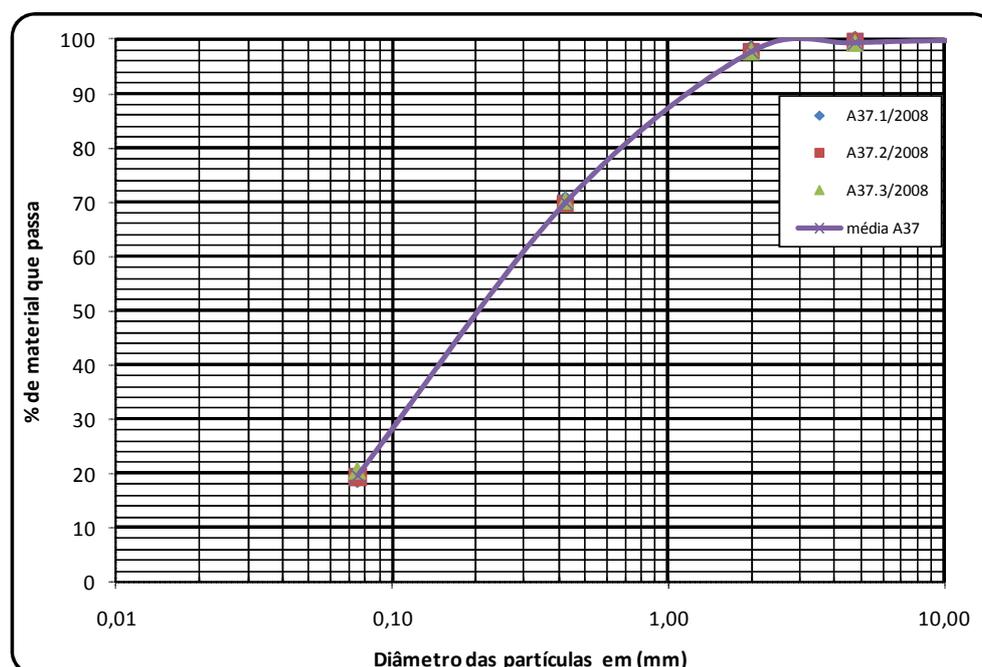


Figura 4. 37: Curvas da distribuição granulométrica das amostras de coluviões

Para esta unidade foi constatado que a tangente do ângulo de inclinação no ramo seco na curva normalizada de compactação é igual a 0,4 ($L=0,4$), indicando que o solo apresenta um comportamento laterítico, segundo a critério de Ignatius (1991). De acordo com os

ensaios realizados pelo método de pastilhas, os solos apresentaram comportamento laterítico (anexo B, amostradas coletadas em 2009).

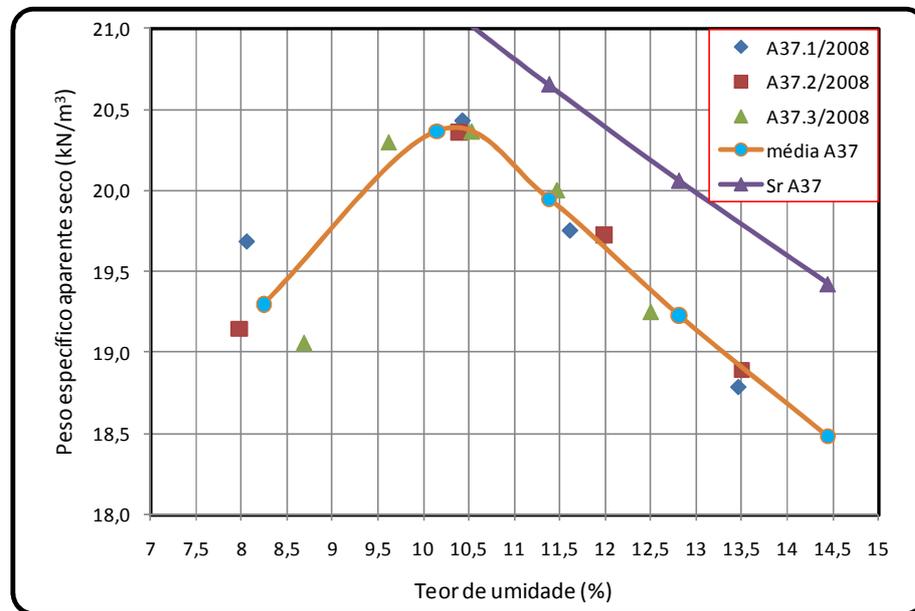


Figura 4. 38: Curvas de compactação da amostra de coluviões

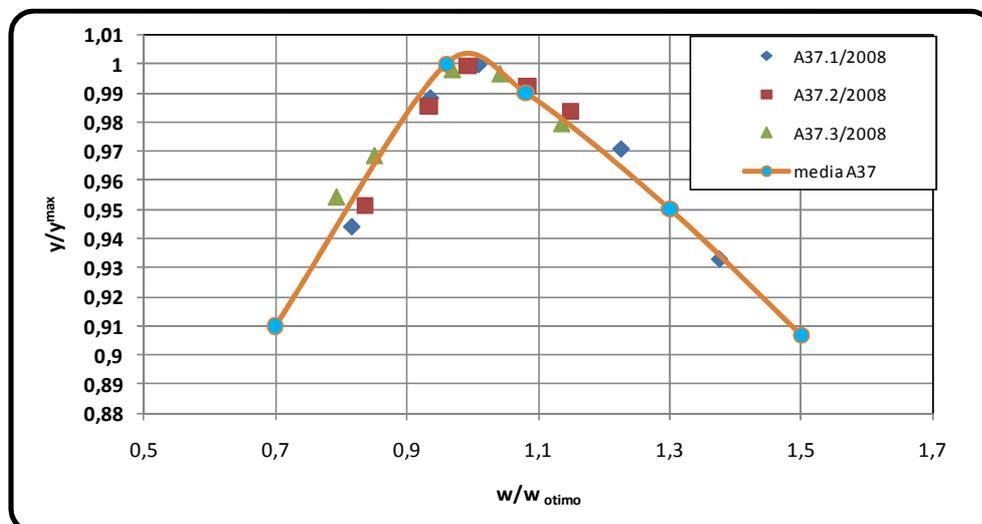


Figura 4. 39: Curvas normalizadas de compactação da amostra de coluviões

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A37/2008 são apresentados na Tabela 4.17.

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo amostrado é do tipo G6, A-2-4(0) e SC-SM (areia argilo-siltosa) para amostra A37 e do tipo A-2-4(0) e SC (areia argilosa).

Tabela 4. 17: Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(KN/m ³)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100	CBR(95%)	Exp100	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A37.1/2008	Cc	1,12	16,0	6,0	20,4	10,4	2,70	45	0,2	31	0,4	20	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM
A37.2/2008	Cc	1,12	16,0	6,0	20,4	10,6	2,70	46	0,2	36	0,5	25	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM
A37.3/2008	Cc	1,00	16,0	6,0	20,4	10,6	2,70	44	0	36	0,2	25	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM

4.8.1.9 Aluviões

Devido à diversidade dos materiais dos depósitos aluvionares, os resultados são apresentados de acordo o seu subagrupamento.

a) Solos de aluviões turfosos (Ft)

São solos turfosos de cor cinzento escuro, ocorrendo em vales. As curvas da distribuição granulométrica da amostra A76/2008 (Ft) são apresentadas na Figura 4.40. Observa-se maior predominância da fração de areia, assim distribuída: 41% de areia média, 48% de areia fina e a percentagem de finos é da ordem de 11%. As curvas de compactação obtida nos ensaios realizados são apresentadas na Figura 4.41 e as curvas normalizadas de compactação das amostras A76/2008 são apresentas na Figura 4.42.

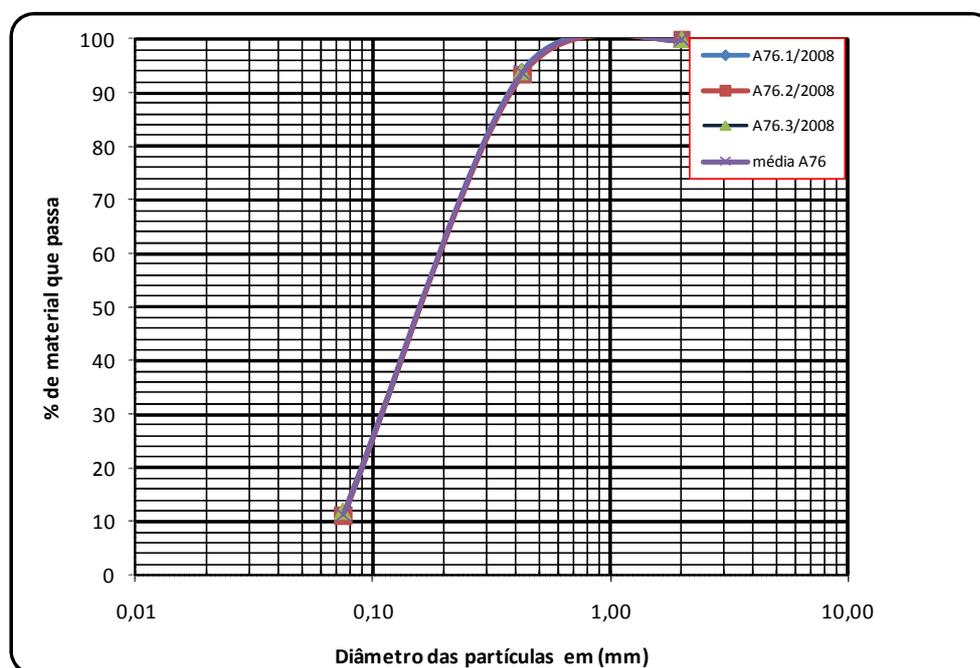


Figura 4. 40: Curvas da distribuição granulométrica das amostras de aluviões (turfa)

Observa-se que o valor da tangente do ângulo de inclinação no ramo seco da amostra A76/2008 é igual a 0,2 ($L=0,2$), indicando que o solo não apresenta comportamento laterítico, segundo a critério de Ignatius (1991). Confirmado o comportamento não laterítico pelo método de pastilhas (anexo C, amostras coletadas em 2009).

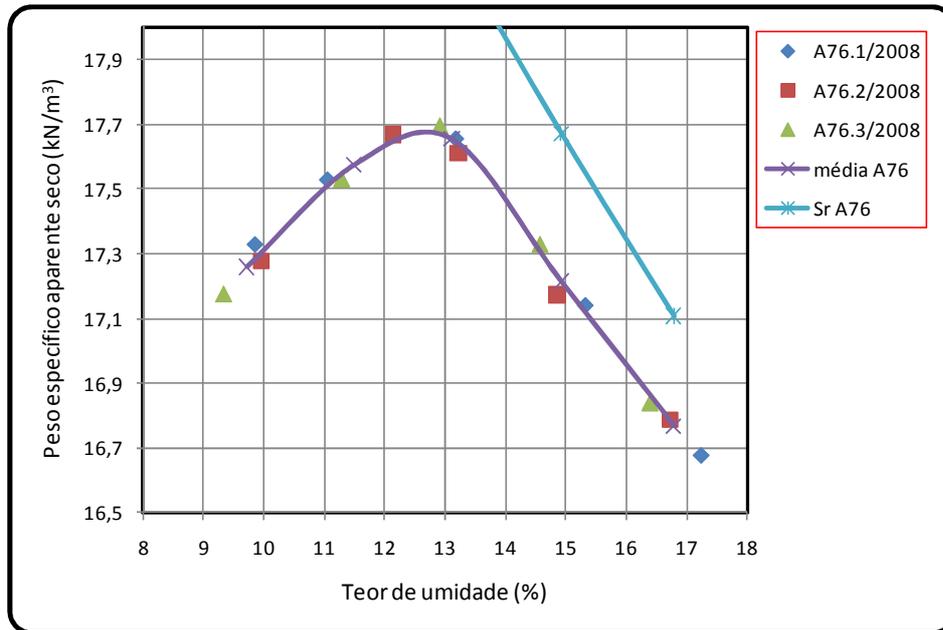


Figura 4. 41: Curvas de compactação da amostra de aluviões turfosa

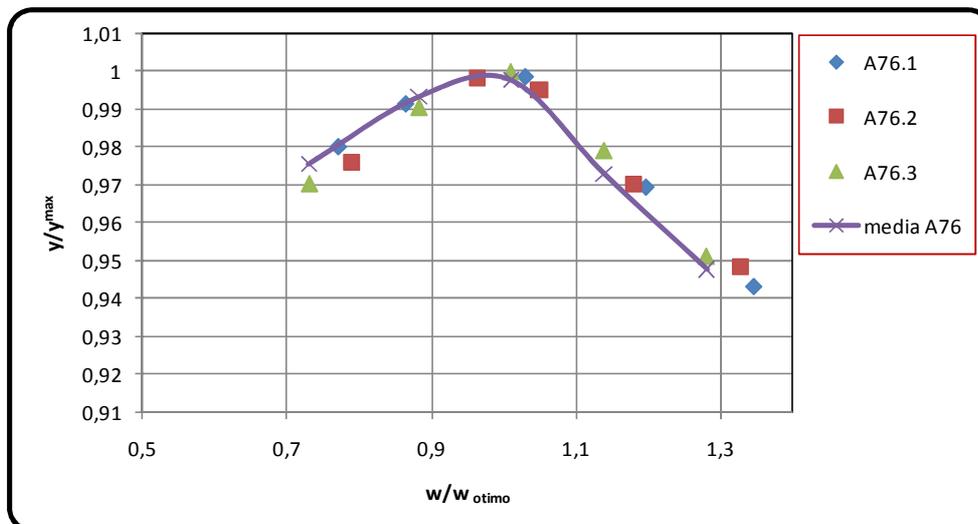


Figura 4. 42: Curvas normalizadas de compactação da amostra de aluviões (turfa)

Os ensaios de difração de raios-X revelaram a presença dos seguintes minerais: o quartzo, caulinita, illita. A microclina (feldspato) aparece como traço (anexo D).

Os resultados obtidos de limites de consistência, compactação e CBR das amostras A76/2008, são apresentados na Tabela 4.18.

De acordo com a classificação da DTRSA, HRB e SUCS, o solo é do tipo G7, A-2-4(0) e SP-SM (areia mal graduada com silte) para amostra A76/2008.

Tabela 4. 18: Resultados de ensaios de limites, compactação e CBR

Ref.Amost	Pedologia	MG	WL(%)	IP(%)	Ydmax(KN/m ³)	wót(%)	Gs	CBR(100%)	Exp100	CBR(95%)	Exp100	CBR(90%)	Exp90(%)	DTRSA	HRB	SUCS
A37.1/2008	Cc	1,12	16,0	6,0	20,4	10,4	2,70	45	0,2	31	0,4	20	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM
A37.2/2008	Cc	1,12	16,0	6,0	20,4	10,6	2,70	46	0,2	36	0,5	25	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM
A37.3/2008	Cc	1,00	16,0	6,0	20,4	10,6	2,70	44	0	36	0,2	25	0,6	G6	A-2-4(0)	SC-SM

b) Solos de aluviões estratificados de textura grossa (Fs)

Os resultados obtidos nos ensaios realizados em 45 amostras coletadas são apresentados em seguida.

As curvas da distribuição granulométrica são apresentadas na Figura 4.43. Observa-se maior predominância da percentagem das areias na ordem de 90 % e a percentagem de finos no máximo de 10%. O Cc em média é da ordem de 2,5 e Cu é da ordem de 1, areia de granulometria uniforme, mal graduada (Correia, 1980)

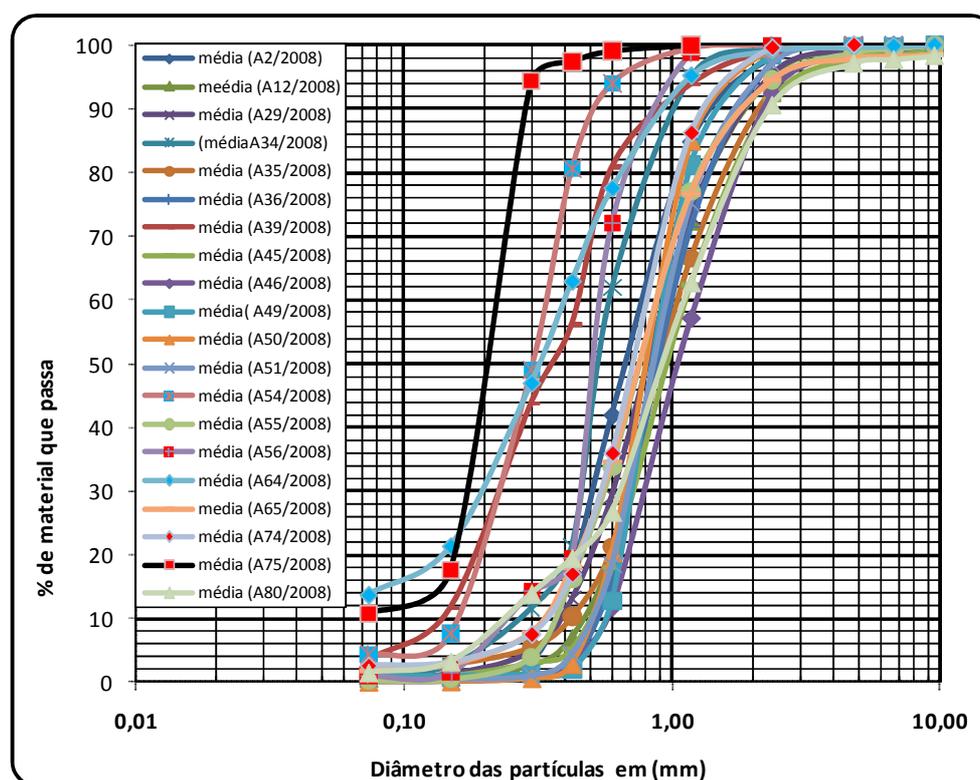


Figura 4. 43: Curvas da distribuição granulométrica da areia aluvionar

Os valores obtidos da massa específica aparente compacta (massa unitária) da areia variam de 1430 a 1670 kg/m³, com um valor médio de 1592 kg/m³.

Os valores obtidos da massa específica dos grãos variam de 2580 a 2760 kg/m³, com um valor médio de 2681 kg/m³. Segundo o Coutinho (1974), o agregado é classificado como normal.

O módulo de finura varia de 0,88 a 3,42. Pelo módulo de finura (MF) pode se classificar as areias destinadas ao concreto em: grossa ($MF > 3,9$) média ($3,9 < MF < 2,4$) e fina ($MF < 2,4$) (Frazão, 2002). As areias reconhecidas são finas a médias.

Observa-se que os valores obtidos do teor em partículas muito finas e materiais solúveis, variam de 0,3 a 2 %. De acordo com Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos (MOPTC, 1990), o valor recomendado para as areias naturais é $\leq 3,0\%$ e está dentro do limite recomendado. Segundo a DNER (1997g) recomenda limites máximos entre 3-5%. Limite de 3% para o concreto submetido a desgaste superficial e de 5% para os demais para os demais concretos. Os valores estão dentro dos limites recomendados.

As areias são do tipo SP (areia mal graduadas) para as amostras A2/2008, A12/2008, A29/2008, A34/2008, A35/2008, A36/2008, A39/2008, A45/2008, A46/2008, A49/2008, A50/2008, A51/2008, A54/2008, A55/2008, A56/2008, A65/2008, A74/2008 e A80/2008 e SP-SM (areia mal graduada com silte) para a amostra A75/2008; e SM (areia siltosa) para a amostra A64/2008 de acordo com o SUCS.

Os resultados obtidos nos ensaios de análise granulométrica, massa específica aparente seca (compactado) e massa específica dos grãos, são apresentados na Tabela 4.19.

Das amostras coletadas (areias aluvionares), algumas foram submetidas a ensaios químicos para determinação de teor de cloretos, teor de sulfatos e reatividade potencial pelo método químico. Os resultados são apresentados na Tabela 4.20.

Os valores obtidos de cloretos variam em torno de 0,02%, os sulfatos variam em torno de 0,05 a 0,1% e o agregado não é reativo aos álcalis de acordo a Figura 4.17. De acordo com Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos (MOPTC, 1990) os valores de cloretos e sulfatos estão dentro dos limites recomendados para a sua utilização em argamassas e concretos.

4.8.1.10 Distribuição Espacial de solos e Areias da Província de Maputo

A grande extensão dos solos da Província de Maputo é formada por solos tropicais arenosos finos a médios. A realização dos ensaios pelo método das pastilhas para a sua identificação é adequada, pois o método foi proposto inicialmente para solos arenosos finos tropicais.

De acordo a Figura 4.44, observa-se que os solos da plataforma de seixos rolados apresentam na sua composição mais de 50% da fração fina, pois são solos provenientes da alteração dos basaltos. Os solos de Pedimento de Mananga e Post-Mananga, apresentam na

sua composição uma fração de pedregulhos. Os solos das dunas costeiras, planície arenosa, colinas de grés e coluviões apresentam na sua composição granulométrica mais de 80% da fração de areia.

Tabela 4. 19: Resultados dos ensaios realizados para areias aluvionares

Ref.Amostra	pedologia	pedr(%)	areia G (%)	areia M (%)	areia F (%)	finos (%)	Coef_Cu	Coef_Cc	Modulo de finura	Massa específica dos grãos (kg/m ³)	Massa específica aparente(kg/m ³)	Porosidade (%)	Teor em partículas finas (%)	SUCS
A2.1/2008	Fs	4,0	49,0	45,0	1,5	0,5	2,40	0,8	2,74	2700	1590	41	0,49	SP
A2.2/2008	Fs	4,0	49,0	45,0	1,6	0,4	2,30	0,9	2,69	2700	1590	41	0,47	SP
A2.3/2008	Fs	4,0	49,0	45,0	1,6	0,4	2,20	0,8	2,72	2700	1590	41	0,47	SP
A12.1/2008	Fs	8,0	71,4	18,0	2,0	0,6	2,10	1,0	3,12	2670	1620	39	0,69	SP
A12.2/2008	Fs	8,0	71,4	18,0	2,0	0,6	2,20	1,0	3,06	2670	1620	39	0,69	SP
A12.3/2008	Fs	8,0	71,4	18,0	1,9	0,7	2,20	1,1	3,12	2660	1620	39	0,67	SP
A29.1/2008	Fs	8,0	62,0	28,0	1,3	0,7	2,60	1,0	2,95	2640	1650	38	1,85	SP
A29.2/2008	Fs	8,0	62,0	28,0	1,1	0,9	2,60	0,9	2,99	2640	1660	37	1,84	SP
A29.3/2008	Fs	8,0	62,0	28,0	1,3	0,7	2,60	0,9	2,97	2640	1660	37	1,85	SP
A34.1/2008	Fs	0,6	39,0	55,0	4,0	1,4	2,10	1,4	2,23	2760	1560	44	1,73	SP
A34.2/2008	Fs	0,6	39,0	55,0	4,0	1,4	2,10	1,4	2,3	2760	1560	44	1,70	SP
A34.3/2008	Fs	0,5	39,0	55,0	4,1	1,4	2,10	1,2	2,29	2760	1560	44	1,70	SP
A35.1/2008	Fs	10,0	60,0	25,0	2,9	2,1	2,90	1,0	3,17	2710	1670	38	1,68	SP
A35.2/2008	Fs	10,0	60,0	25,0	2,8	2,2	2,80	1,1	3,11	2710	1660	39	1,64	SP
A35.3/2008	Fs	10,0	60,0	25,0	2,8	2,2	2,80	1,1	3,09	2710	1660	39	1,66	SP
A36.1/2008	Fs	8,0	72,0	18,0	1,8	0,2	2,20	0,9	3,16	2760	1590	42	1,90	SP
A36.2/2008	Fs	8,0	72,0	17,0	2,7	0,3	2,20	0,9	3,13	2760	1590	42	1,92	SP
A36.3/2008	Fs	8,0	72,0	18,0	1,7	0,3	2,00	1,0	3,14	2760	1590	42	1,89	SP
A45.1/2008	Fs	12,0	68,0	16,0	3,3	0,7	2,20	0,9	3,22	2710	1630	40	0,55	SP
A45.2/2008	Fs	12,0	68,0	16,0	3,1	0,9	3,00	1,2	2,89	2710	1630	40	0,55	SP
A45.3/2008	Fs	12,0	68,0	16,0	3,2	0,8	3,00	1,1	3,31	2710	1630	40	0,55	SP
A46.1/2008	Fs	14,0	75,7	8,0	2,0	0,3	2,20	0,7	3,4	2760	1600	42	0,29	SP
A46.2/2008	Fs	14,0	75,7	8,0	2,0	0,3	2,40	0,8	3,42	2760	1600	42	0,28	SP
A46.3/2008	Fs	14,0	75,7	8,0	2,0	0,3	2,50	0,9	3,34	2760	1600	42	0,29	SP
A49.1/2008	Fs	5,0	85,0	7,0	2,0	1,0	1,70	1,0	3,07	2690	1560	42	0,56	SP
A49.2/2008	Fs	5,0	85,0	6,0	2,0	2,0	1,70	0,9	3,05	2690	1560	42	0,54	SP
A49.3/2008	Fs	5,0	85,0	7,0	2,0	1,0	1,70	0,9	3,04	2690	1560	42	0,54	SP
A51.1/2008	Fs	5,0	75,0	18,0	1,4	0,6	2,00	1,0	3,08	2690	1610	40	0,29	SP
A51.2/2008	Fs	5,0	75,0	18,0	1,6	0,4	2,00	1,0	3,1	2690	1610	40	0,29	SP
A51.3/2008	Fs	5,0	75,0	18,0	1,5	0,5	2,00	1,0	3,07	2690	1610	40	0,27	SP
A55.1/2008	Fs	8,0	57,0	32,0	2,6	0,4	2,50	1,0	2,68	2690	1630	39	0,37	SP
A55.2/2008	Fs	8,0	57,0	32,0	2,7	0,3	2,60	1,0	2,92	2690	1620	40	0,38	SP
A55.3/2008	Fs	8,0	57,0	32,0	2,7	0,3	2,30	0,9	2,91	2690	1630	39	0,37	SP
A65.1/2008	Fs	10,0	55,0	30,0	3,2	1,8	2,90	1,1	2,83	2710	1600	41	2,07	SP
A65.2/2008	Fs	10,0	55,0	30,0	3,1	1,9	2,80	1,2	2,82	2710	1600	41	2,11	SP
A65.3/2008	Fs	10,0	55,0	30,0	3,0	2,0	2,80	1,2	2,92	2710	1600	41	2,11	SP
A80.1/2008	Fs	12,0	58,0	23,0	5,5	1,5	4,80	1,6	3,02	2670	1650	38	1,60	SP
A80.2/2008	Fs	12,0	58,0	23,0	5,4	1,6	4,80	1,7	3,05	2680	1650	38	1,61	SP
A80.3/2008	Fs	10,9	59,0	23,7	5,0	1,4	4,40	1,5	3,10	2670	1650	38	1,61	SP
A50.1/2008	tFs	4,0	76,0	18,0	1,9	0,1	1,80	1,0	2,97	2710	1560	42	0,28	SP
A50.2/2008	tFs	4,0	76,0	18,0	1,9	0,1	1,80	1,0	2,91	2710	1560	42	0,32	SP
A50.3/2008	tFs	4,0	76,0	18,0	2,0	0,0	1,80	1,0	2,95	2710	1560	42	0,30	SP
A56.1/2008	tFs	0,0	25,0	70,0	3,7	1,3	2,20	1,5	2,11	2690	1530	43	1,13	SP
A56.2/2008	tFs	0,0	25,0	70,0	3,8	1,2	2,20	1,7	2,13	2690	1530	43	1,14	SP
A56.3/2008	tFs	0,1	25,0	70,0	4,0	0,9	2,40	1,6	2,15	2690	1530	43	1,13	SP

Os valores de pH determinado da classe Fs é igual a 6,5 classificado como praticamente neutro (Anexo C, amostras coletadas em 2009).

Embora haja uma dispersão, observa-se uma tendência de aumento do valor do CBR, com o aumento da fração de areia, isto é, a medida que a percentagem de areia aumenta, aumenta o valor de CBR, como se constata na Figura 4.45. Com a exceção dos solos de

aluviões que não seguem esta mesma tendência e apresentam um valor baixo de CBR apesar de um valor alto da fração de areia. Isto é explicado pela presença de solos turfosos (Ft).

Tabela 4. 20: Resultados dos ensaios químicos realizados para a subunidade Fs

Ref.Amostra	pedologia	Teor em		Concentração em sílica	Redução da alcalinidade	Conclusões
		Cloretos (%)	Sulfatos (%)	(milimoles/l)	(milimoles/l)	
A2/2008	Fs	0,01	0,06	4	10	não reactivo*
A12/2008	Fs	0,02	0,07	14	5	não reactivo*
A29/2008	Fs	0,01	0,07	15	10	não reactivo*
A34/2008	Fs	0,01	0,05	17	20	não reactivo*
A35/2008	Fs	0,00	0,06	14	6	não reactivo*
A36/2008	Fs	0,00	0,09	11	145	não reactivo*
A45/2008	Fs	0,02	0,08	28	0	não reactivo*
A46/2008	Fs	0,01	0,09	66	100	não reactivo*
A49/2008	Fs	0,00	0,10	11	150	não reactivo*
A51/2008	Fs	0,01	0,06	18	0	não reactivo*
A55/2008	Fs	0,01	0,09	48	40	não reactivo*
A65/2008	Fs	0,02	0,09	19	50	não reactivo*
A80/2008	Fs	0,02	0,05	28	35	não reactivo*
A50/2008	Fs	0,02	0,05	17	5	não reactivo*
A56/2008	Fs	0,00	0,08	19	0	não reactivo*

Nota: * observar a Figura 4.17

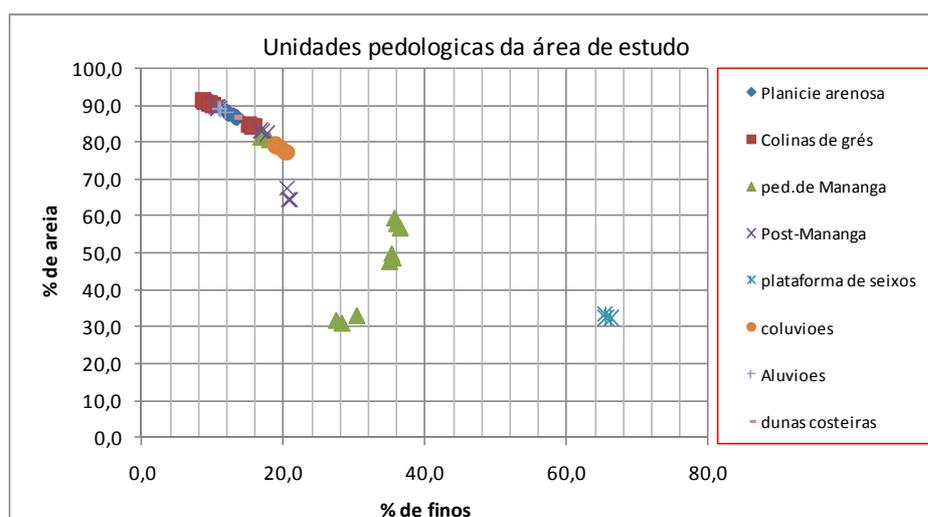


Figura 4. 44: Relação da fração de areia versus finos de unidades de solos

Observa-se que os solos de Pedimentos de Mananga, plataforma de seixos rolados, Post-Mananga e coluviões são pouco expansivos, como ilustra a Figura 4.46. Essa pouca expansibilidade destes solos está relacionada, provavelmente, às características mineralógicas. Os difratogramas revelam traços de vermiculita e ilita. A vermiculita apesar de ser expansiva apresenta-se em baixa quantidade, pois o solo é arenoso e a ilita é o mineral de

características estruturais próximas da montmorilonita, porém de muito pouca expansibilidade e pelo difratograma apresenta-se em quantidade de traço.

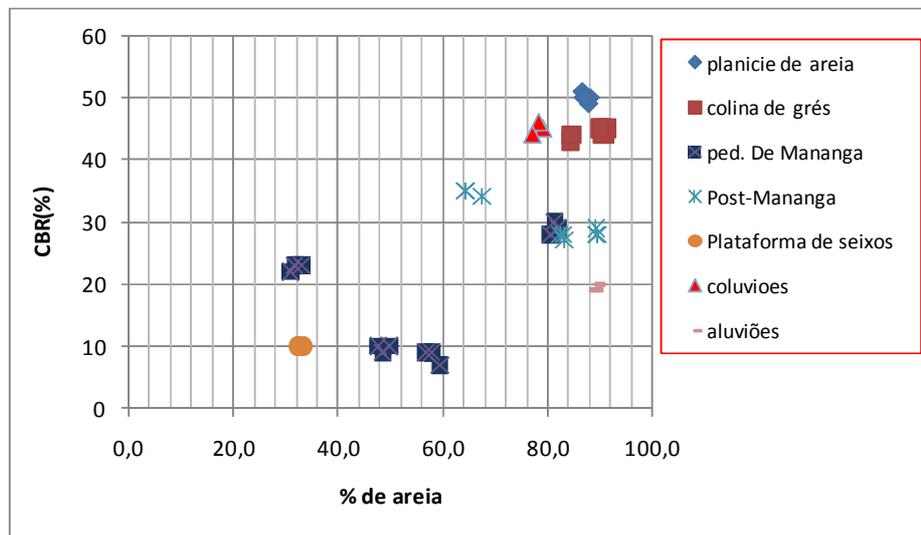


Figura 4. 45: Diagrama de dispersão de valores de CBR versus areia de unidades de solos

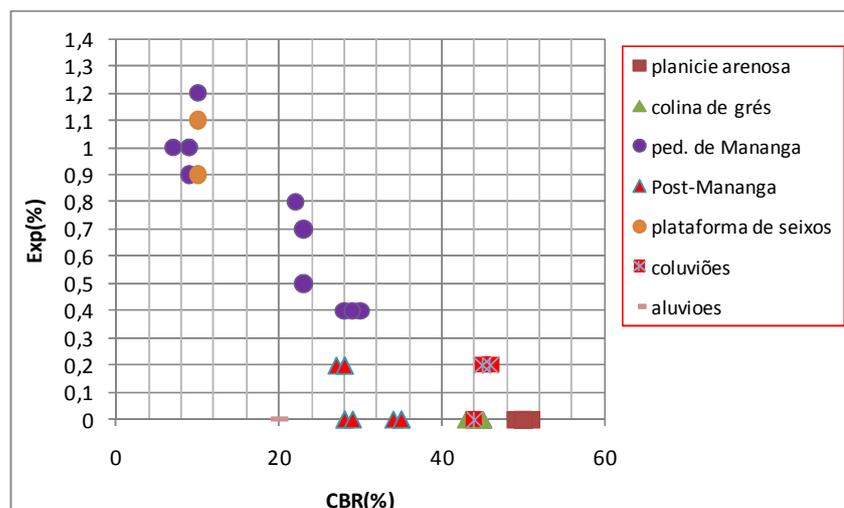


Figura 4. 46: Diagrama de dispersão de exp versus CBR(%) de unidades de solos

Na Figura 4.47, constata-se que solos aluvionares, têm na sua composição granulométrica uma fração de finos menor e uma densidade relativa dos grãos na ordem de 2,45, isto devido à presença da turfa. O solo de coluviões sobre seixos rolados apresentam na sua composição granulométrica uma fração de finos maior e uma densidade dos grãos 2,50. Os solos de coluviões são derivados da alteração da rocha basáltica e riolítica, formando solos argilosos. Os valores da densidade real dos grãos são diretamente dependentes dos constituintes mineralógicos, dadas pelas densidades dos minerais inorgânicos presentes,

diminuindo sua massa para solos com elevado teor de matéria orgânica e crescendo para solos com elevado teor de óxido de ferro.

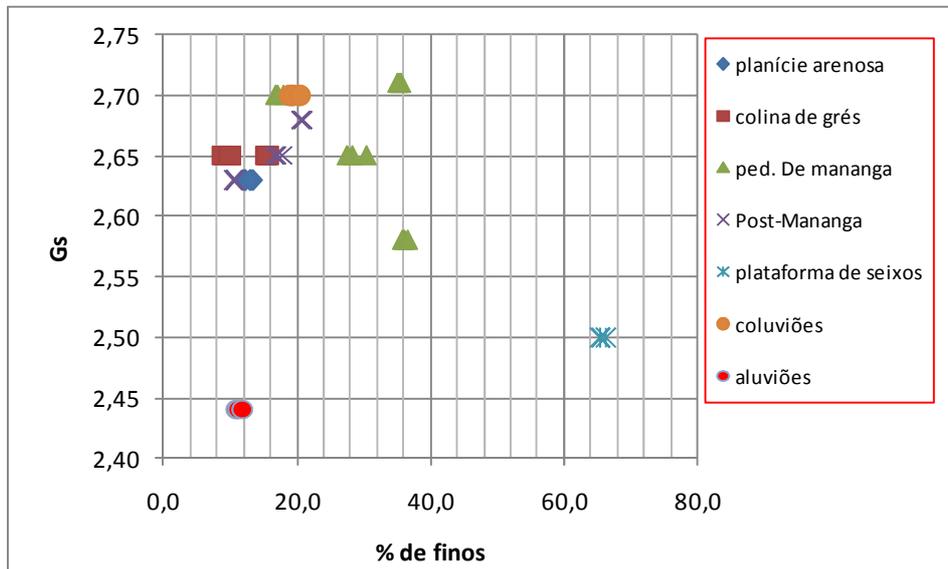


Figura 4. 47: Diagrama entre Gs versus % de finos de unidades de solos

Observa-se na Figura 4.48, que os solos da planície arenosa e colina de grés apresentam um teor ótimo na ordem de 8 a 10% e um CBR na ordem de 45 a 50%. Enquanto que os restantes solos da área de estudo, os solos para atingir o teor ótimo absorvem mais água e com um CBR baixo, pois são materiais que contém na sua composição granulométrica maior quantidade de areia fina.

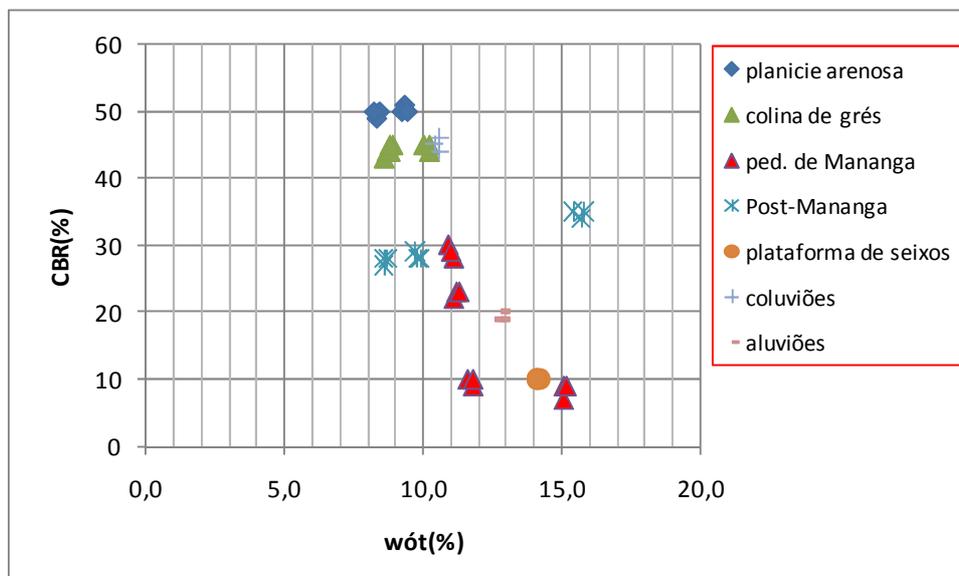


Figura 4. 48: Diagrama de CBR(%) versus wót(%) de unidades de solos

Algumas amostras dos solos apresentam uma percentagem de finos elevados (68%), o que de certa forma pode limitar a sua aplicação como material em pavimentos, porém a sua utilização em aterros, pode ser feita de acordo as exigências de cada projeto.

Os ensaios de compactação realizados nesta pesquisa não podem ser diretamente aplicados ao critério de Ignatius (1991), em função da energia específica aplicada na compactação. O critério é aplicado para a energia específica do Proctor normal, enquanto na pesquisa a energia específica aplicada é maior (Proctor modificado). Desta forma uma comparação direta entre os resultados realizados pelo método das pastilhas e o critério de Ignatius (1991) não podem dar a mesma indicação sobre o comportamento laterítico ou não.

Em algumas amostras não foi possível calcular os coeficientes de curvatura (Cc) e uniformidade (Cu) para a caracterização dos solos, por que só foi realizado o ensaio de análise granulométrica por peneiramento, sendo a fração de finos superior a 10%. Não foi realizado o ensaio de sedimentação, porque os materiais são destinados para pavimentação, sendo os materiais rejeitados quando apresentar índice de finos elevados (ensaio de equivalente de areia).

Para as areias dos depósitos aluvionares, em algumas amostras, se obteve valores elevados do teor em partículas muito finas e materiais solúveis, dado que essas areias não são lavadas e nem peneiradas nas áreas de empréstimo, este material pode apresentar problemas na fabricação de concreto.

Com a carta de solos coadjuvados com os ensaios laboratoriais realizados da área de estudo, com o auxílio da programação Legal do Spring (anexo E), foi realizada uma reclassificação de solos de acordo com a textura de solos em três grupos principais que são: textura arenosa ocupando uma área de 7769,2 km² corresponde a 47%; textura areno argilosa ocupando uma área de 4512,8 km² corresponde a 27,5%; e textura argilosa ocupando uma área de 4155,9 km² corresponde a 25% da área de estudo (Figura 4.49).

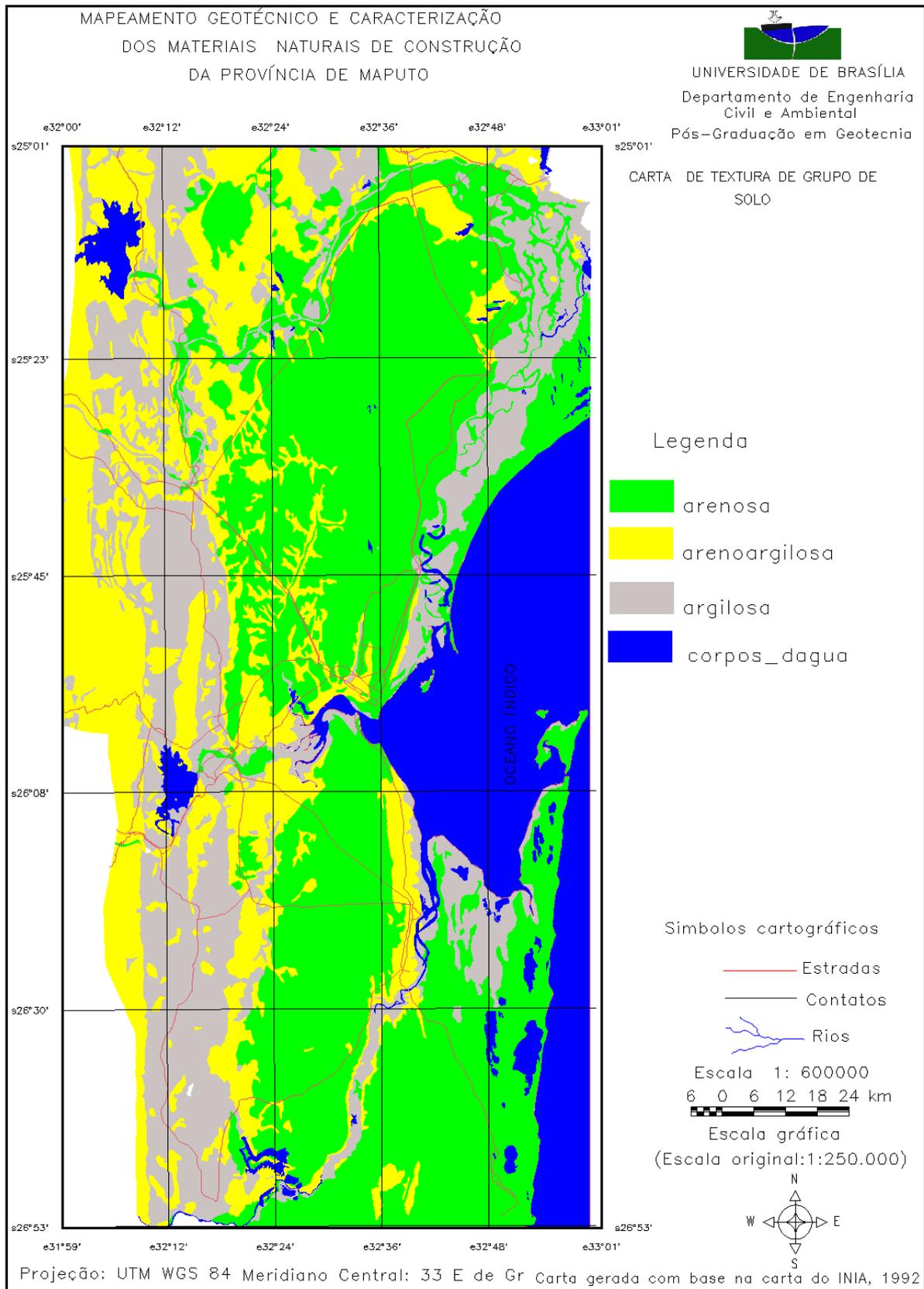


Figura 4. 49: Textura dos solos da Província de Maputo

4.8.2 Aplicação da Análise Em Componentes Principais de Dados de Solos e Areias

Análise em Componentes Principais (ACP) foi implantada neste banco de dados com objetivo de analisar as interrelações existentes entre os parâmetros de caracterização dos materiais naturais.

Para realizar a ACP foi utilizado o software SLSTAT-Pro 7.5 na sua versão livre, módulo de ACP onde os parâmetros originais foram transformados em novas variáveis chamadas componentes principais. As análises são apresentadas separadamente de acordo o agrupamento dos materiais, solos e areias, isto é, o material usado para aterros e agregado usado para argamassas e concreto.

Através de cargas de fatores e gráficos de materiais de cada grupo (solos e areias), foi possível a visualização e a interpretação dos dados. Essas relações que, geralmente não são perceptíveis nos dados em bruto tornaram-se evidentes, por via da redução da dimensionalidade do espaço, possibilitando o estabelecimento de oposições e proximidades existentes entre os parâmetros obtidos nos ensaios realizados.

4.8.2.1 Resultados dos Ensaios Realizados em Solos

Para essa análise, foram considerados 13 parâmetros definidos como ped (pedregulhos) Areia G (areia grossa), Areia M (areia média), Areia F (areia fina); F(silte-argila), MG (módulo granulométrico), WL (limite de liquidez), IP (Índice de plasticidade), PEAPsmáx (peso específico aparente seco máximo), wót (umidade ótima), Gs (densidade real dos grãos), CBR (índice de suporte californiano - *California Bearing Ratio*) e Exp (Expansão). Foram extraídas 3 componentes principais que de forma acumulada, explicam 85% da variabilidade total.

Na Tabela 4.21 são apresentadas as correlações entre parâmetros originais e componentes principais em cada um dos eixos fatoriais retidos. Na Tabela 4.22 apresenta-se o resumo dos principais componentes (porcentagem de variância explicada por cada um dos eixos fatoriais), onde se pode observar que os 3 primeiros componentes principais são suficientes para explicar 85%. Finalmente, nas Figuras 4.50 e 4.51 encontram-se as projeções dos parâmetros nos planos fatoriais respectivos.

Tabela 4. 21: Correlações entre variáveis originais e componentes principais (solos)

Parâmetros	Comp.	Comp.	Comp.
	1	2	3
Ped	0,175	0,883	0,269
Areia G	-0,692	-0,030	0,497
Areia M	-0,763	-0,462	0,354
Areia F	-0,430	-0,533	-0,451
F	0,876	-0,288	-0,035
MG	-0,571	0,681	0,228
WL	0,891	0,366	0,099
IP	0,863	0,359	0,104
PEAPsmáx	-0,544	0,450	-0,694
wót	0,411	-0,406	0,702
Gs	-0,629	0,541	0,133
CBR	-0,926	0,083	0,046
Exp	0,927	0,083	-0,199

Tabela 4. 22: Resumo dos componentes principais (solos)

Componente número	Autovalor	% da variância	% acumulada
1	6,5	49,9	49,9
2	2,8	21,3	71,1
3	1,8	13,5	84,6

A discussão desta análise sobre os parâmetros obtidos nos ensaios realizados sobre os solos resumam-se do seguinte:

1. Os planos fatoriais 1 e 2 explica 71% da variância e neste plano, o fator 1 é essencialmente explicado pelos parâmetros: Exp (0,927), WL (0,891), F (0,876), IP (0,863), CBR (-0,926), Areia M (-0,763), Areia G (-0,692) e Gs (-0,629).
2. O plano fatorial 1 e 3 explica 63% da variância: os parâmetros wót (0,702) e PEAPmáx (-0,694) são essencialmente explicados pelo fator 3 por ser com o qual os parâmetros (wót e PEAPmáx) estão mais ligado. Neste plano todos os outros parâmetros (Exp, WL, F, IP, CBR, Areia G, Areia M, MG, ped e MG) têm uma contribuição baixa para os eixos.
3. Os dois planos fatoriais anteriores mostram que uma proporção de 85% da variação total contida nos dados é explicada em termos de um modelo tridimensional.

4. Os restantes fatores não são, portanto, interpretáveis com seguras bases matemáticas, ficando uma fração de 15% da variação total do sistema atribuível a outras componentes provavelmente aleatórias.

- **Interpretação do modelo**

Cerca de 50%, metade de variação, está relacionada com o primeiro fator (componente 1). Partindo desta análise, este fator apresenta grande relação com a mineralogia.

O fator 2 absorve 21% da variabilidade do sistema; este fator é essencialmente explicado pelos parâmetros ped (pedregulhos) e MG (modulo granulométrico), relacionados com as características físicas de partículas.

O fator 3 absorve 14% da proporção da variabilidade total, está bem correlacionado com a wót (umidade ótima) e PEAmáx (o peso específico aparente seco máximo).

Na projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 2 na Figura 4.50, observa-se os parâmetros mais significativos para os 50% da variabilidade explicada pelo primeiro eixo e são W_L , IP, Exp e F, os quais são correlacionados entre si como indica a sua proximidade dentro do círculo unitário. Da mesma forma Areia M, Areia G e CBR têm correlação negativa com a primeira componente principal. Devido à posição praticamente simétrica destes parâmetros no diagrama de ordenação unitária, pode se afirmar que as mesmas são inversamente correlacionadas. Os demais parâmetros (ped, MG, wót, Gs e PEAPmáx) possuem pequena contribuição na variabilidade dos dados desta primeira componente (P1). De acordo com a posição no círculo unitário entre o CBR e ped (pedregulhos), observa-se que não tem nenhuma influência, isto devido a pequena fração de pedregulhos no solo de toda área de estudo.

O CBR é diretamente influenciado pelas frações de Areia G (areia grossa) e Areia M (areia média) e inversamente proporcional pela F(silte-argila), Exp (expansão), W_L e IP(limites de consistência).

Devido a posição no círculo unitário, observa se que o PEAPsmáx (peso específico aparente seco máximo) é inversamente proporcional com a wót (umidade ótima).

As contribuições dos parâmetros na segunda componente (F2), com uma variância acumulada de 21%, podem ser visualizadas nas projeções destes parâmetros para a linha vertical do círculo unitário (Figura 4.50). Os parâmetros mais significativos são ped (pedregulhos) e MG (módulo granulométrico).

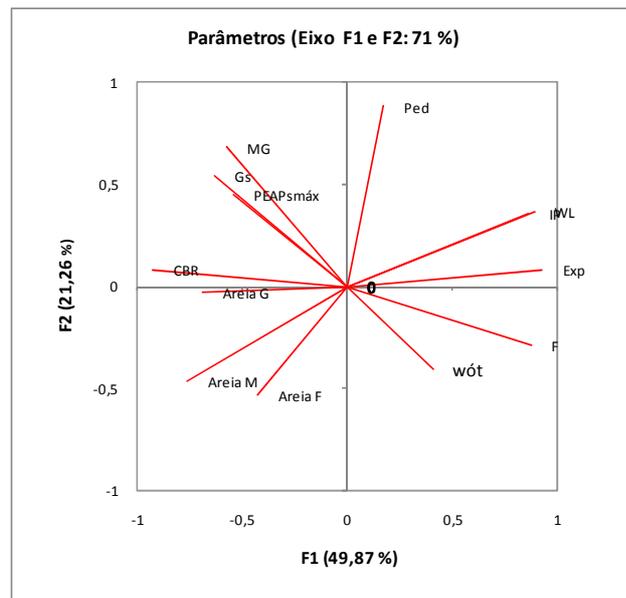


Figura 4. 50: Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 2

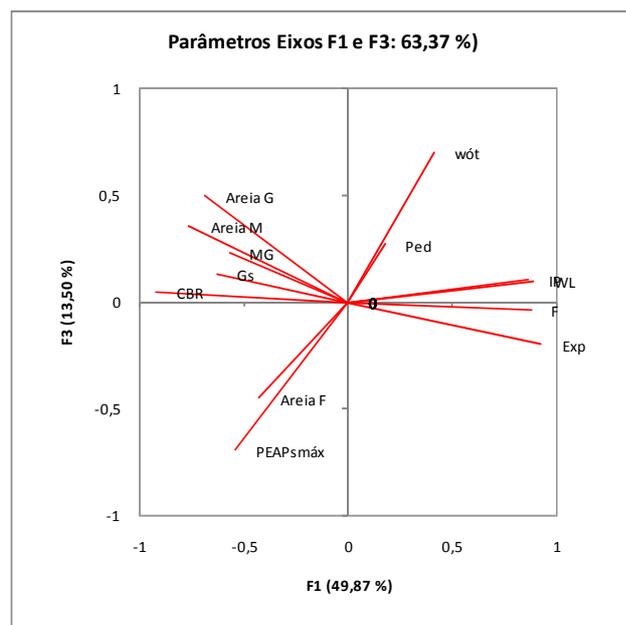


Figura 4. 51: Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 3

As contribuições do parâmetro na terceira componente (F3), com uma variância acumulada de 14%, podem ser visualizada na projeção deste parâmetro para a linha vertical do círculo unitário na Figura 4.51. Os parâmetros mais significativos são a wót (umidade ótima) e PEAPsmáx (peso específico aparente seco máximo) e são inversamente correlacionados.

4.8.2.2 Resultados dos Ensaio Realizados Sobre Areias

Para essa análise, foram considerados 9 parâmetros definidos como ped (pedregulhos), Areia G (areia grossa), Areia M (areia média), Areia F (areia fina), F(finos), MF(módulo de finura), MEG (massa específica dos grãos), MEAP (massa específica aparente seca) e n (porosidade). Foram extraídas 3 componentes principais que, de forma acumulada, explicam 87% da variabilidade total do sistema.

Na Tabela 4.23 são apresentadas as correlações entre parâmetros originais e componentes principais em cada um dos eixos fatoriais retidos. Na Tabela 4.24 apresenta-se o resumo dos principais componentes (porcentagem de variância explicada por cada um dos componentes), onde se pode observar que os 3 primeiros componentes principais são suficientes para explicar 87%. As Figuras 4.52 e 4.53 encontram-se as projeções dos parâmetros nos planos fatoriais respectivos.

Tabela 4. 23: Correlações entre variáveis originais e componentes principais (areias)

Parâmetros	Comp.	Comp.	Comp.
	1	2	3
ped	0,800	0,210	0,432
areia G	0,820	-0,468	0,018
areia M	-0,897	0,313	-0,171
areia F	-0,405	0,552	0,568
F	-0,183	0,652	0,440
MF	0,952	-0,176	0,179
MEG	-0,234	-0,561	0,706
MEAP	0,723	0,600	0,003
n	-0,678	-0,650	0,312

Tabela 4. 24: Resumo dos componentes principais (areias)

Componente número	Autovalor	% da variância	% acumula
1	4,3	47,3	47,3
2	2,2	24,6	71,9
3	1,4	15,1	87,1

A discussão desta análise sobre os parâmetros obtidos nos ensaios realizados sobre as areias sumariza-se do seguinte:

1. O plano fatorial 1, 2 explica 72% da variância total. Neste plano a componente 1 (P1) é essencialmente explicado pelos parâmetros: MF (0,952), areia G (0,820), ped

(0,800), MEAP (0,723), areia M (-0,897), n (-0,678) e a componente 2 pelo parâmetro F (0,652).

- 2 O plano fatorial 1 e 3 explica 62% da variância: ao parâmetro MEG associa-se a carga 0,706 para o fator 3 por ser com o qual está mais ligado. Neste plano todos os outros parâmetros têm uma contribuição baixa para os eixos.
- 3 Os dois planos fatoriais anteriores mostram que uma proporção de 87% da variação total contida nos dados é explicada em termos de um modelo tridimensional.
- 4 Os restantes componentes não são interpretáveis com seguras bases matemáticas, ficando uma fração de 13 % da variação do sistema atribuível a componentes provavelmente aleatórias.

- **Interpretação do modelo**

Em 47 % da variação, está relacionada com o primeiro componente (P1). Desta análise, este componente apresenta grande relação com as características físicas.

A segunda componente (P2) absorve 25% da variabilidade do sistema. Este componente é essencialmente explicado pelo parâmetro F (finos).

A terceira componente (P3) absorve 15% da proporção da variabilidade total, está correlacionada com a MEG (massa específica dos grãos).

Na projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 2 (Figura 4.52), constata-se os parâmetros mais significativos para os 47% da variabilidade explicada pelo primeiro componente (P1) e são areia G, MF e ped e MEAP, os quais são correlacionados positivamente entre si, devido a sua proximidade entre si dentro do círculo. Da mesma forma Areia M e n têm correlação negativa com a primeira componente principal. De acordo com a sua posição simétrica dos parâmetros no diagrama, pode se afirmar que os parâmetros n e Areia M são inversamente correlacionados com os parâmetros areia G, MF, ped e MEAP.

A partir do diagrama, pode se observar MF (módulo de finura), é inversamente proporcional com areia M, devido a sua posição simétrica no círculo unitário (Figura 5.52).

As contribuições das variáveis na segunda componente principal (P2), com uma variância acumulada de 25%, pode ser visualizada na projeção destes parâmetros na linha vertical do círculo (Figura 4.52). O parâmetro mais significativo é F (finos). Os finos têm a correlação positiva com o segundo componente (P2), devido a sua posição no diagrama.

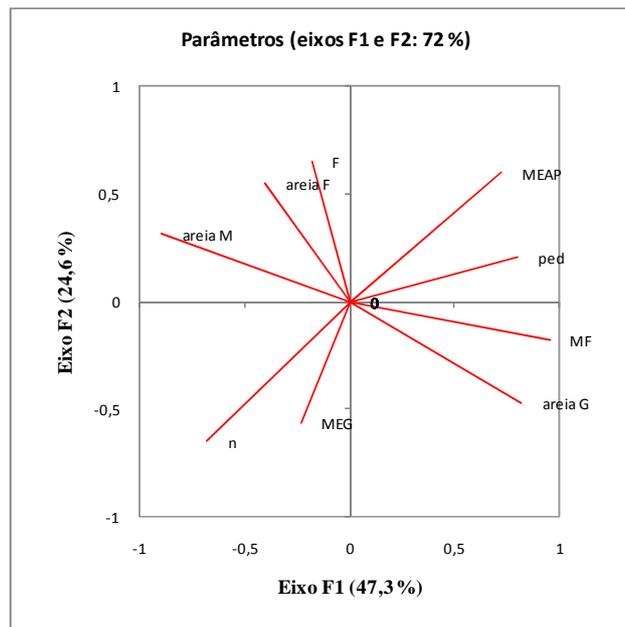


Figura 4. 52: Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 2

As contribuições dos parâmetros na terceira componente (F3), com uma variância acumulada de 15%, podem ser visualizada na projeção destes parâmetros para a linha vertical do círculo unitário na Figura 5.53. O parâmetro mais significativo é MEG.

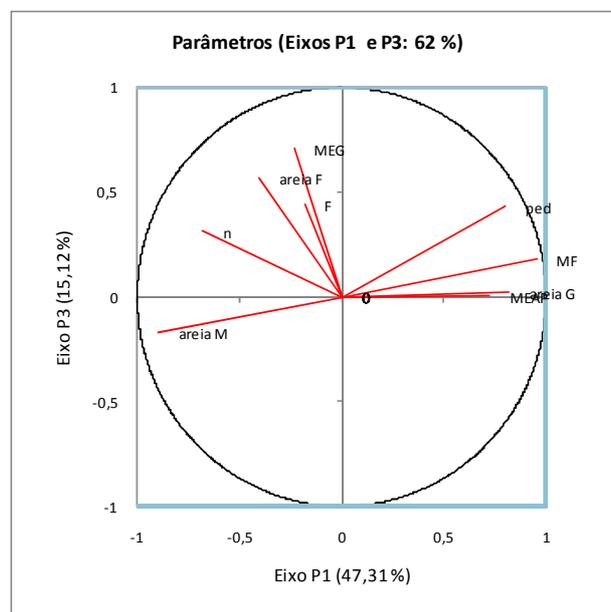


Figura 4. 53: Projeção dos parâmetros no plano fatorial 1 e 3

A aplicação da estatística multivariada utilizando parâmetros físicos e mecânicos obtidos de ensaios laboratoriais demonstram sua viabilidade para caracterização dos materiais

estudados. Análise das inter-relações existentes entre os parâmetros obtidos foi possível pela utilização da técnica da análise em componentes principais. Esse processo deu origem aos fatores que foram empregados na análise das relações entre os parâmetros.

4.8.3 Rocha Britada da Cadeia Vulcânica dos Libombos

O complexo vulcânico, conhecido como complexo das rochas vulcânicas dos Libombos, é caracterizado por: basaltos, série vulcânica dos riolitos, veios de diábases, traquitos e rochas alcalinas efusivas. Dentro do complexo vulcânico dos Libombos existem duas séries dos riolitos separados: os riolitos dos Grandes Libombos a Oeste e riolitos dos Pequenos Libombos a Este (DNG, 2005).

Na Província de Maputo, a rocha mais abundante e das mais usadas nas obras de engenharia é o riolito, que pertence à formação da cadeia dos Libombos, que no território moçambicano se estende desde a margem esquerda do Rio Maputo, até Pafuri, onde o Rio Limpopo atravessa a fronteira. A orientação estrutural, dominante, é Norte-Sul.

O conhecimento das características tecnológicas das rochas que afloram neste complexo, do ponto de vista de aplicação em obras de engenharia, é de grande importância, pois por mais resistente e compacta que seja uma rocha, com o tempo, devido aos processos de alteração a rocha acabará por degradar-se, perdendo suas características iniciais. A avaliação da resistência aos processos de alteração é também de interesse para as obras de engenharia e, de modo geral a resistência à alteração depende da composição mineralógica, da sua textura e das condições climáticas.

Nas obras de engenharia procura-se utilizar rochas cujas características se mantenham estáveis pelo menos durante a vida útil da obra e cujas propriedades sejam compatíveis com a mesma. Para isso é necessário o conhecimento das características e das propriedades da rocha a ser utilizada. É evidente, que nem todas as características e propriedades precisam ser sempre conhecidas, pois as necessidades são fundamentalmente condicionadas pelo tipo de obra.

No entanto, para qualquer obra é necessário que se efetuem o maior número possível de ensaios para o conhecimento das características da rocha, dependendo das exigências da obra. A seguir são apresentados os resultados dos ensaios realizados nas amostras coletadas, agrupados em índices físicos, características mecânicas e químicas.

4.8.3.1. Índices Físicos

Na área de estudo afloram riolitos, quartzo-latito, sienito nefelínico e seixos rolados de basalto, rochas que são usadas como material de construção na Província de Maputo e províncias vizinhas ao norte do país. Os resultados dos ensaios físicos são apresentados e discutidos em seguida.

Os resultados obtidos de valores da massa específica dos grãos da brita riolítica variam de 2510 a 2560 kg/m³, com uma média de 2540 kg/m³, enquanto que os valores obtidos de massa específica da brita saturada com a superfície seca variaram de 2370 a 2470 kg/m³, com um valor médio de 2410 kg/m³. O valor médio de massa específica da brita seca é de 2340 kg/m³, com uma faixa de variação dos valores de 2270 a 2420 kg/m³. Finalmente os valores obtidos de absorção d'água variam de 2,07 a 4,90%, com um valor médio de 3,42%.

Os valores obtidos de massa específica dos grãos da brita de quartzo-latito, são da ordem 2650 kg/m³, enquanto que a massa específica das partículas saturadas com a superfície seca variam de 2390 a 2570 kg/m³, com um valor médio de 2510 kg/m³. Os valores obtidos de massa específica seca da brita de quartzo-latito variam de 2340 a 2520 kg/m³, com uma média de 2460 kg/m³ e finalmente os valores obtidos de absorção d'água, são da ordem de 2,0%.

Os valores obtidos da massa específica dos grãos da brita de sienito nefelínico são da ordem 2490 kg/m³, enquanto que os valores obtidos de massa específica das partículas saturadas com a superfície seca são da ordem de 2560 kg/m³. Os valores obtidos de massa específica seca da brita são da ordem de 2530 kg/m³ e finalmente os valores obtidos de absorção d'água variam na faixa de 0,87 a 0,91%, com um valor médio de 0,89%.

Os valores obtidos de massa específica dos grãos da brita de seixos rolados de basalto variam de 2630 a 2650 kg/m³, com um valor médio de 2640 kg/m³, enquanto que os valores obtidos de massa específica da brita saturada com a superfície seca variam de 2550 a 2570 kg/m³, com um valor médio de 2560 kg/m³. Os valores obtidos de massa específica da brita seca variam de 2500 a 2520 kg/m³, com valor médio de 2510 kg/m³ e finalmente os valores obtidos de absorção d'água variam de 2,00 a 2,03 %, com valor médio de 2,02 %.

Segundo Coutinho (1974), a massa específica do agregado é classificada da seguinte forma:

- Agregados leves < 2000,0 kg/m³;
- Agregados normais 2000,0 a 3000,0 kg/m³; e

- Agregados pesados $> 3000,0 \text{ kg/m}^3$

O agregado ensaiado de acordo com a classificação, pertence ao grupo de agregados normais, pois a massa específica dos agregados estudados varia de 2490,0 a 2650,0 kg/m^3 , encontrando se dentro da faixa, de acordo com critérios de Coutinho (1974).

De acordo o Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos (MOPTC, 1990), os valores obtidos da absorção de água de riolito, quartzo-latito, sienito e calhaus rolados estão dentro dos limites regulamentados $\leq 5\%$.

A rocha riolítica por se tratar de uma rocha vulcânica quando se deu a erupção solidificou-se rapidamente, isto origina muitas vesículas na sua estrutura, o que na maioria das vezes torna o índice de absorção maior, tornando difícil a trabalhabilidade do concreto. Apesar disso, no caso do presente estudo não apresentou valores altos, estando dentro dos limites regulamentados.

A rocha sienítica amostra A86/2008, apresentou menor valor de absorção de água em relação ao riolito, quartzo-latito e calhaus rolados de basalto. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.25.

Tabela 4. 25: Índices físicos e características mecânicas da brita da província de Maputo

Ref. amostra	Nome da rocha	ÍNDICES FÍSICOS				CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	
		M.esp.grãosbrita.(Kg/m ³)	M.esp.britasaturada(Kg/m ³)	Mesp.britaseca.(Kg/m ³)	Absor.(%)	Desg. Los Angeles(%)	Esmagamento(%)
A6.1/2008	Calhus rolados	2650	2570	2520	2,10	14,6	18,6
A6.2/2008	Calhus rolados	2640	2560	2510	2,20	14,1	18,4
A6.3/2008	Calhus rolados	2630	2550	2500	2,01	14,0	18,5
A7.1/2008	Quartzo-latito	2650	2390	2340	2,08	18,0	22,6
A7.2/2008	Quartzo-latito	2650	2560	2510	2,04	18,0	23,7
A7.3/2008	Quartzo-latito	2650	2570	2520	2,00	16,6	21,4
A8.1/2008	Riolito	2550	2470	2410	2,42	19,2	22,6
A8.2/2008	Riolito	2550	2470	2420	2,38	19,0	22,4
A8.3/2008	Riolito	2540	2460	2410	2,40	18,4	22,2
A9.1/2009	Riolito	2540	2390	2290	4,36	25,4	31,9
A9.2/2009	Riolito	2530	2370	2270	4,50	24,8	32,7
A9.3/2009	Riolito	2530	2380	2280	4,33	25,2	31,9
A10.1/2008	Riolito	2560	2390	2280	4,83	26,6	28,8
A10.2/2008	Riolito	2560	2380	2270	4,90	26,4	29,0
A10.3/2008	Riolito	2560	2390	2280	4,82	26,8	28,7
11/2008	Riolito	2550	2370	2280	4,70	25,1	28,0
11/2008	Riolito	2560	2380	2290	4,60	25,2	27,8
11/2008	Riolito	2550	2380	2280	4,40	25,2	27,6
A62.1/2008	Riolito	2520	2440	2600	2,40	24,4	18,7
A62.2/2008	Riolito	2530	2460	2400	2,46	24,8	18,6
A62.3/2008	Riolito	2540	2450	2450	2,46	24,6	18,9
A84.1/2008	Riolito	2520	2400	2320	3,47	14,2	23,3
A84.2/2008	Riolito	2510	2390	2310	3,50	14,0	23,9
A84.3/2008	Riolito	2520	2390	2310	3,56	13,8	23,8
A86.1/2008	Sienito nefelínico	2498	2560	2530	0,91	14,8	17,7
A86.2/2008	Sienito nefelínico	2493	2560	2530	0,90	14,6	18,0
A86.3/2008	Sienito nefelínico	2488	2560	2530	0,87	15,8	17,4

- **Ensaio de absorção de água da brita em 48 horas**

A presença de poros na superfície e no interior dos agregados permite absorver a umidade e aumentar seu peso. É importante determinar quando tempo a brita leva para absorver essa umidade.

Os valores das massas com a superfície imersa e seca durante 48 horas de seixos rolados de basalto, quartzo-latito, riolítica e finalmente sienito nefelínico, das amostras coletadas e ensaiadas são apresentados em anexo (Anexo F).

Com os dados das massas obtidas (imersas e secas) no ensaio realizado em 48 horas de absorção da brita, foram traçados gráficos e são apresentados na Figura 4.54. A partir do gráfico pode-se constatar que a partir dos 100 minutos, os inertes já absorveram água suficiente e que o gráfico já não varia muito, apesar de tratar se de uma rocha de origem vulcânica, com maiores vesículas formadas durante o processo de formação. O ensaio foi realizado para uma brita de tamanho 3/8 (9,5 mm). Para tamanho da brita maior, é provável que leve mais tempo para absorção da água, devido o tamanho da brita.

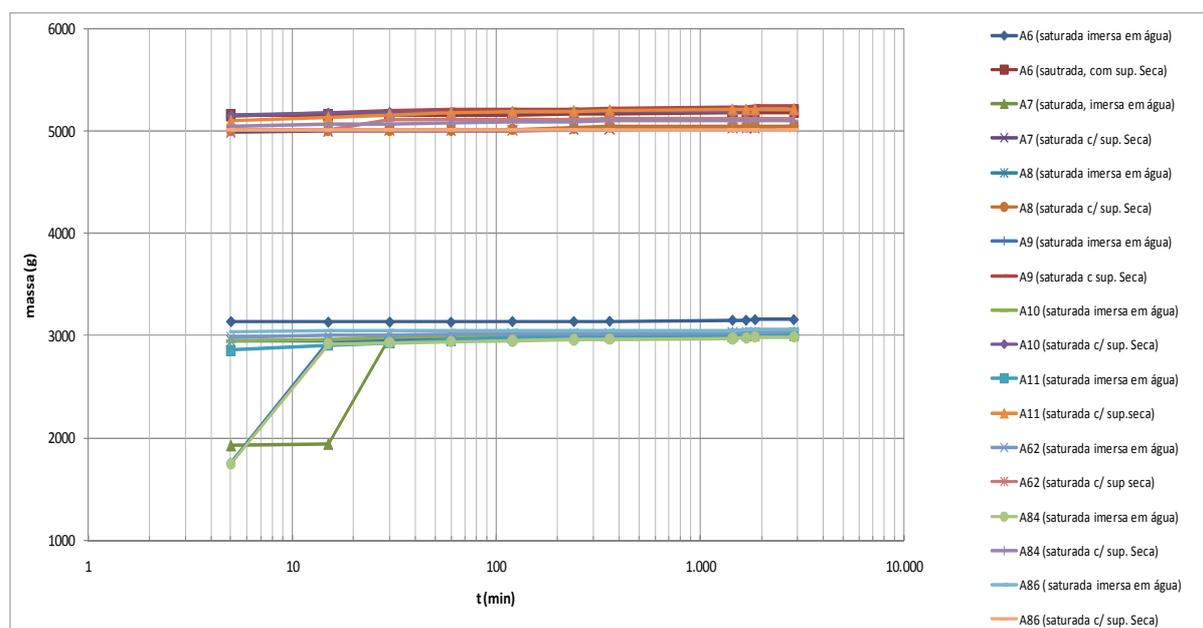


Figura 4. 54: Resultados da massa medida versus tempo durante 48 horas

Em cada intervalo de tempo que se obtinha a massa de cada inerte, também era determinada absorção de água. Os valores são apresentados na Tabela 4.26 e Figura 4.55.

Observa-se a partir da Figura 4.55, que as amostras A8, A9, A10, A11, A62 e A84, todas elas pertencente a mesma formação riolítica, coletadas em diferentes pedreiras, apesar de pertencerem a mesma rocha da mesma formação, apresentam diferentes valores de absorção de água, variando de 2,15 a 4,95 % em 48 horas, dependendo do local onde a

amostra foi coletada. Os valores obtidos estão dentro dos limites regulamentados. Este intervalo de variação de valores de absorção de água chama atenção que é sempre aconselhável realizar ensaios de rotina para cada frente de exploração, para controlar a qualidade.

Tabela 4. 26: Resultados dos ensaios de absorção em diferentes intervalos de tempo

t(min)	A6/2008 absorção d'agua(%)	A7/2008 absorção d'agua(%)	A8/2008 absorção d'agua(%)	A9/2008 absorção d'agua(%)	A10/2008 absorção d'agua(%)	A11/2008 absorção d'agua(%)	A62/2008 absorção d'agua(%)	A84/2008 absorção d'agua(%)	A86/2008 absorção d'agua(%)
0	0,24	0,81	1,22	1,39	1,69	1,51	0,18	1,46	0,60
5	1,68	1,09	1,64	2,57	3,82	2,66	0,38	2,58	0,80
15	1,70	1,23	1,66	3,29	4,27	3,36	0,39	2,90	0,81
30	1,70	1,34	1,70	3,67	4,43	3,90	2,41	3,05	0,82
60	1,79	1,40	1,74	3,80	4,46	4,25	2,42	3,23	0,83
120	1,81	1,41	1,81	3,96	4,47	4,43	2,44	3,37	0,85
240	1,89	1,59	2,09	3,98	4,54	4,55	2,48	3,45	0,85
360	1,89	1,62	2,29	4,16	4,57	4,63	2,62	3,58	0,87
1440	2,09	1,86	2,39	4,32	4,67	4,87	2,63	3,64	0,87
1680	2,09	1,90	2,41	4,40	4,77	4,87	2,64	3,76	0,91
1860	2,11	1,93	2,43	4,46	4,83	4,89	2,66	3,78	0,93
2880	2,25	2,15	2,45	4,50	4,95	4,91	2,66	3,78	0,96

Amostra de seixos rolados de basaltos (A6/2008) e quartzo-latito (A7/2008) em 48 horas, absorvem um teor de água variando de 0 a 2,25%, relativamente menor em relação a rocha riolítica. Amostra A86 (sienito) apresentou um valor muito baixo de absorção em 48 horas, variando de 0 a 0,96%.

Na Figura 4.55, observa-se que a partir, no mínimo de 1500 a 2000 minutos em diante não existe uma grande variação de absorção de água de cada agregado, podendo se considerar o tempo suficiente para a determinação da absorção da brita.

4.8.3.2. Caracterização Mecânica

Os resultados da caracterização mecânica (abrasão Los Angeles e resistência ao esmagamento) da brita ensaiada mostraram que a fração da percentagem de material friável, após o ensaio de abrasão da brita de riolito variou de 13,8 a 26,8%, com um valor médio de 21,8%. A fração da percentagem de material friável, após o ensaio de resistência ao esmagamento apresentou resultados variando de 18,6 a 32,7 %, com um valor médio de 25,2%.

A fração da percentagem de material friável, após abrasão pela máquina de Los Angeles da brita de quartzo-latito variou de 16,6 a 18,0%, com um valor médio de 17,5%. E a

fração da percentagem de material friável, após o ensaio de resistência ao esmagamento varia de 21,4 a 23,7%, com um valor médio de 22,6%.

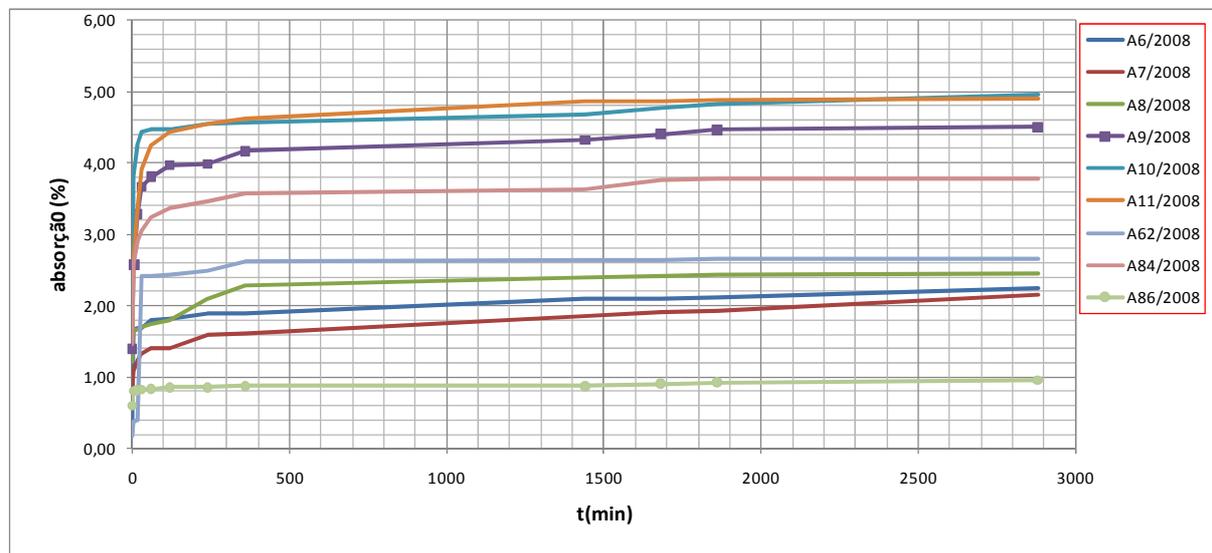


Figura 4. 55: Resultados dos ensaios de absorção versus o tempo

A fração da percentagem de material friável, após a abrasão da brita de sienito nefelínico apresentou um valor médio de 15,1%, com uma faixa de variação de valores de 14,6 a 15,8%. E a fração da percentagem de material friável, após o ensaio de resistência ao esmagamento variou de 17,4 a 18,0 %, com um valor médio de 17,7%.

A fração da percentagem de material friável, após o ensaio de abrasão da brita de seixos rolados de basalto apresentou valor médio de 14,2%, com uma faixa de variação de valores entre 14,0 e 14,6%. A fração de material friável, após o ensaio de resistência o esmagamento variou de 18,4 a 18,6 %, com um valor médio de 18,5 %.

Em média, a fração da percentagem de material friável obtida após a abrasão pela máquina de Los Angeles em toda brita ensaiada está dentro dos limites, variando de 13,8 a 26,8 %. De acordo o RBLH (MOPTC, 1990), os valores obtidos estão dentro dos limites regulamentados $\leq 40\%$ para a sua utilização como material de construção em diferentes obras de engenharia civil. Segundo DNER (1997f) assim como Frazão (2002) para a sua utilização como o gráudo para concreto de cimento deve ser inferior a 50%.

Em média, a fração da percentagem de material friável, obtida após o ensaio de resistência ao esmagamento em toda brita ensaiada é menor que o valor limitado pela norma, variando de 17,4 a 32,7%. De acordo o RBLH (MOPTC, 1990) os valores obtidos estão dentro dos limites regulamentados $\leq 40\%$ para a sua utilização como material de construção

em diferentes obras de engenharia civil. Para a DNER (1997f), para concretos sujeitos a desgaste superficial deve ser inferior a 65% e para outros concretos deve ser inferior a 55%. Segundo Frazão (2002), para o ensaio de esmagamento na norma brasileira os limites recomendados não são especificados.

Os resultados dos ensaios de caracterização mecânicas (abrasão Los Angeles e resistência ao esmagamento) da brita são apresentados na Tabela 4.36.

4.8.3.3. Ensaios de Caracterização Química

Para a caracterização química do agregado, foram determinados os teores em cloretos, sulfatos, reatividade potencial aos álcalis pelo método químico e alteração pelo sulfato de sódio. Os resultados são apresentados em seguida.

Os resultados obtidos de teor de sulfatos da brita (riolito, quartzo-latito, sienito nefelínico e seixos rolados de basalto), variaram de 0,0 a 0,06 % e o teor de cloretos variou de 0,01 a 0,09%. No ensaio de determinação de teores em sulfatos e cloretos, verifica-se que os valores obtidos são muitos baixos, quando comparados aos limites fixados. O RBLH (MOPTC, 1990) estabelece o valor máximo de cloretos 1,3 e os sulfatos 3,5%. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.27.

Tabela 4. 27: Resultados da caracterização química da brita

Ref.	Nome da rocha	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			Concentração em sílica (milimoles/l)	Redução da alcalinidade (milimoles/l)	CONCLUSÃO
		Sulfato de sódio(%)	Sulfatos	Cloretos(%)			
A6/2008	Calhus rolados	3,13	0,02	0,09	12	255	Não reactivo*
A7/2008	Quartzo-latito	4,72	0,01	0,01	138	185	Reactivo*
A8/2008	Riolito	2,12	0,06	0,01	142	75	Reactivo*
A9/2009	Riolito	2,44	0,00	0,01	12	345	Não reactivo*
A10/2008	Riolito	2,57	0,06	0,01	651	45	Reactivo*
A11/2008	Riolito	2,45	0,02	0,05	642	45	Reactivo*
A62/2008	Riolito	7,01	0,00	0,01	48	40	Não reactivo*
A84/2008	Riolito	2,30	0,00	0,03	220	935	Não reactivo*
A86/2008	Sienito nefelínico	1,24	0,02	0,08	220	935	Reactivo*

Nota: observar a Figura 4.17

A reação álcali-agregado é um termo utilizado para descrever a reação química que ocorre inteiramente em uma estrutura de concreto envolvendo os hidróxidos alcalinos, provenientes principalmente do cimento, com alguns minerais reativos presentes nos agregados utilizados. Como resultado desta reação são formados produtos que na presença de umidade são capazes de expandir, gerando fissurações, deslocamentos e conseqüentemente um comprometimento das estruturas.

A reatividade potencial das britas aos álcalis foi avaliada em função da redução da alcalinidade e da concentração em sílica. De acordo com os resultados obtidos, algumas amostras das rochas riolíticas não são reativas e outras apresentaram ser reativas. Os seixos rolados de basalto são não reativos, enquanto o quartzo-latito e sienito nefelínico são reativos, de acordo a Figura 4.17 e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.27.

As rochas ígneas vulcânicas se formam pelo extravasamento do magma sob pressão na superfície terrestre ou nas suas proximidades, o qual se resfria e cristaliza rapidamente, levando a formação de rochas bastante compactas, com cristais muito finos. O basalto, o riolito, o quartzo-latito são mais comuns a aflorarem na área de estudo. Os constituintes básicos são quartzo e feldspatos (plagioclásios e feldspatos alcalinos). Os minerais feldspáticos estão sempre se alterando para argilominerais. Devido essas condições de cristalização rápida, entre outras, o agregado apresentou ser reativo aos álcalis.

Para se evitar as reações expansivas quando o agregado é rocha riolítica, deve-se usar cimento com menos de 0,6% de álcalis, ou usar materiais inibidores da reação.

Alguns agregados que inicialmente apresentam boas características de resistência podem sofrer processos de desintegração química quando expostos às condições ambientais. A característica de resistência à desintegração química é quantificada com ensaio que consiste em atacar o agregado com solução saturada de sulfato de sódio ou magnésio, em cinco ciclos de imersão, seguida de secagem em estufa (Bernucci *et al.*, 2008).

Os agregados devem ser resistentes ao quebramento ou desintegração quando sujeitos ao umedecimento e secagem e/ou congelamento e degelo. O ensaio de sanidade tem a intenção de produzir uma estimativa da resistência do agregado à ação do intemperismo (Campos *et al.*, 2007).

A salinidade nesta pesquisa foi avaliada pelo ensaio de alteração pelo sulfato de sódio, pelo qual se determina a resistência à desintegração dos agregados sujeitos a ação do tempo, pelo ataque de soluções saturadas de sulfato de sódio.

Os resultados obtidos no ensaio de alteração pelo sulfato de sódio realizado para britas (riolito, quartzo-latito, sienito nefelínico e seixos rolados de basalto) mostraram que os valores obtidos variam de 1,24 a 7,01 %. O agregado é considerado bastante resistente a desintegração química. Os resultados são apresentados na Tabela 4.27.

Segundo o RBLH (MOPTC, 1990) recomenda que não se pode usar agregados que apresentem perda superior a 12% (Na_2SO_4) e superior a 15% (MgSO_4) ao fim de 5 ciclos.

As especificações para serviços de pavimentação que envolvem o uso de agregados, como camadas de base e revestimento, aconselham que não se deve utilizar agregados que apresentem perda superior a 12% em 5 ciclos para agregados graúdos e 15% para agregados miúdos, segundo DER (2005), o agregado ensaiado está dentro dos limites especificados.

4.8.3.4. Adesividade de Agregado a Material Betuminoso

A verificação da adesividade ligante/agregado é fundamental para garantir a resistência à desagregação das misturas asfálticas. Um dos fenômenos de desagregação dos pavimentos asfálticos está fortemente ligado à perda de adesividade entre o ligante e os agregados das misturas asfálticas.

Foi verificada a resistência ao deslocamento de uma película de betume envolvendo o inerte, provocado pela água destilada em determinadas condições.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.28, os seixos rolados de basalto e sienito nefelínico foram classificados como médios; os riolitos e quartzo-latito foram classificados como aceitáveis.

4.8.3.5. Índice de Lamelaridade

A lamelaridade tem grande importância na dosagem de misturas asfálticas, um agregado mais lamelar é mais suscetível a quebras, deixando as faces se partirem sem contato com o ligante e expostas às intempéries.

Para os seixos rolados de basalto, o valor obtido de índice de lamelação é 24%; quartzo-latito o valor obtido é igual a 31%; os riolitos o valor obtido de índice de lamelação varia de 15 a 23% e para a brita de sienito, o valor de índice de lamelação obtido é igual a 10%. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.28.

Tabela 4. 28: Resultados da avaliação de índice de lamelação e adesividade

Ref.da amostra	Nome da rocha	Endereço	Índice de lamelação(%)	Adesividade
A6/2008	Calhus rolados	Namaacha	24	mediocre
A7/2008	Quartzo-latito	Boane	31	aceitável
A8/2008	Riolito	Boane	15	fraca
A9/2009	Riolito	Namaacha	20	aceitável
A10/2008	Riolito	Namaacha	22	aceitável
A11/2008	Riolito	Namaacha	23	aceitável
A62/2008	Riolito	Boane	20	aceitável
A84/2008	Riolito	Namaacha	20	aceitável
A86/2008	Sienito nefelínico	Boane	10	mediocre

4.8.4 Caracterização das Argilas

Neste item estão apresentados os resultados de caracterização física, mineralógica e tecnológica de amostras de argilas coletadas nas câmaras em exploração na província de Maputo.

4.8.4.1. Resultados dos Ensaio de Caracterização Física

Análise granulométrica realizada com e sem defloculante, os valores da densidade real das partículas, bem como, os limites de liquidez (W_L), de plasticidade (W_P) e do índice de plasticidade (IP) são apresentados na Tabela 4.29. A mesma tabela apresenta algumas propriedades físicas indiretas, como o índice de atividade (IA) proposto por Skempton (1953), que é dado pela razão entre o IP e a porcentagem da fração argila ($IA = IP / (\% < 0,002mm)$), (tamanho de partículas de diâmetro equivalente menor do que 0,002 mm do solo), obtida na curva de distribuição granulométrica. Em função do valor do índice de atividade (IA), classifica-se em inativas se $IA < 0,75$; normais se $0,75 < IA < 1,25$ e ativas se $IA > 1,25$. De acordo a classificação, as argilas são todas inativas (Figura 4.56).

Tabela 4. 29: Resultados da análise granilometrica e limites de consistência

Ref. Amostra	Pedologica	Gs	sem defloculante			com defloculante			Limites de consistência			Í. de atividade IA
			areia(%)	silte(%)	argila(%)	areia(%)	silte(%)	argila(%)	WL(%)	WP(%)	IP(%)	
A48/2008	P4	2,74	39,8	56,2	4	38,3	42,4	19,3	32	20	12	0,62
A51/2009	Fs	2,55	38,5	50,2	11,3	31,8	50,8	17,3	35	20	15	0,86
A85/2008	Fs	2,67	36,3	55,7	8	34,3	37,2	28,5	33	19	14	0,48

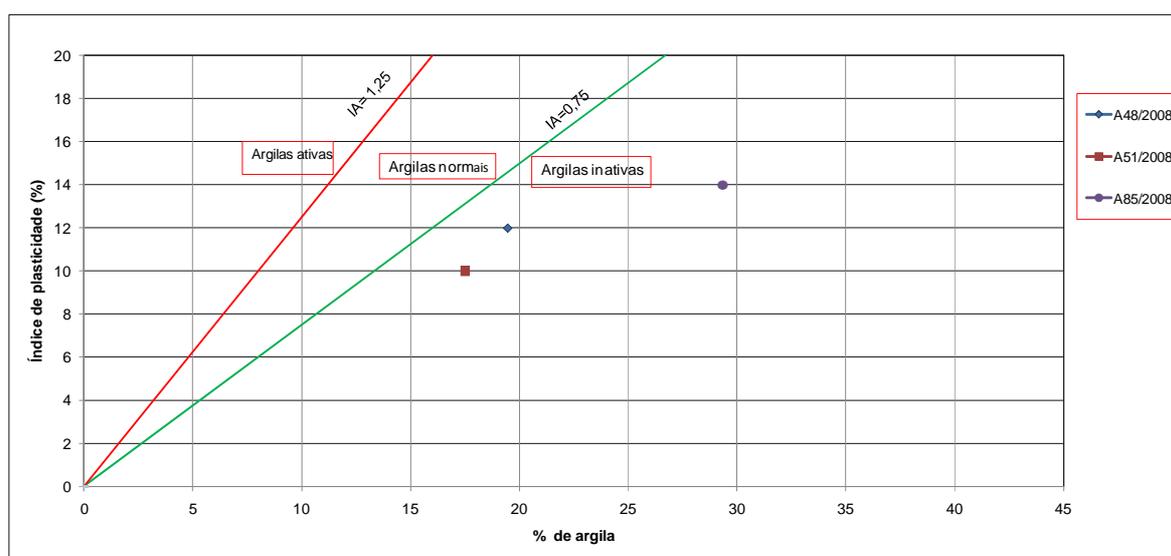


Figura 4. 56: Relação entre a porcentagem de argila e índice de plasticidade Índice de Skempton (1953)

A distribuição granulométrica das partículas do solo, conforme mostrado na Tabela 4.29, mostra que a fração de argila varia de 4 a 11%, a fração de silte varia de 50 a 56%; enquanto que a de areia varia entre 36% a 40%, para ensaios sem defloculante e para ensaios com defloculante a fração de argila de 17 a 29%, a fração de silte varia de 37 a 51% e a fração de areia varia 32 a 38%. Esses resultados indicam que os solos têm uma alta porcentagem da fração de silte na sua composição granulométrica.

A distribuição granulométrica das amostras junto com os resultados de limites de consistência de Atterberg permite classificar os solos ensaiados, de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos. De acordo com a carta de plasticidade sugerida por Casagrande (1947), as amostras se enquadraram no grupo de CL, argila pouco plástica, (Figura 4.57).

Os valores da densidade real dos grãos obtidos de acordo a Tabela 4.29, variam de 2,55 a 2,74. Os limites para argila para cerâmica geralmente esta na faixa de 2,5 a 2,8, de acordo com o critério de Santos (1989). A argila ensaiada está no grupo para a sua utilização na indústria cerâmica.

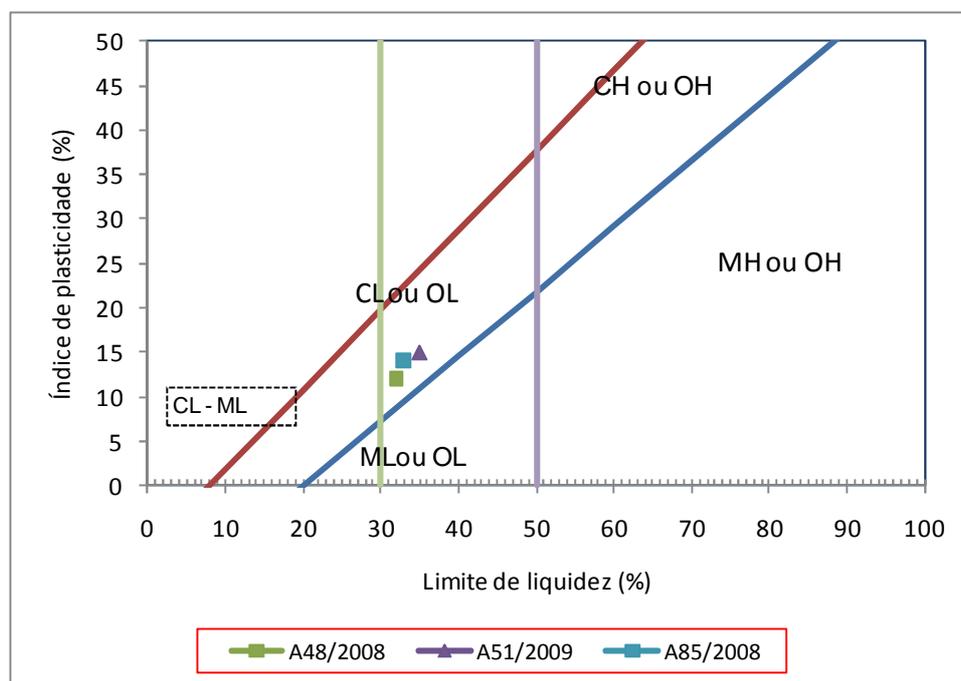


Figura 4. 57: Carta de plasticidade de Casagrande (Casagrande, 1947)

A Figura 4.58 faz referência ao prognóstico de extrusão baseado nos limites de Atterberg. Observa-se que as argilas obtiveram extrusão aceitável, conferindo-lhe uma trabalhabilidade aceitável.

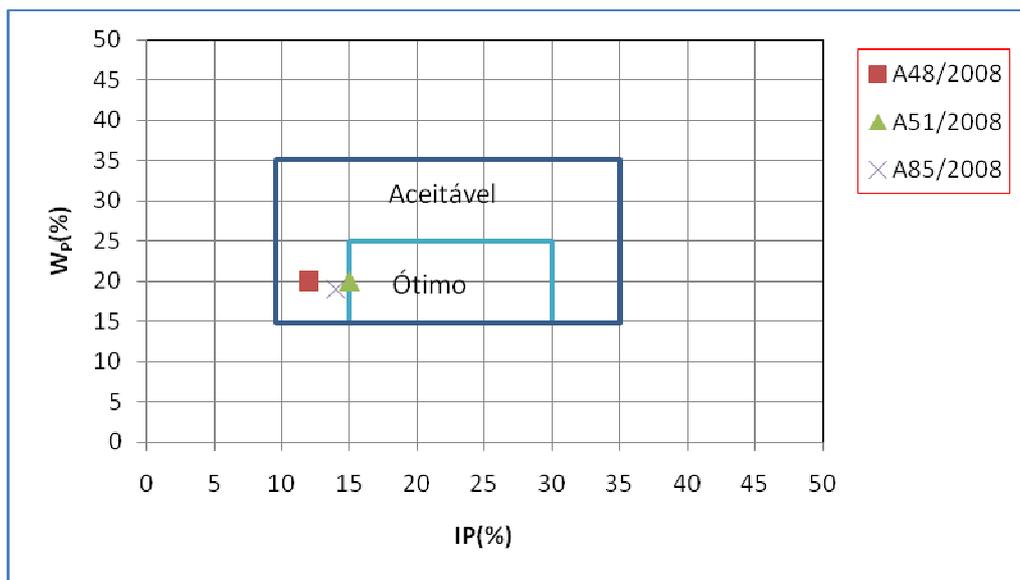


Figura 4. 58: Prognóstico de extrusão baseado no Limites de Atterberg (PAIVA & MORALES, 2007)

4.8.4.2. Resultados da Caracterização Mineralógica

A mineralogia é importante parâmetro para diagnosticar os constituintes inorgânicos do solo. A difratometria de raios-X é a técnica utilizada para a determinação da estrutura cristalina dos minerais que compõe o solo, principalmente os argilominerais.

De acordo com a caracterização mineralógica, por difração de raios-X, amostra A48/2008 (Figura 4.59) apresenta no difratograma total (difratograma da amostra sem fracionamento) maior intensidade do pico de quartzo com distância interplanar (d) igual a $3,32 \text{ \AA}$. Os picos de quartzo aparecem na amostra glicolada e aquecida, pois durante a preparação da fração argila, ainda mantém as pequenas proporções de quartzo na fração de argila.

A caulinita foi confirmada com a presença de picos com d iguais a $7,18$ e $3,99 \text{ \AA}$, com maior intensidade no difratograma da amostra orientada, indicando a sua maior presença na fração de argila. Na amostra glicolada estes picos não sofrem expansão, desaparecendo no difratograma da amostra aquecida e desta forma, confirmando a presença da caulinita.

A illita foi confirmada por ter pico com d igual $9,97 \text{ \AA}$ não ter sofrido expansão quando glicolada e nem deslocado ou desaparecido quando a lamina foi aquecida.

O pico com d igual a $13,67 \text{ \AA}$ tem a possibilidade de ser clorita, montmorilonita ou vermeculita. Amostra glicolada apresentou expansão, denotando ser montmorilonita. Quando aquecido o pico deslocou a direita confirmando a presença montmorilonita.

Além dos minerais identificados, foi confirmada a presença do mineral de nome magneshornblenda, que não apresentou a expansão na amostra glicolada e nem na aquecida. Mantendo-se nas duas fases de tratamento com o mesmo pico, não sofreu nenhum deslocamento.

Foi confirmada a presença de feldspatos com d igual $3,10 \text{ \AA}$, não sofreram a expansão nem na amostra glicolada, nem na aquecida.

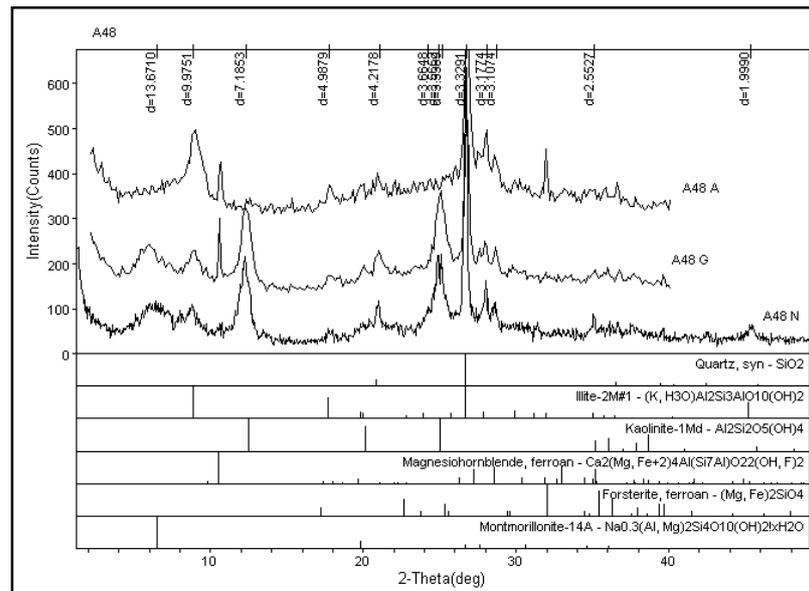


Figura 4. 59: Difratograma da amostra A48/2008

No difratograma da amostra A51/2008 (Figura 4.60) aparece pico principal de intensidade na amostra total com d igual $3,37 \text{ \AA}$, que confirma o quartzo. Com o desaparecimento deste pico na fração argila, presume-se que este mineral possui dimensão silte ou areia.

Os principais picos da caulonita, d igual a $7,26$ e $3,57 \text{ \AA}$ está realçado na amostra orientada, indicando sua maior presença na fração argila. Na amostra glicolada estes picos não sofrem expansão, desaparecendo no difratograma da amostra aquecida e, desta forma, confirmada a presença da caulinita.

A illita foi confirmada por ter pico com d igual a $10,1$ e $3,4 \text{ \AA}$, não ter sofrido expansão quando glicolada e nem deslocada ou desaparecido quando a lâmina foi aquecida.

O pico com d igual a $13,67 \text{ \AA}$ tem a possibilidade de ser clorita, esmectita (montmorilonita) ou vermiculita. Amostra glicolada apresentou expansão, (deslocamento do pico para esquerda). Quando aquecido o pico deslocou para a direita, confirmando a presença de montmorilonita.

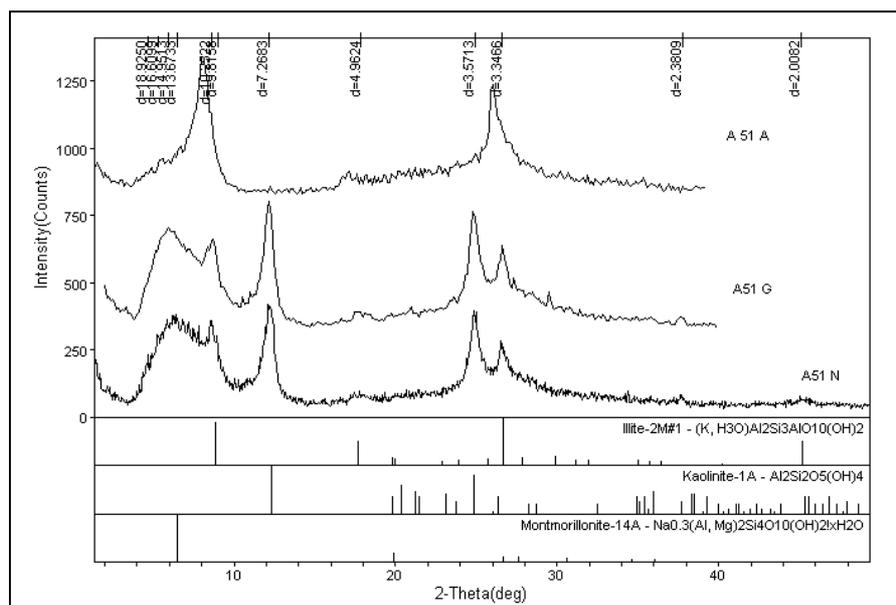


Figura 4. 60: Difratoograma da amostra A51/2008

No difratograma da amostra A85/2008 (Figura 4.61) aparece pico principal de intensidade na amostra total com d igual a $3,36 \text{ \AA}$, que confirma o quartzo. Com o desaparecimento deste pico na fração argila presume-se que este mineral possui dimensão silte ou areia.

Os principais picos da caulinita, d igual a $7,32$ e $3,59 \text{ \AA}$, está realçado na amostra orientada, indicando sua maior presença na fração argila. Na amostra glicolada estes picos não sofrem expansão, desaparecendo no difratograma da amostra aquecida e, desta forma, confirmada a presença da caulinita.

A illita foi confirmada a sua presença, não tendo sofrido expansão quando glicolada e nem deslocada ou desaparecido quando a lâmina foi aquecida.

O pico com d igual a $13,93 \text{ \AA}$ tem a possibilidade de ser clorita, esmectita ou vermiculita. Amostra glicolada apresentou expansão (deslocamento do pico para esquerda). Quando aquecido o pico deslocou para a direita, confirmando a presença de montmorilonita.

Tabela 4. 30: Análise mineralógica das amostras

Ref.Amostra	Minerais
A48/2008	Quartzo, caulinita, illita, montmorilonita, magnésiohornblenda e feldspatos
A51/2008	Quartzo, caulinita, illita e montmorilonita
A85/2008	Quartzo, caulinita, illita e montmorilonita

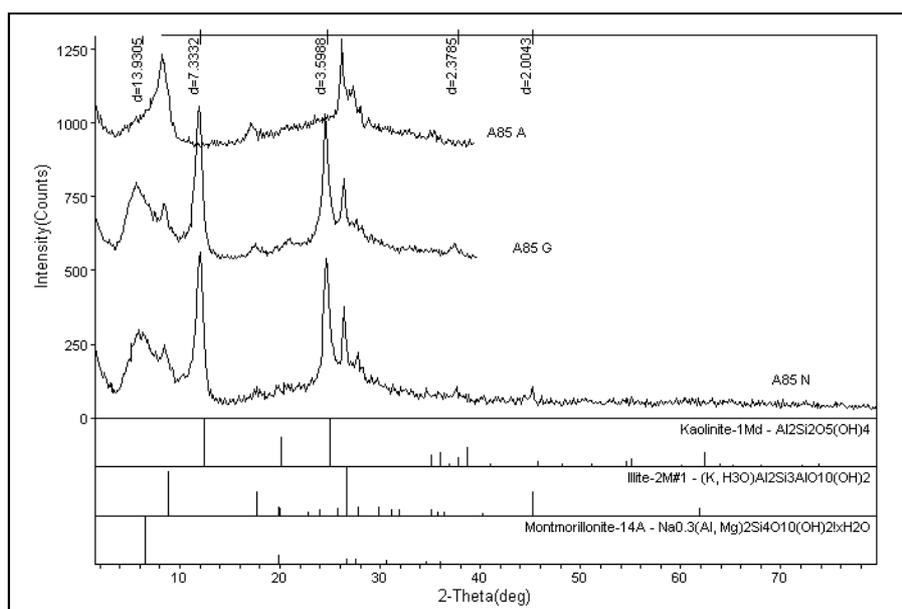


Figura 4. 61: Difratograma da amostra A85/2008

Apresenta-se na Tabela 4.30 a síntese dos principais minerais encontrados nos solos das amostras coletadas nas câmaras analisadas.

4.8.4.3. Resultados dos Ensaios Tecnológicos das Argilas

Argilas para fabricação de tijolos devem ser de média plasticidade a fim de facilitar a moldagem, ter boa resistência mecânica, valor médio ou elevado para a tensão de rotura à flexão antes e após cozedura, valores médios de absorção de água, porosidade e densidade aparentes após cozedura. Costuma apresentar cor vermelha e boa sonoridade após temperatura de 900/950⁰ C, faixa usual de queima para esse tipo de produto com mínimo de trincas ou empenos

Os resultados dos ensaios tecnológicos realizados, nomeadamente retração linear, absorção de água, densidade aparente, resistências a flexão e compressão, são apresentados na Tabela 4.31

Tabela 4. 31: Resultados dos ensaios tecnológicos

Ref.	Retração linear		Resistência a flexão		Resistência a compressão		Absorção de água		Densidade aparente		Perda ao rubro	
	(%)		(Mpa)		(Mpa)		(%)		(kg/m ³)		(%)	
	850°C	950°C	850°C	950°C	850°C	950°C	850°C	950°C	850°C	950°C	850°C	950°C
A48/2008	10,8	10,9	9,0	12,3	3,1	5,0	12,4	12,0	1700,0	1800,0	3,7	3,6
A51/2009	10,1	10,6	10,1	12,5	3,5	5,0	12,2	13,2	1820,0	1850,0	3,4	3,1
A85/2008	10,7	11,1	10,1	13,2	3,2	6,0	13,4	12,7	1800,0	1900,0	4,6	5,0

Todos os corpos de prova após a secagem ao ar apresentaram uma coloração quase inalterada em relação à do seu estado natural. Já após as cozeduras a 850 e 950° C, a amostra A48/2008 passou a apresentar uma coloração vermelha e vermelha clara; a amostra A51/2008

uma coloração vermelha e vermelha alaranjada; e a amostra A85/2009 apresentou uma coloração vermelha acastanhada e vermelha, respectivamente (Figura 4.62).

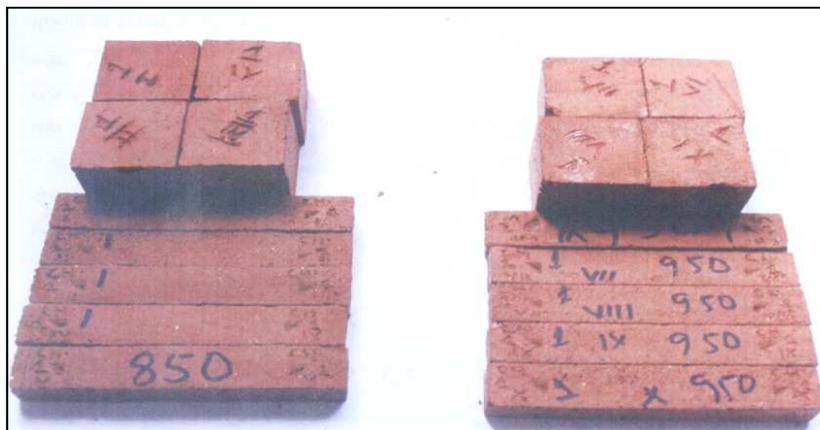


Figura 4. 62: Amostra cozidas a 850 a 950° C – A85/2009

Apresenta-se na Tabela 4.32, os valores mínimos e máximos aceitáveis para o material ser usado como material de construção para a produção de tijolos.

Tabela 4. 32: Valores máximos e mínimos regulamentados (ABNT, 1992)

Características	Unidade	valor recomendado	A48/2008	A51/2008	A85/2008
Absorção de água	(%)	8 a 25	ok	ok	ok
Resistência a compressão	MPa	>4,5	ok	ok	ok

Os valores obtidos nos ensaios tecnológicos realizados, estão dentro dos limites regulamentados para o material ser usado na indústria cerâmica para a produção de tijolos.

4.9 CARTA DE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

O conhecimento das propriedades dos materiais naturais de construção do ponto de vista de aplicação em obras de engenharia é de grande importância, pois esses conhecimentos são fundamentais para o direcionamento dos trabalhos de pesquisa para as aplicações mais adequadas e viabilidade de aproveitamento de cada tipo de depósito.

O uso racional, tecnicamente aconselhável, economicamente viável e ambientalmente sustentável, só será alcançado com o conhecimento mais amplo das propriedades dos materiais, suas vantagens e suas eventuais deficiências. Tal conhecimento permitirá o entendimento das várias soluções possíveis, escolhendo-se a melhor, tanto do ponto de vista técnico, como econômico.

Na engenharia procura-se utilizar materiais cujas propriedades sejam compatíveis com o tipo de obra. Para isso é necessário o conhecimento das características dos materiais a ser

utilizada. É evidente, que nem todas as propriedades precisam ser conhecidas, pois as necessidades são fundamentalmente condicionadas pelo tipo de obra.

O mapeamento geotécnico e a caracterização dos materiais de construção constituem procedimentos úteis na área de engenharia civil, de maneira muito diversa. Possibilita entre outras aplicações a seleção dos materiais adequados para qualquer projeto de engenharia civil, pois constituem uma base fundamental, assim como subsídio para trabalhos de planejamento e gestão.

O conhecimento atualizado a respeito dos materiais naturais de construção, existentes no domínio da província de Maputo é a principal razão para implantação do cadastro, para uma organização da informação sobre os materiais com qualidade, confiabilidade, atualização e acessibilidade.

Na área de estudo foram identificadas classes de solos básicas de interesse para materiais naturais de construção. Esta identificação tornou-se possível através dos ensaios laboratoriais realizados para algumas camadas de solos e rochas. A partir dessa identificação, foi realizada uma reclassificação pedológica das classes que são as fontes de materiais naturais de construção, com a ajuda do programa Legal do Spring.

De acordo com a reclassificação dos solos, os materiais naturais de construção da área de estudo são divididos em: concreção laterítica; areia siltosa; areia grossa; areia fina; argila; e rocha dura (Tabela 4.33). A distribuição espacial das unidades básicas de interesse como fonte de materiais naturais de construção de acordo com a reclassificação (Tabela 4.33) são apresentadas na Figura 4.63.

A caracterização físico-mecânica obtida nos ensaios laboratoriais realizados das unidades básicas principais como fontes de materiais naturais de construção, é apresentada nas Tabelas 4.34 a 4.37. No anexo G são apresentados os solos da área de estudo, suas características, propriedades esperadas e respectivos usos potenciais dos solos.

Tabela 4. 33: Compartimentação das camadas como as principais fontes de materiais naturais de construção

Tipo de Material	Materiais Naturais de Construção	Usos potenciais
Solos	Concreção laterítica	bases e subbases de pavimento e aterros em geral
	Areia siltosa	regularização e reforço de subleito, aterros em geral
Areias	Areia grossa	mistura para argamassa, concreto
	Areia fina	mistura para argamassa, concreto
Argila	Argila	tijolos
Rocha dura	Riolito	subbases e bases de pavimento, misturas asfálticas, mistura para argamassa, concreto, enrocamento, gabiões, etc.
	Quartzo-latito	subbases e bases de pavimento, misturas asfálticas, mistura para argamassa, concreto, enrocamento, gabiões, etc.
	Sienito	subbases e bases de pavimento, misturas asfálticas, mistura para argamassa, concreto, enrocamento, gabiões, etc.

Tabela 4. 34: Resumo de ensaios de caracterização de solos

Classe de solos	Unidade de solo	Materiais de Construção	Caracterização resumo dos solos															
			pedr(%)	Areia G(%)	Areia M(%)	Areia F(%)	Silte-argila	WL(%)	IP(%)	Gs	MG	Y _{dm} (kN/wót(%)	CBR(%)	Exp(%)	DTRSA	HRB	SUCS	
G	colinas de grés	Concreção laterítica			38	47	15	NP	NP	2,65	0,9	19,5	8,6	44	0	G6	A-2-4(0)	SM
Aj	planície arenosa	Areia siltosa			40	48	12	NP	NP	2,63	0,93	19,5	9,3	50	0	G6	A-2-4(0)	SM
M1	pedimentos de Mananga	Areia siltosa	15	20	15	16	34	34	15	2,6	0,75	18,8	11,6	10	1	G10	A-6(1)	SC
P2	post-Mananga	Areia siltosa		9	35	38	18	28	8	2,7	1,27	17,8	15,8	35	0	G5	A-2-4(0)	SC
P3		Areia siltosa		22	30	28	20	19	6	2,7	0,94	19,7	8,7	28	0,2	G7	A-2-4(0)	SC-SM
Cc	coluviões	Areia siltosa		22	28	30	20	16,0	6,0	2,7	1,12	20,4	10,4	45	0	G6	A-2-4(0)	SC-SM
G - grosso																		
M - médio																		
F - finos																		
WL - limite liquidez																		
IP - índice de plasticidade																		
Gs - densidade aparente																		
MG - módulo granulométrico																		
Y _{dm} - peso específico aparente seco máximo																		
wót - umidade ótima																		

Tabela 4. 35: Resumo de ensaios de caracterização de areias

Classe de solo	Unidade de solo	Materiais Naturais de Construção	Caracterização resumo da areia aluvionar														
			pedr(%)	Areia G(%)	Areia M(%)	Areia F(%)	finos(%)	Cu	Cc	MF	MEG	MEAP	n	Cl(%)	S04(%)	Reat-alc	SUCS
dAa	planície arenosa	Areia fina (esbranquiçada)			74	23	3	2	0,7	1,2	2640	1600	38	0,02	0,1	Não reativo	SP
Fs	aluviões	Cascalho e areia grossa	7,2	62	27	2,6	0,9	3	1,3	2,8	2683	1630	40	0,02	0,08	Não reativo	SP
ped - pedregulhos																	
G - areia grossa																	
M - media																	
Cu - coeficiente de uniformidade																	
Cc - coeficiente de curvatura																	
MF - módulo de finura																	
MEG - massa específica dos grãos																	
MEAP - massa específica aparente																	
n - porosidade																	
cl - cloretos																	
S04 - sulfatos																	
Reat-alc - reatividade aos alcalis																	

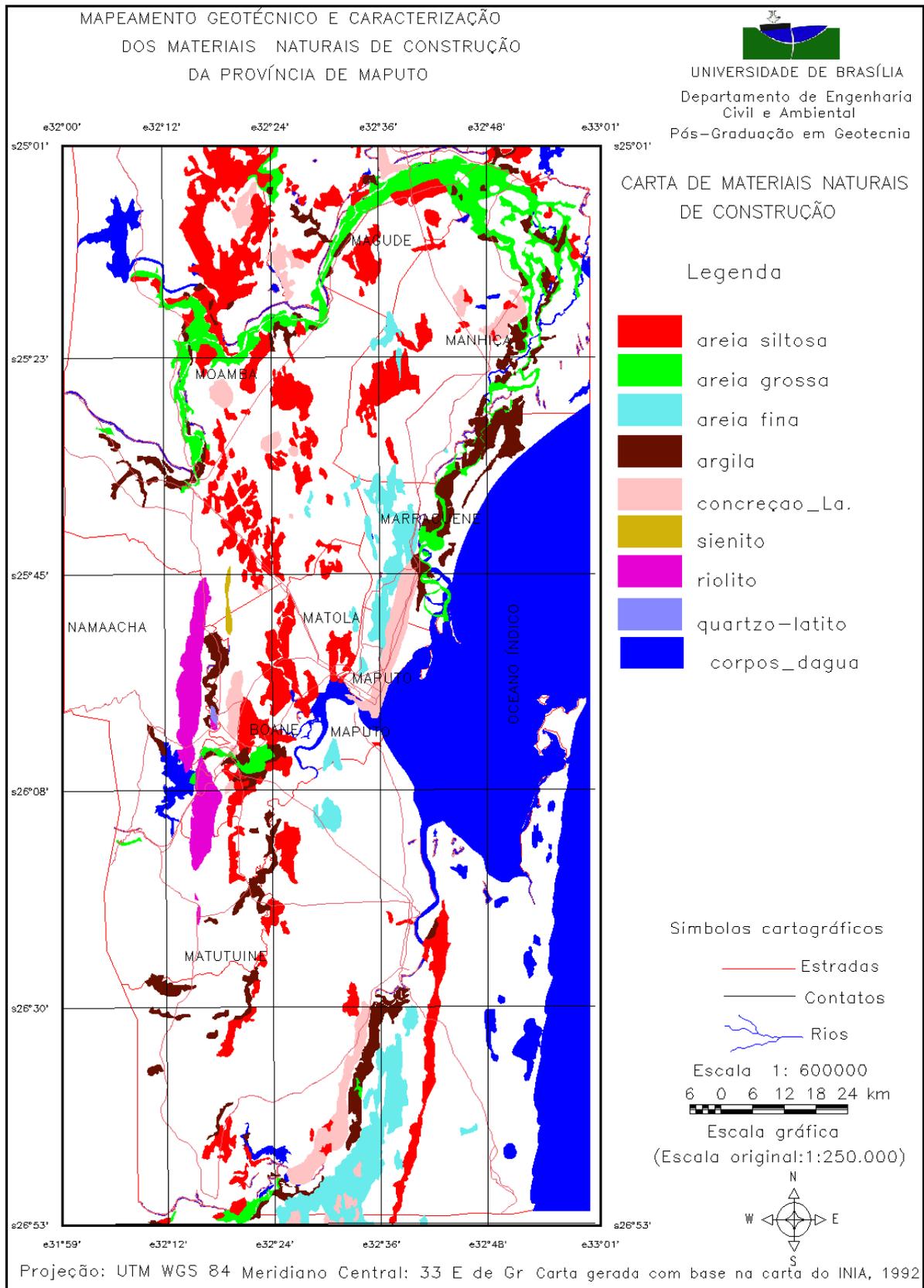


Figura 4. 63: Materiais Naturais de Construção da Província de Maputo

Tabela 4. 36: Resumo de ensaios de caracterização de argilas

Classe de solo	Unidade de solo	Materiais Naturais de Construção	Caracterização das argilas										
			Gs	areia(%)SD	silte(%)SD	argila(%)SD	areia(%)CD	silte(%)CD	argila(%)CD	WL(%)	WP(%)	IP(%)	IA
P4	post-Mananga	Argila cast.a vermelhada	2,74	39,8	56,2	4	38,3	42,4	19,3	32	20	12	0,62
Fs	aluviões	Argila cast.a vermelhada	2,55	38,5	50,2	11,3	31,8	50,8	17,3	35	20	15	0,86
Fs		Argila cast.a vermelhada	2,67	36,3	55,7	8	34,3	37,2	28,5	33	19	14	0,48
Classe de solo	Unidade de solo	Materiais Naturais de Construção	Caracterização tecnológica das argilas										
			RL(%)850	RL(%)950	Rf(Mpa)850	Rf(Mpa)950	Rc(Mpa)850	Rc(Mpa)950	absor(%)850	absor(%)950	Dap(kg/m3)	Dap(kg/m3)950	
P4	post-Mananga	Argila cast.a vermelhada	10,8	10,9	9,00	12,31	3,10	5,02	12,40	12,00	1700	1800,00	
Fs	aluviões	Argila cast.a vermelhada	10,1	10,6	10,10	12,50	3,50	5,00	12,20	13,20	1820	1850,00	
Fs		Argila cast.a vermelhada	10,7	11,1	10,06	13,20	3,16	6,02	13,40	12,66	1800	1900,00	
Gs - densidade real das partículas			RL - retração linear										
SD - sem defloculante			Rf - reabilitação a flexão										
CD - com defloculante			Rc - resistência a compressão										
WL - Limite liquidez			absor - absorção										
IP - Índice de plasticidade			Dap - Daparente										
IP - índice de atividade													

Tabela 4. 37: Resumo de ensaios de caracterização de agregados

Classe geologica	Materiais de Construção	MESP(Kg/m3)		MESPSA(Kg/m3)		MESPSE(Kg/m3)		Absor.(%)		DLAng.(%)		Esmag.(%)		NaS04(%)		S04(%)	Cl (%)	Llamel.(%)		Ades.	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx		
JrMq	Quartzo-latito	2650	2650	2390	2570	2340	2520	2,00	2,08	16,60	18,00	21,40	23,70		4,72	0,01	0,01	30,00	31	aceital	
JrMr	Riolito	2510	2560	2380	2470	2270	2560	2,38	4,90	13,80	26,80	18,60	32,70	2,12	7,01	0,06	0,05	15	32	aceitavel	
JrPns	Sienito nefelínico	2490	2500		2530		2530	0,87	0,90	14,60	15,80	17,40	18,00		1,24	0,02	0,08		10	mediocre	
MESP - massa especifica dos graos																					
MESPSA-massa especifica da brita saturada com a superficie seca																					
MESPSE-massa especifica da brita seca																					
Absor - absorção																					
DLAng - Desgaste Los Angeles																					
Esmag - resistencia ao esmagamento																					
NaS04 - alteração pelo sulfato de sódio																					
S04 - sulfatos																					
Cl - cloretos																					
Llamel - Índice de lametração																					
Ades - Adesividade																					

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Em Moçambique existe uma grande lacuna no controle de materiais de construção pelas instituições responsáveis. Sendo assim é difícil a partir de instituições responsáveis se obter quaisquer informações relacionadas às câmaras e pedreiras em exploração.

Durante a realização da campanha de campo, houve imensas dificuldades no preenchimento da ficha de cadastro nas áreas em exploração, por várias razões como exemplificadas a seguir:

- Em algumas câmaras e pedreiras eram encontradas pessoas com nível de escolaridade baixo, que não sabiam fornecer a informação relacionada aos materiais em exploração;
- Em outras câmaras e pedreiras os responsáveis pura e simplesmente não davam nenhuma informação, dizendo que os dados eram sigilosos.

Durante a campanha de campo, foram observados lugares, que depois de esgotar os materiais, não existe nenhum plano para a recuperação da área, colocando em perigo a vida da população, pois criam transtornos devido à instabilidade de taludes, erosão progressiva e outros fatores que levam ao risco da população.

Em Moçambique, observa-se um intenso conflito entre as empresas que exploram os materiais naturais de construção e a população, pois tais explorações resultam em diversos problemas, afetando fortemente a população circunvizinha.

A especificação usada na África Austral (DTRSA) possibilita uma maior identificação dos solos, enquanto a classificação HRB é menos detalhada.

O uso de imagens com apoio de campo permitiu a elaboração da carta de uso e cobertura da área de estudo.

A utilização da carta de uso e cobertura do solo para a identificação das áreas em exploração foi fundamental para amostragem.

A grande extensão dos solos da Província de Maputo é formada por solos arenosos finos tropicais. A realização dos ensaios pelo método das pastilhas para a sua identificação é adequada.

Na área de estudo foram identificados 4 grupos de materiais: solos e concreções laterítica com potencial uso para obras de aterro e pavimentos; areias com potencial uso

para argamassas e concreto; rocha dura com potencial uso para brita e blocos para inúmeras aplicações; e argilas com potencial uso para a indústria cerâmica, entre outras aplicações

As areias siltosa e concreções laterítica, podem ser utilizadas para obras de aterro em geral, regularização e reforço do subleito e sub-base. Os valores obtidos estão dentro dos limites recomendados pelas especificações (DNER ES, 299, 300, 301 e DTRSA).

Os ensaios de compactação realizados nesta pesquisa não podem ser diretamente aplicados ao critério de Ignatius (1991), em função da energia específica aplicada na compactação. O critério é aplicado para a energia específica do Proctor normal, enquanto na pesquisa a energia específica aplicada é maior (Proctor modificado). Desta forma uma comparação direta entre os resultados realizados pelo método das pastilhas e o critério de Ignatius (1991) não podem dar a mesma indicação sobre o comportamento laterítico ou não.

Os resultados obtidos nos ensaios realizados para as areias, com exceção de algumas amostras, permitem concluir que o agregado possui características adequadas para a sua utilização como agregado (argamassa e concreto) de acordo o RBLH e ABNT.

Entre as areias algumas ocorrências apresentaram finos que podem comprometer o uso desse material na fabricação de argamassa e concreto, de acordo com o RBLH.

Os valores da resistência mecânica (desgaste Los Angeles e esmagamento), obtidos em rochas riolítica, calhaus rolados, quartzo latito e sienito, mostraram um desempenho ótimo, permitindo concluir que a brita possui propriedades mecânicas que lhe conferem boa qualidade para a sua aplicação em obras de engenharia.

Em relação aos índices físicos da brita, as amostras estudadas apresentaram um comportamento satisfatório para as massas específicas seca e saturada. As amostras da rocha riolítica apresentam fraturas e vesículas, o que se relaciona com os valores relativamente elevados de absorção de água quando comparados com as demais amostras de rocha aflorante na área de estudo, mesmo assim atendem as especificações utilizadas nas avaliações.

Para a determinação da absorção da brita com um diâmetro menor ou igual a 3/8, a partir de um tempo superior de 24 horas de imersão em água, é tempo suficiente para a saturação da brita em 100%.

Para o ensaio de alteração pelo sulfato de sódio em 5 ciclos, os teores obtidos são baixos comparados com os limites fixados pelas normas (RBLH e ABNT), considerando a brita de ótima qualidade para a sua aplicação em obras de engenharia.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios químicos (reatividade potencial), algumas amostras das rochas riolíticas se apresentaram reativas. Os agregados reativos podem ser usados. O teor de álcalis do cimento empregado deverá ser substancialmente maior substancialmente maior que 0,6% e preferivelmente acima de 0,8%, expresso em Na₂O (DER, 1997f)

Os resultados das argilas após a queima a 950 °C mostram que as argilas ensaiadas apresentam a retração linear baixa e alta resistência à flexão e compressão. Essas características indicam que os mesmos podem ter aplicação aos diversos usos na indústria de cerâmica, como tijolo de alvenaria.

Os limites de Atterberg (WL, WP e IP) verificaram as características de plasticidade do material para a sua utilização em cerâmica com um prognóstico de extrusão aceitável.

O consumidor ou o planejador, ao utilizar o banco de dados construído nesta pesquisa, bem como seus resultados, será capaz de planejar de forma mais sensata, na escolha e o local da ocorrência dos materiais, otimizando tempo e recursos econômicos.

A aplicação da estatística multivariada utilizando parâmetros físicos e mecânicos obtidos de ensaios laboratoriais demonstram sua viabilidade para caracterização geotécnica dos depósitos estudados. Análise das interrelações existentes entre os parâmetros obtidos foi possível pela utilização da técnica da análise em componentes principais. Esse processo deu origem aos fatores que foram empregados na análise das relações entre os parâmetros.

A conjugação das potencialidades da cartografia geotécnica com as facilidades disponíveis em geoprocessamento confere ao produto final a dimensão de um cadastro dinâmico, georreferenciado, que pode ser permanentemente atualizado, facultando a formulação de cenários e prognósticos, úteis a qualquer exercício de planejamento e gestão.

Os resultados desta tese serão úteis para o desenvolvimento da Província de Maputo e arredores, no qual esta tese está inserida e tem-se como objetivo o mapeamento e caracterização dos materiais naturais de construção. Desta forma, os resultados serão empregados na definição de materiais, por meio de mapas obtidos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Detalhar uma metodologia para avaliação dos impactos ambientais, antes de iniciar novas explorações.

Propor diretrizes para projetos de recuperação de áreas degradadas.

Desenvolver uma metodologia que auxilie os planos de explorações dos materiais naturais de construção, incluindo determinações dos volumes dos materiais disponíveis.

Ampliar o estudo para todo o país, para a confecção de uma carta de materiais naturais de construção.

Elaborar projeto para conseguir recursos para disponibilizar os dados na internet.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1992). Norma Técnica NBR 7171. Bloco cerâmico para alvenaria. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 8 p.
- ABNT (1993). Norma Técnica NBR7225. Materiais de pedra e agregados naturais. ABNT, Rio De Janeiro, RJ.
- ABNT (1983). Norma Técnica NBR 7211. Agregados para concretos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 9 p.
- ABNT (1995). Norma Técnica NBR 6502. Rochas e solos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, RJ, 18 p.
- AFONSO, R. (1976). Geologia de Moçambique. Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:200.000. Imprensa Nacional de Moçambique, Maputo, pp. 115-127.
- ARAÚJO, A.M., LOBATÃO, J.S.B. (2009). Análise do uso e Cobertura da Terra na Carta Santa Luz SC-Y-D III a Partir das Geotecnologias. Anais XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal, R.N. p 3455-3462.
- ARCAYA, S.G.C. (2007). Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos do Distrito Federal. Dissertação de Mestre em Geotecnia. UnB, Brasília DF.
- ASSUNÇÃO, C.F., TORRE, C., PINTO, A.V., ROCHA, A.T. (1962). Petrografia das lavas dos Libombos (Moçambique-Subsídio para o seu conhecimento), Est., Ens, e Doc da junta de investigação de Ultramar volume 99 Lisboa.
- ASTM (1986). Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement. ASTM-C114-90. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia USA.
- ASTM (1989). Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure). ASTM-D 2488-84. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia, USA, p298-p305.
- ASTM (1989). Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes. ASTM-D 2487- 85. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia Philadelphia USA, .p288-p297.
- ASTM (1990). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. ASTM-D422-90. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia USA, p10-p16.
- ASTM (2004). Standard Practice For Classification of Soils and Soil-aggregate Mixtures For Highway construction Purposes. ASTM-D 3282- 93. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia USA, 6p.
- ASTM (2004). Standard test method for potential alkali-silica reactivity os aggregates (chemical method). ASTM-C 289- 94. American Society for testing and Materials, ASTM, Philadelphia USA, 6p.

- BARROS, L.C., DUTRA, L.V., MACEDO, D.R. (2007). Utilização de Imagens Espectrais de Média Resolução Espacial na Análise da Expansão Urbana do Município de Betim (RMBH) por Meio de Modelo de Mistura. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. SC.
- BATISTA, G.T., DIAS, N.W. (2005). Introdução ao Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. SP.
- BENEDETI, A.C.T. (2006). Análise espacial da evolução do uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria /RS. Dissertação de Mestre em engenharia Florestal, UFSM, Santa Maria, RS.
- BERNUCCI, L.B. MOTTA, L.M.G.CERATTI, J.A.P. SOARES, J.B. (2008). Pavimentação asfáltica. Formação básica para engenheiros. Ed. ABEDA, 1ª Edição, Rio de Janeiro, RJ, 504p.
- BIGARELLA, J. J., BECKER, R. D. & PASSO, E. (1996). Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais, Editora da UFSC, Florianópolis, SC, vol. 2, 875p.
- BITAR, O.Y. BRAGA, T.O. (1995). O meio físico na recuperação de áreas degradadas. In: Curso De Geologia Aplicada Ao Meio Ambiente. Editado por BITAR, O.Y. IBGE/IPT, São Paulo, p.165-180.
- BITAR, O.Y. (1997). Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região Metropolitana de São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas, SP, São Paulo, 185P.
- BONDYREV, I.V. (1983). Notícia explicativa (provisória) da Carta Geomorfológica de Moçambique. Ministério dos Recursos Minerais, Instituto Nacional de Geologia, Maputo.
- BUENO, B.F. (2001). Aplicação de técnicas multivariadas em mapeamento e interpretação de parâmetros do solo. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. (1998). Mapas e suas representações computacionais. Sistemas de Informações Geográficas. E.D. Assad e E.E. Sano (eds). Embrapa, Brasília, DF, pp. 13-29.
- CÂMARA, G. (1995). Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Banco de Dados Geográficas. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, SP, 264P.
- CÂMARA, G., SOUZA, R.C.M., FREITAS, U.M., GARRIDO (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling INPE, São Paulo, SP.
- CAMPOS, E.E., FRAZÃO, E.B., CALES, G.D., HERRMANN, H., (2007). Agregados para a construção civil no Brasil: contribuição para a formulação de políticas públicas. Rona Editora, Belo Horizonte, MG, 233 p.
- CARDOSO, F.B.F. (2002). Propriedades e comportamento Mecânico de Solos do Planalto Central Brasileiro. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-009a/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 357 p.

- CARNEIRO, P.J.R. (1999). Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: Uma base de dados para o planejamento e gestão. Tese de Doutorado, Unb/FT/ENC, Brasília, DF, 209 p.
- CARVALHO M. S., DE PINA M. F., DOS SANTOS S. M. (2000). Conceitos Básicos de Informação Geográfica Aplicados à Saúde. Organização Panamericana da Saúde – Representação no Brasil Ministério da Saúde, Brasília, DF, 122p.
- CASAGRANDE, A. (1947). Classification and identification of soils. Transactions, American Society of Civil Engineers, vol. 113, 901:991 pp.
- CORREIA, A.G. (1980). Ensaios para controlo de terraplenagens. LNEC, Lisboa, 222P
- COSTA, J.B. (1973). Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 527 p.
- COSTA, R.A. (2008). Zoneamento ambiental as área de expansão urbana de Caldas Novas-Go: Procedimentos e aplicações. Tese (doutorado). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG
- COUTINHO, A. S. (1974). Fabrico e Propriedades do Betão volume 1, LNEC, Lisboa, Portugal.
- COUTINHO, A.C. (1997). Segmentação e classificação de imagens Landsat-TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas. Dissertação de mestrado em ciências, USP, São Paulo, SP.
- COZZOLINO, V.M.N. & NOGAM, J.S. (1993). Classificação geotécnica MCT para solos tropicais. Solos e Rochas, 16, (2) São Paulo, SP, PP.77-91.
- CRÓSTA, A.P. (1992). Processamento digital de imagens de sensoriamento remote. IG/Unicamp. Campinas, S.P, p170.
- DEARMAN, W.R. (1991). Engineering Geological Mapping. British Library Cataloguing Publication Data. Butterworth & Heinemann, London.
- DER/PR ES-P09 (2005). Pavimentação: Solo arenoso-Brita. Curitiba, P. p11.
- DNIT (2006). Manual para atividades ambientais rodoviária. Instituto de pesquisas rodoviárias, Rio de Janeiro, R.J.
- DNG-DIRECÇÃO NACIONAL DE GEOLOGIA (2005). Carta geológica da província de Maputo, escala 1:250 000. Ministério de Recursos Minerais, Maputo.
- DNER- ES- 282 (1997 a). Pavimentação- aterros. Rio de Janeiro. RJ P8.
- DNER- ES- 299 (1997b). Pavimentação- regularização do subleito. Rio de Janeiro. RJ P6
- DNER – ES-300. (1997c). Pavimento – reforço do subleito. Rio de Janeiro, RJ.
- DNER- ES -301 (1997d). Pavimentação- sub-base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro, RJ P.7.

- DNER- ES- 304 (1997e). Pavimento-base de solo melhorado com cimento. Rio de Janeiro, RJ P.9.
- DNER- EM- 037(1997f). Agregado graúdo para concreto de cimento. Rio de Janeiro, RJ, P.6.
- DNER- EM- 038 (1997g). Agregado miúdo para concreto de cimento. Rio de Janeiro, RJ P.5.
- DRUCK, S.,CARVALHO,M.S.,CÂMARA, G. & MONTEIRO,A.M.V. (2004).Análise Espacial de Dados Geográficos. Embrapa Cerrado.Planaltina, DF, 209 p.
- DTRSA (1985).Technical Recommendations for Highways. Guidelines for Road Construction Materials. Departament of Transport of Republic of South Africa (DTRSA), Pretória.
- EMBRAPA (1990). Sistema Brasileiro de Classificação de solos, Embrapa-Solos (Rio de Janeiro), Brasília, DF.
- ENM (2007). Atlas de Moçambique. Editora Nacional De Moçambique. Maputo, Moçambique.
- FLORENZANO, T. G. (2008). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Oficina de textos, São Paulo, SP, 250 p.
- FOLLE, D. (2009).Análise e aplicações da geoestatística no contexto geológico-geotecnico urbano. Tese de Doutorado em Engenharia, Departamento de Engenharia de Minas de Engenharia da UFRGS. Porto Alegre, RS.
- FORTES, R.M, ZUPPOLINI Neto, A. e MERIGHI, J.V. (2002). Proposta de Normalização do Método das Pastilhas para Identificação Expedita de Solos Tropicais. In: 11 a Reunião Anual de Pavimentação. ABPV. Porto Alegre, RS.
- FORTES, M.R, MERIGHI, J.V., ZUPPOLINI NETO, A. (2002). Método das Pastilhas para Identificação Expedita de Solos Tropicais. In: 2º Congresso Rodoviário Português. Lisboa, Portugal.
- FORTES, R.M. & NOGAMI, J.S. (1991). Método expedito de identificação do grupo MCT de solos tropicais utilizando-se anéis de PVC rígido. 25ª Reunião Anual de Pavimentação ABPv. São Paulo. SP, 1:591-604.
- FORTES, R.M.; ZUPPOLINI NETO, A.; MERIGHI, J.V. (2002) “Proposta de normalização do método das pastilhas para identificação expedita de solos tropicais”-Anais de 11ª Reunião Anual de Pavimentação Urbana, Poro Alegre, RS.
- FRAZÃO, E.B. (2002). Tecnologia de Rochas na construção Civil. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, SP,132 p.
- GODOY, H., BERNUCCI, L.B., SUZUKI, C.Y. (2002). Metodologia de investigação geotécnica preliminar para obras viárias: o caso da duplicação da rodovia Raposo Tavares de Cotia a São Roque - Estado de São Paulo. 10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Ouro Preto, MG, 1: 107-115.
- GODOY, H., BERNUCCI, L.B. (2000). Caracterização de propriedades geotécnicas de solos realizados no próprio campo e de maneira expedita. 32ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Brasília, DF, 1: 107-115.

GODOY, H. (1997). Identificação e Classificação Geotécnica de Latossolos do Estado de São Paulo pelo Método das Pastilhas MCT. Tese de Doutorado em Geotecnia, IG, USP, São Paulo, SP, 132 p.

GOOGLE EARTH DOWNLOAD (2010). Aplicativo de imagens de satélite. Europa Technologes Image. Digital globe. Terra metrics. Site da internet: WWW.google.com acessado em janeiro de 2011.

GRIM, E.R. (1966). Applied Clay Mineralogy. Editora Mc Graw Mill Book Co, New York, 182 p.

GTK, CONSORTIUM (2006). Map explanation. Volume 1 Sheetes 2032-2632. Geology of degree sheets, Espungabera/Chibava, Nova/Mambone, Massangena, Chidoco, Save/Bazaruto, Chicualacuala, Machaila, Chigubo, Mabote/Vilanculos, Rio Singuédzi/Massingir, Rio Changana, Funhalouro?Inhamabane, Chilembene, Chókwé, Zavala/Inharrime, Maputo, Xai-Xai/Zavala and Bela-Vista, Mozambique, Ministério de Recursos Minerais, Direcção Nacional de Geologia, Maputo, Moçambique.

IAEG – UNESCO (1976). Guide pour la préparation des cartes géotechniques. Les presses de l'Unesco. Paris. 79 p.

IBGE (2006), Manual Técnico de Uso da Terra, 2ª edição, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, p91.

IGNATIUS, S.G. (1991). Solos Tropicais: Proposta de Índice Classificador. Solos e Rochas, volume 14 número 2 pp89-93.

INE (2006). Localização geográfica. Instituto Nacional De Estatística. WWW.ine.gov.mz, Maputo.

INE (2007). Recenseamento geral. Instituto Nacional De Estatística. WWW.ine.gov.mz, Maputo.

INIA. (1992). Legenda carta de solos de Maputo e Bela Vista, 1:250000. Departamento de Terra e Água. Instituto Nacional De Investigação Agronômica. Ministério de Agricultura, Maputo.

INIA (1993). Legenda carta e legenda explicativa de solos de Chagalane e Porto Henrique, 1:50 000, 1:250000. Instituto Nacional De Investigação Agronômica. Departamento de Terra e Água, Ministério de Agricultura, Maputo.

INM-Instituto Nacional de Metrologia. (2010). Serviços de metrologia. Maputo, Moçambique.

INPE. (2008). Tutorial SPRING 3.6. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP.

ISEBRANDS, J. G.; CROW, T. R. (1975). Introduction to uses and interpretation of principal components analysis in forest biology. St. Paul: USDA Forest Service, 1975. 19 p.

JENSEN, J.R. (2009). Sensoriamento remoto ambiente. Uma perspectiva em recursos terrestres, Parêntese Editora, São José dos Campos, SP.

- JOSEPH, F.H., WILLIAM, C.B., BARRY, F.B., ROLPH, E.A., AONALD, L.T. (2009). Análise multivariada de dados. 6.ed. Artmed editora S.A.. Porto Alegre, RS.
- LAMBE, T.W. E WHITMAN, R.V. (1969). Soil Mechanics. Wiley. New York. 553p.
- LIMA, M.C. (2003). Degradação Físico-Química e Mineralógica de Maciços junto às Boçorocas. Tese de Doutorado em Geotecnia. Departamento de Engenharia civil, FT, Unb, Brasília, DF. 2003. 346p.
- LNEC (1964). Tijolos para ensaios. Características e ensaios. LNEC, Lisboa, 7p.
- LNEC (1969). Solos. Determinação dos limites de consistência. LNEC, Lisboa, Especificação.
- LNEC (1970). Agregados. Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles, LNEC, Lisboa, 3p.
- LNEC (1972). Inertes para argamassas e betões. Determinação do teor em partículas muito finas e materiais solúveis. LNEC, Lisboa, 2p.
- LNEC (1967). Solos. Determinação do pH. LNEC, Lisboa, Especificação.
- LNEC (1969). Inertes para argamassas e betões. Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de britas e godos, LNEC, Lisboa, 2p.
- LNEC (1973). Inertes para argamassas e betões. Determinação da baridade. LNEC, Lisboa, 3p.
- LNEC (1974). Agregados. Determinação da resistência ao esmagamento, LNEC, Lisboa, 4p.
- LNEC (1976). Agregados. Ensaio de alteração pelo sulfato de sódio ou pelo sulfato magnésio. LNEC, Lisboa, 4p.
- LOCH, C. (2005). Cadastro técnico multifinalitário instrumento de política fiscal e urbana. Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana. Eds Erba, D.A., Oliveira, F. L.; Lima, P.N. Rio de Janeiro, R. J. pp75-101.
- MACÊDO, I. L. (2009). Aplicação do balanço de sedimentos, em ambientes de geoprocessamento, na avaliação do assoreamento em reservatórios: o caso da bacia do Rio Indaiá- UHE três Maria, MG. Tese de Doutorado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT. Unb, Brasília. 312p.
- MATULA, M. (1979). Regional Engineering geological mapping for planning purposes. Boletim da IAEG N°19. pp 18-24.
- MENESES, P.R. (2007). Fundamentos de Sensoriamento Remoto. Notas de aulas (CD), Unb, Brasília, DF.
- MINED (1986). Atlas geográfico. Ministério da Educação. 2 edição. Esselte Map Service AB, Estocolmo, Suécia. 49p.
- TANNO, L.C. SINTONI, A (2003). Mineração e Município-Bases para Planejamento e Gestão dos Recursos Minerais. IPT, S.P, São Paulo.

- MINGOTI, S.A. (2007). Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, 297 p.
- MONCERATT, A.E., PINTO, S.DOS ANJOS, F. (1996). Caracterização e adequação do uso da terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. Anais VIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, B.A. p207-209.
- MOPTC (1990), Regulamento de Betões de ligantes Hidráulicos. Decreto-Lei N° 445/89, de 30 de Dezembro MOPTC N° 6/90-X. De 25 de Janeiro. Imprensa Nacional, Lisboa.
- MOREIRA, M.A. (2005). Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 3ª edição,UFV,Viçosa, MG.
- MTTC (1981). Method A1(a). The wet preparation and sieve analysis of gravel, sand and soils samples. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- MTTC (1981). Method A5.The determination of the percentage of material passing a 0,075 mm sieve in a soil sample. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- MTTC (1981). Method B13. The determination of the finess modulus of fine aggregates. Materials Testeing Training College (MTTC), Pretoria.
- MTTC (1981). Method B3. The determination of the flakiness index of a coarse aggregate. Materials Testing Training College (MTTC), Pretoria.
- MTTC (1981). Method B4. The sieve analysis of aggregates, including the determination of the material passing the 0,425 and 0,075 mm sieves. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- MTTC (1981). Sampling Method MA2. Sampling from a sampling pit in natural gravel, soil and sand. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- MTTC (1981).Method A7.The determination of the maximum dry density and optimum moisture content of gravel, soil and sand. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- MTTC (1981).Method A8. The determination of the California bearing ratio of untreated soils and gravels. Materials Testing Training College (MTTC), Prétória.
- NOGAMI, J.S, VILLIBOR, D.F. (1994). Identificação Expedita dos grupos de classificação MCT para solos tropicais(Foz do Iguaçu, Brasil, Anais do 10 COBRAMSEG_ABMS, Vol.4, 1293-1300.
- NOGAMI, J.S., COZZOLINO, V.M.N. (1985). A identificação de solos tropicais: dificuldades e proposta de um método preliminar. 20ª Reunião Anual de pavimentação, Fortaleza, CE, ABPv, pp. 30-41.
- NOGAMI, J.S. & VILLIBOR, D.F. (1995). Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos. Editora Vilibor, São Paulo, SP, 240 p.

- NOGAMI, J.S. e VILLIBOR, D.F. (1981). Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, ABMS, pp. 30-41.
- NOGAMI, J.S., VILLIBOR, D.F., SERRA, P.R.M. & ZUPPOLINI Neto, A. (1996). Procedimentos Não-Tradicionais na Pavimentação com Solos e Ambientes Tropicais. 30ª Reunião Anual de Pavimentação, Salvador – BA, 4: 1603-1633.
- NOVO, E.M.L.M. (2008). Sensoriamento remoto: princípios e aplicações 3ª edição. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, SP p363.
- PAIXA.L.P E MORALES, A.R. (2007). Avaliação de Argilas Bentonitas Nacionais e Argentinas Quanto potencial de Obenção de argilas organofillicas visando à Aplicação em Nanocompósitos Poliméricos. 51^o Congresso Brasileiro de Cerâmica, Salvador, BA.
- PASTORE, E.L., FORTES, R.M. (1998). Caracterização e classificação de solos. In Geologia de Engenharia. Oliveira, A. M.S., Brito, S.N.A (Eds), ABGE, São Paulo, Brasil PP.197-210.
- PATTON, W.J. (1976). Materiais de Construção. Ed. Pedagógica e Universitária Ltda, São Paulo, SP, 366 p.
- PEREIRA, C.C., LOCH, C. (2008). A importância do cadastro técnico multifinalitário para elaboração de Planos Diretores de Planos. VIII Seminário Internacional de Lares. São Paulo SP. 11p.
- PESSOA, F.H.C. (2004). Análises dos solos de Urucu para fins de uso rodoviário. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. DF, Brasília, 151P.
- PETRUCCI, E.G.R. (1976). Materiais de Construção. Editora Globo, Porto Alegre, RS, 435p.
- PINTO, C.S. (2006). Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 3ª edição, Oficina de textos. São Paulo, SP.
- RÊGO, M.C.A. (1997). Mapeamento Geotécnico da porção Sul da área de proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto. Dissertação de Mestre em Geotecnia. UnB, Brasília DF.
- RESENDE, M. CURI, N. KER, J.C. RESENDE, S.B. (2005). Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicação, Editora UFLA, Lavras, MG, 192p.
- ROSA, R. (2007). Introdução ao sensoriamento remoto 6ª edição. Editora da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, p248.
- ROSA, R., BRITO, J.L.S. (1996). Introdução ao geoprocessamento: Sistema de Informação Geografica. Uberlândia, MG, p104.
- SANTOS, E.F. (2006). Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Pulo.SP.

SANTOS, P.S. (1989). Ciência e Tecnologia de Argilas. Volume 1. 2ª Ed. Editora Edgard Blücher, São Paulo, SP.

SANTOS,R.F.,(2004).Planejamento ambiental; Teoria e Pratica. Oficina de texto. São Paulo. SP.

SERRA, C. (2007). Colectânea de legislação do ambiente, 3ª edição. Centro de Formação Jurídica e Judiciária-Ministério da Justiça, Maputo, 710P.

SILVA, A.P.F. (2000). Cartografia geotécnica do conselho de Almada e o Sistema de Informação Geo-Almada. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

SOUZA, N.M., SILVA, A. P. F., CARVALHO, J.A.R. (2007). Cartas geotécnicas tridimensionais – Contributo para o estado da arte. 6º Simpósio Braileiro de Cartografia Geotécnica e Geombiental, Uberlandia, MG.

TEIXEIRA, C.V (2008). Uso do sensoriamento para delimitação e identificação de áreas inundáveis (várzea) na bacia Amazônica. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Unb, Brasília .84p.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. (2001). Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W. (Org.). Decifrando a Terra. Ed. Oficina de textos .São Paulo, SP.

TURNER, B.L.,MEYER,W.B (1994). Global land-use and land-cover change: an overview. In: Changes in Land Use and Land Cover: a Global Perspective, MEYER,W.& TURNER,B.L. (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, England, PP.3-10.

UZUMAKI, E. T. (1994). Geoestatística multivariada: Estudo de métodos de predição.Dissertação de mestrado. Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas . Campinas ,SP , 104p.

VARGAS,M. (1985) The concept of tropical soil. First International. Conference on Geomechanics in Tropical Lateritic Solis, Brasília, DF,3:105-134.

ZANCAN, E.C. (1996). Avaliações de imóveis em massa para efeitos de atributos municipais. Rocha gráfica e editora Ltda, Florianópolis, SC 114 p.

ZUQUETTE, L.V. (1987). Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológico para as condições brasileiras. Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos, SP. 3 vols, 673 p.

ZUQUETTE, L.V.,GANDOLFI, N. (2004). Cartografia Geotécnica. Oficina de Textos, São Paulo, SP, 190 p.

ZUQUETTE,L.V.,COLARES,J.,PEJON,O.P. (2004). Land degradation assessment based on environmental goindicators in the Fortaleza metropolitan, State of Ceará. Environmental Geology, Vol.45 (3), Brasil.pp408-425

ANEXO A
RESULTADOS DA TABULAÇÃO CRUZADA

Tabela A:1 - Resultados da tabulação cruzada entre carta de declividade e carta de solos

solos declividade	Dunas costeiras	Planície arenosa	Colinas de grês	Ped.de Mananga	Post-Mananga	Plat. de seixos rol.	Afl. de rochas sedimentares	C.v. de Libombos	Coluviões	Aluviões	Total
0 a 2%	223,2378	2186,6958	125,8596	790,4475	281,8638	57,2319	99,6957	532,2024	239,754	1024,86	5561,852
2 a 5%	333,0486	2393,5419	174,4812	936,3924	405,4653	122,9085	148,6008	1188,6219	371,427	877,474	6951,962
5 a 10%	192,5631	655,1739	58,0428	257,7501	129,0177	58,3362	62,0172	946,8864	173,91	283,703	2817,401
10 a 15%	39,87	72,9279	6,4422	22,3875	12,5316	8,496	7,2747	304,1469	28,0818	39,7863	541,9449
>15%	19,6569	24,5385	1,2699	5,1696	2,8836	3,3453	1,1988	191,5065	11,2302	16,3818	277,1811
Total	808,3764	5332,878	366,0957	2012,1471	831,762	250,3179	318,7872	3163,3641	824,4027	2242,2096	16150,34

Tabela A: 1- Resultados da tabulação cruzada entre carta de declividade e carta de solos (continuação)

solos declividade	Dunas costeiras	Planície arenosa	Colinas de grês	Ped.de Mananga	Post-Mananga	Plat. de seixos rol.	Afl. de rochas sedimentares	C.v. de Libombos	Coluviões	Aluviões	Total
0 a 2%	27,62	41,00	34,38	39,28	33,89	22,86	31,27	16,82	29,08	45,71	34,44
2 a 5%	41,20	44,88	47,66	46,54	48,75	49,10	46,61	37,57	45,05	39,13	43,05
5 a 10%	23,82	12,29	15,85	12,81	15,51	23,30	19,45	29,93	21,10	12,65	17,44
10 a 15%	4,93	1,37	1,76	1,11	1,51	3,39	2,28	9,61	3,41	1,77	3,36
>15%	2,43	0,46	0,35	0,26	0,35	1,34	0,38	6,05	1,36	0,73	1,72
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela A:2 - Resultados da tabulação cruzada entre carta de unidade de solos e carta geomorfológica

Geomorfologia solos	Dunas costeiras	Planície arenosa	Colinas de gres	Ped. de Mananga	Post-Mananga	Plat. de seixos rolados	Afl. de rochas sedimentares	Cadeia de Libombos	Coluviões	Aluviões	Total
Depressões ocup.lagos	13,86	25,75	14,16	11,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,53	
Pântanos ocup leitos	0,00	113,21	23,37	119,95	20,00	7,07	86,54	3,20	60,73	319,74	
Fundos dos vales	0,78	145,52	40,48	457,76	185,13	7,87	0,00	34,20	58,23	189,74	
Planícies de acumulação	0,78	145,52	40,48	457,76	185,13	7,87	0,00	34,20	58,23	189,74	
Planície c depositos v	285,80	756,20	0,42	29,05	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	231,56	
Planície e depressoes	16,97	2533,12	105,55	439,27	49,06	8,97	72,30	0,00	5,39	139,26	
Planícies baixas	0,00	1120,65	43,98	417,89	228,40	34,43	17,20	22,49	26,47	89,92	
Pl. de acumulação m	8,81	209,24	6,85	18,61	3,44	0,00	0,00	0,00	0,00	19,56	
Formações dunares	334,73	126,17	33,72	40,36	11,69	0,00	0,00	0,00	0,00	148,71	
Maçõ de riolito	0,00	0,00	0,00	0,00	13,17	11,93	0,00	1246,08	168,74	1,68	
Mantos de basaltos	0,00	2,94	6,41	49,65	166,10	133,04	104,09	1831,14	457,84	105,89	
Total	661,72	5178,32	315,41	2041,44	862,43	211,18	280,13	3171,30	835,63	1450,33	

Tabela A:2 - Resultados da tabulação cruzada entre carta de unidade de solos e carta geomorfológica (continuação)

Geomorfologia solos	Dunas costeiras	Planície arenosa	Colinas de gres	Ped. de Mananga	Post-Mananga	Plat. de seixos rolados	Afl. de rochas sedimentares	Cadeia de Libombos	Coluviões	Aluviões	Total
Depressões ocup.lagos	2,09	0,50	4,49	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,53
Pântanos ocup leitos	0,00	2,19	7,41	5,88	2,32	3,35	30,89	0,10	7,27	22,05	5,02
Fundos dos vales	0,12	2,81	12,83	22,42	21,47	3,73	0,00	1,08	6,97	13,08	7,46
Planícies de acumulação	0,12	2,81	12,83	22,42	21,47	3,73	0,00	1,08	6,97	13,08	7,46
Planície c depositos v	43,19	14,60	0,13	1,42	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	15,97	8,68
Planície e depressoes	2,56	48,92	33,46	21,52	5,69	4,25	25,81	0,00	0,65	9,60	22,45
Planícies baixas	0,00	21,64	13,94	20,47	26,48	16,30	6,14	0,71	3,17	6,20	13,34
Pl. de acumulação m	1,33	4,04	2,17	0,91	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	1,78
Formações dunares	50,58	2,44	10,69	1,98	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	10,25	4,63
Maçõ de riolito	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	5,65	0,00	39,29	20,19	0,12	9,61
Mantos de basaltos	0,00	0,06	2,03	2,43	19,26	63,00	37,16	57,74	54,79	7,30	19,04
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

ANEXO B

**FICHAS DE CADASTRO DE MATERIAIS NATURAIS
DE CONSTRUÇÃO EM EXPLORAÇÃO**

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº01/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Crimildo

Cargo: Técnico médio de construção civil

Nome do titular/dono: Governo do distrito de Magude

Endereço: Zona da missão - Timanguene a 2 km da vila

Área em exploração: Sim Não Data de início: 2000

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 37' 43"	25° 02' 03,1"	54	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A1/2008 (Areia de cor castanha amarelada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 5 a 10

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

3. FOTO



Figura B: 1 - Câmara de empréstimo: areia, Magude
Maputo, aos 18 Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 02/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Crimildo

Cargo: Técnico médio de construção civil

Nome do titular/dono: Governo do distrito de Magude

Endereço: Proximo Manadtha 2 - 131

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 37' 54,9"	25° 02' 24,4"	28	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A2/2008 (Areia grossa aluvionar de cor acastanhada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 5 a 10

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	x
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

3. FOTO



Figura B: 2 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Magude
Maputo, aos 18 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDICO
Nº 04/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Mondlane

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Governo do distrito de Marracuene

Endereço: Marracuene

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 38' 50.7"	25° 44' 43.8"	29	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A4/2008 (areia de cor castanho avermelhada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 15

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 3 - Câmara de empréstimo: areia, Marracuene
Maputo, aos 17 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDICO
Nº 05/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Luisa Gabriel

cargo: Encarregada

Nome do titular/dono: Marcia Amelia da conceição Costa (ponto 206)

Endereço: Marracuene

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 36' 3,88"	25° 46' 14,01"	42	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A5/2008 (areia fina de branca cinzentada)

2.3. Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 15

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 4 - Câmara de empréstimo: areia fina, Marcia Amelia da Conceição Costa, Marracuene Maputo, aos 17 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDICO
Nº 06/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Pedro Manuel

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Tamêga – Pedreira de Movene

Endereço: Namaacha – Estrada antiga de Moamba

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 22,1"	25° 51' 06,6"	72	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A6/2008 (Calhaus rolados)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 20

2.4.Métodos de lavra

cava	desmonte	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 5 - Pedreira: calhaus rolados, Tamega, Namaacha
Maputo, aos 16 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDICO
Nº 07/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Carlitos Zumbane

cargo: Economista

Nome do titular/dono: Extramac – Pedreira de Movene (ponto 124)

Endereço: Boane

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 16' 57,38"	26° 06' 15,47"	18	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local:A7/2008 (Rocha de cor cinzenta, quartzo_latito)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 20

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
	X	X

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	X
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 6 - Pedreira: quartzo latito, Extramac, Boane
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO Nº 08/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Carlitos Zumbane

cargo: Economista

Nome do titular/dono: Extramac – Pedreira de Munguine

Endereço: Pequeninos Libombos - Boane

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1999

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 56,6"	26° 08' 27,8"	93	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A8/2008 (rocha de cor acastanhada , Riolito)

2.3. Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 25

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
	X	X

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	X
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

3. FOTO



Figura B: 7 - Pedreira: rocha riolítica, Extramac Munguene, Boane
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 09/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Amade Esmael

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Riolitos de Moçambique (ponto 116)

Endereço: Namaacha

Área em exploração: Sim Não Data de inicio: 1998

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 13' 18,5"	26° 02' 47,5"	163	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A9/2008 (Rocha de cor castanha avermelhada, Riolito)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 25

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
	X	X

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	X
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 8 - Pedreira: rocha riolítica, Riolutos de Moçambique, Namaacha Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 10/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Rugunate

cargo: Director

Nome do titular/dono: Rugunate (ponto 118)

Endereço: Namaacha

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra			UTM	
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 15,1"	26° 02' 46,4"	61	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A10/2008 (Rocha de cor castanho avermelhada, Riolito)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 20

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
	X	X

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6.Aplicações (uso do material que produz)

Areas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertua e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7.Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8.Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9.Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	X
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10.Disposição de rejeito(local)

3.FOTO



Figura B: 9 - Pedreira: rocha riolitica, Rugunate, Namaacha
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 11/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Movene
Nome do titular/dono: Movene
Endereço: Namaacha

cargo: Director

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 02,06"	26° 03' 11,33"	61	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local:

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 20

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
	X	X

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	X
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	X
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO

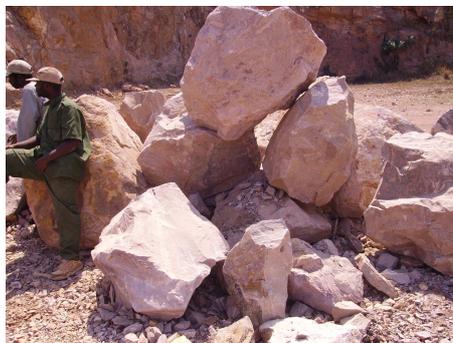


Figura B: 10 - Pedreira: rocha riolítica de Movene, Namaacha
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 12/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Agostinho
Nome do titular/dono: João Francisco
Endereço: Moamba, Depois da ponte

cargo: guarda

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

2.1.Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 58,6"	25° 32' 35"	79	36	WGS84

2.2.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A12/2008 (Areia aluvionar de cor castanha acinzentada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 20

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 11 - Câmara de empréstimo; areia aluvionar, Francisco João, Moamba Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 25/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo:
Nome do titular/dono: Governo do distrito da Manhiça
Endereço: Manhiça

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

2.1.Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 46'36,5"	25° 24' 36,3"	30	36	WGS84

2.2.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A25/2008 (Areia de cor castanha amarelada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Areas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertua e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 12 - Câmara de empréstimo: areia, Manhiça
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 29/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Gannel Luis cargo: Encarregado
Nome do titular/dono: Luis Catoza – ponto 10
Endereço: Moamba

Área em exploração: Sim Não Data de início: 2000

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 15' 59,7"	25° 30' 58"	70	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local:A29/2008 (Areia aluvionar de cor castanha acinzentada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 13 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Luis Catoza, Moamba
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 37/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo: _____
Nome do titular/dono: saibreira do governo de Moamba 1
Endereço: Moamba em direção a Magude

Área em exploração: Sim Não Data de início: _____

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 13' 56,3"	25° 24' 57,8"		36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A37/2008 (Areia de cor castanha amarelada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): _____

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3.FOTO



Figura B: 14 - Câmara de empréstimo: areia, Moamba a caminho de Maguide, Moamba Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 38/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo: _____
Nome do titular/dono: saibreira do governo de Moamba 2
Endereço: Moamba em direção a Magude

Área em exploração: Sim Não Data de inicio: _____

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 16' 35,7"	25° 20' 7,1"	63	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A38/2008 (Areia de cor acastanhada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): _____

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 15 - Câmara de empréstimo: areia, Moamba
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 44/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo: _____
Nome do titular/dono: Governo da Matola - Texlon
Endereço: Matola ponto 200

Área em exploração: Sim Não Data de início: _____

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 25' 54.3"	25° 54' 05.5"	18	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A44/2008 (Areia de cor avermelhada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): _____

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6.Aplicações (uso do material que produz)

Areas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertua e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7.Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8.Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9.Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10.Disposição de rejeito(local):

3.FOTO



Figura B: 16 - Câmara de empréstimo:areia, Matola-Textlon, Matola
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 45/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Isarel Germias

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Areiro grupo Kanimambo

Endereço: Moamba 149

Área em exploração: Sim Não Data de início: 2004

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 12' 23,9"	25° 33' 44,8"	73	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A45/2008 (Areia aluvionar de cor cinzenta)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 17 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Kanimambo, Moamba
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 48/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Basílio Paulino

cargo: Tenente

Nome do titular/dono: Ministério da Defesa Nacional

Endereço: Moamba ponto 05

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 15' 34,1"	25° 34' 9,1"	83	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila	X	
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A48/2008 (Argila de cor escura)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 18 - Câmara de empréstimo: argila, Ministério da Defesa, Moamba
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 56/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

cargo:

Nome do titular/dono: Areiro do Governo de Xinavane-Manhiça

Endereço: Xinavane

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 44' 12"	25° 01' 6,1"	20	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A56/2008 (Areia aluvionar de cor castanha acinzentada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social Social	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 19 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Xinavane, Manhiça
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 57/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

cargo:

Nome do titular/dono: Governo de Palmeira-Manhiça

Endereço: Palmeira

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 52' 14,6"	25° 15' 13,4"	20	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A57/2008 (Areia de cor castanha)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 20 - Câmara de empréstimo: areia, Palmeiras- Manhiça
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 63/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

cargo:

Nome do titular/dono: Pedreira da Ara Sul

Endereço: Boane ponto 111

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 14' 4,5"	26° 04' 58,6"	71	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A62/2008 (Rocha de cor castanha, Riolito)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	X
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3.FOTO



Figura B: 21 - Pedreira: rocha riolítica, Ara Sul pequenos Libombos, Boane Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 64/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

cargo:

Nome do titular/dono: CIMOC Lda

Endereço: Boane ponto 205

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1999

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 23' 06,92"	26° 03' 18,57"			

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila	X	
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A51/2008 (Argila de cor escura)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	X
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 22 - Câmara de empréstimo: argila, Cimoc-Umbeluz, Boane
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 66/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: António Francisco

Nome do titular/dono: Agro-Areias, Lda

cargo: Encarregado

Endereço: Umbeluzi, Boane ponto 287

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1998

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 21' 41,6"	26° 04' 26"	13	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A64/2008 (Areia aluvionar de cor castanha)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 23 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Agro-Areias, Umbeluzi, Boane Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 68/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Lino Tivane
Nome do titular/dono: Tick José Tembo

cargo: Encarregado

Endereço: Umbeluzi, Boane ponto 284

Área em exploração: Sim Não Data de início: 2000

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 20' 18,6"	26° 04' 5,5"	11	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A65/2008 (Areia aluvionar de cor castanha acinzentada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 24 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Tick José Tembo, Moamba Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 72/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

cargo:

Nome do titular/dono:

Endereço: Boane em direcção a barragem de Pequenos libombos no cruzamento

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 18' 59,3"	26° 03' 47,8"	33	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A67/2008 (Areia de cor castanha avermelhada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 25 - Câmara de empréstimo: areia, desvio para Pequenos Libombos, Boane Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 75/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Germias Langa
Nome do titular/dono: Paulo António Manala

cargo: Encarregado

Endereço: Boane em direcção a barragem de Pequenos libombos no cruzamento

Área em exploração: Sim Não Data de início: 2008

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 23' 15,5"	25° 53' 35,8"	12	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A69/2008 (Areia de cor castanha avermelhada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 26 - Câmara de empréstimo: areia, Germias Langa, Beluluane, Boane
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 90/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo:
Nome do titular/dono: Governo do posto administrativo de Salamanga

Endereço: Câmara de empréstimo de Salamanga

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 42' 13,06"	26° 31' 45,89"	23	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A76/2008 (Areia de cor amarelada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 5 anos

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	X
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 27 - Câmara de empréstimo: areia, posto Administrativo de Salamanga, Matutuine Maputo, aos 4 de Dezembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 96/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: _____ cargo:
Nome do titular/dono: Câmara de empréstimo do Mahubo-Catuane

Endereço: Boane em direção a Catuane

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 19' 56,5"	26° 10' 50,9"	21	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A79/2008 (Areia de cor castanha amarelada)

2.3. Reservas

Detalhe	Reservas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	X
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 28 - Câmara de empretimo: areia, Mahubo em direção a Catuane, Boane Maputo, aos 4 de Dezembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 97/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Arsenio Tovela

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Carlos Vidane Tovela

Endereço: Boane

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1979

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 18'1,3"	26° 02' 43,45"	8	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local:A80/2008 (Areia aluvionar de cor castanhada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	X
Magude	
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 29 - Câmara de empréstimo: areia aluvionar, Carlos Tovela, Boane Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDICO
Nº 98/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Isac Natovela

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Marcia Amelia da conceição Costa

Endereço: Maputo (ponto 333)

Área em exploração: Sim Não Data de inicio:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 37' 28,9"	25° 47' 23,07"	33	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A81/2008 (Areia de cor branca acinzentada)

2.3. Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 15

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	X
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local)

3. FOTO



Figura B: 30 - Câmara de empréstimo: areia fina, Marcia Amelia, Maputo
Maputo, aos 17 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº100/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Nicolau Dias

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Câmara de empréstimo do sr José António Mascarenhas

Endereço: Marracuene-Guava, ponto 303

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 37' 20.6"	25° 49' 52.1"	43	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A82/2008 (Areia de cor castanha avermelhada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	
Matola	
Marracuene	
Moamba	
Manhiça	
Matutuine	X
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 31 - Câmara de empretimo: areia, José António Mascarenhas, Maputo
Maputo, aos 4 de Dezembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº101/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante:

Nome do titular/dono: Câmara de empréstimo do governo da matola

cargo:

Endereço: Matola-Kongolote

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 32'0,7"	25° 51' 08,7"	42	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia	X	
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A83/2008 (Areia de cor castanha amarelada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	X
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	
Moamba	X
Manhiça	
Matutuine	X
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	X
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo I	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 32 - Câmara de empretimo: areia, Kongolote, Matola
Maputo, aos 4 de Dezembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 102/2008

1. INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Gianluca Marzngon
Nome do titular/dono: Pedreira da Sulbrita-CMC
Endereço: Namaacha, ponto 123

cargo: Diretor

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2. INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 16' 57,08"	26° 01' 0,91"	43	36	WGS84

2.1. Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A84/2008 (Rocha de cor castanhada, riolito)

2.3. Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 10

2.4. Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X	X	X

2.5. Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	X
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 33 - Pedreira: rocha riolitita, Sulbrita-CMC, Namaacha
Maputo, aos 15 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 103/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Geronimo Rodrigues

cargo:Encarregado

Nome do titular/dono: Albino Issofo

Endereço:3 de Fevereiro

Área em exploração: Sim Não Data de início:

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 48' 32"	25° 08' 28,5"	12	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila	X	
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra		
Pedra britada(pd,p1a p5)		
Pó de pedra		
Areia de brita		
Filler		
Rejeito		

Referência da amostra coletada no local: A85/2008 (Argila castanha amarelada)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos):

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	
Argamassa	
Alvenaria	
Pavimentação	
Enrocamento	
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	
Marracuene	X
Moamba	
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	
Ressano Gracias	
Boane	

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	
Social positivo	X

3. FOTO



Figura B: 34 - Câmara de emprestima: argila, Aldeia 3 de Fevereiro, Manhiça
Maputo, aos 18 de Setembro de 2008

FICHA DE CADASTRO

CÓDIGO
Nº 104/2008

1.INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Nome do informante: Custodio Langa

cargo: Encarregado

Nome do titular/dono: Pedreira da Sulbrita-CMC

Endereço: Moamba

Área em exploração: Sim Não Data de início: 1999

2.INFORMAÇÃO DO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Localização

Coordenadas geográficas da lavra				
Longitude(GMS)	Latitude(GMS)	Elevação (m)	Zona	Datum
32° 18' 56,4"	25° 45' 44,5"	50	36	WGS84

2.1.Produção

Produtos da jazida	Marca X	Produção t/ano
Argila		
Areia		
Cascalho		
Bloco de pedra	X	
Pedra britada(pd,p1a p5)	X	
Pó de pedra	X	
Areia de brita	X	
Filler	X	
Rejeito	X	

Referência da amostra coletada no local: A86/2008 (rocha de cor cincenta escura, sienito)

2.3.Reservas

Detalhe	Revervas(t)	Observações
Medida		
Inferida		
Lavrável		

Vida útil (anos): 5

2.4.Métodos de lavra

cava	encosta	bancada
X		X

2.5.Planejamento de exploração da lavra

Atividades	Unidades	Programado	Executado	Programa/ano seguinte
Programa de amostragem	N. de amostras			
Perfuração ou rotativa	m			
Trincheiras	m			
Mapeamento superficial	Escala			

2.6. Aplicações (uso do material que produz)

Áreas de aplicação	marca X
Concreto	X
Argamassa	X
Alvenaria	X
Pavimentação	X
Enrocamento	X
Cobertura e tijolo	X
Ornamentação	
Produção do cimento	

2.7. Destino do material (centros consumidores)

Distritos	marca X
Maputo	X
Matola	X
Marracuene	X
Moamba	X
Manhiça	X
Matutuine	
Magude	X
Ressano Gracias	X
Boane	X

2.8. Licenciamento ambiental: Sim Não

2.9. Impactos sócio-ambientais

Tipos	marca X
Vegetação	
Solo	
Contaminação de águas	
Poluição	X
Erosão	
Alteração de aquíferos	
Instabilidades de taludes	X
Social positivo	X

2.10. Disposição de rejeito (local):

3. FOTO



Figura B: 35 - Pedreira: sientos, Sulbrito- CMC, Moamba
Maputo, aos 25 de Dezembro de 2008

ANEXO C

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IDENTIFICAÇÃO SOBRE
CLASSIFICAÇÃO

SOBRE AMOSTRAS COLETADAS EM 2009

ANEXO D
DIFRATOGRAMAS DE AMOSTRAS REALIZADAS

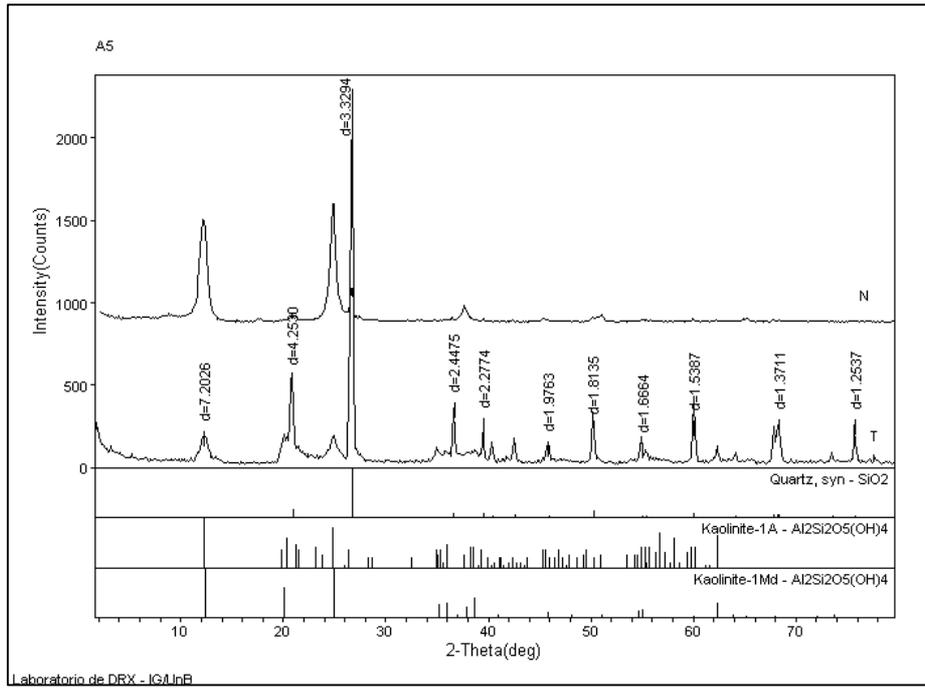


Figura D:1 - Difratoograma da amostra A5/2009, planície arenosa (classe de solo Aa)

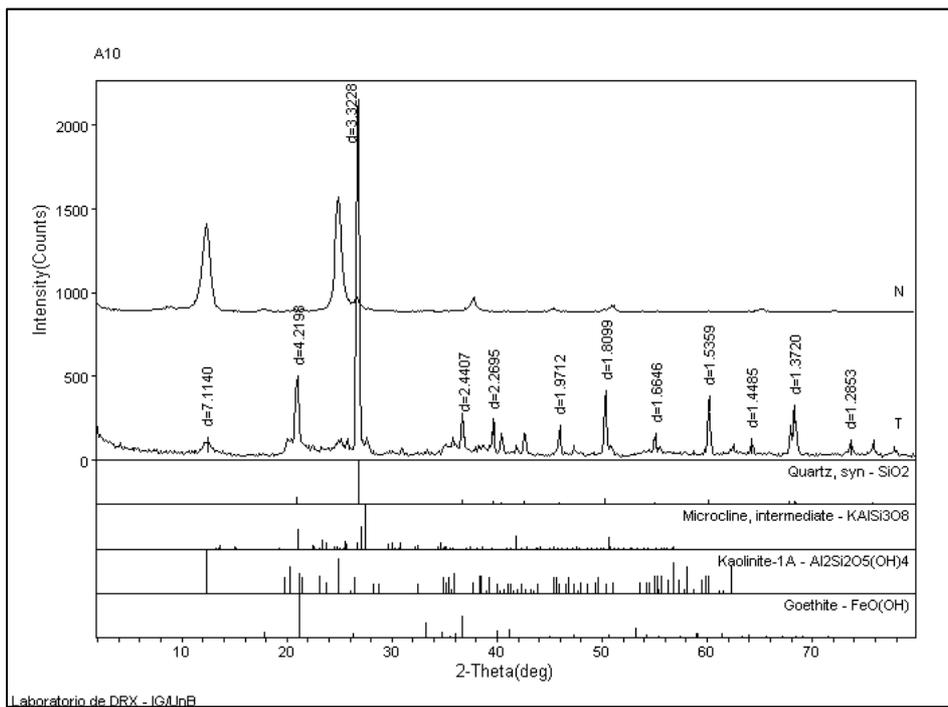


Figura D:2 - Difratoograma da amostra A10/2009, colina de grés (classe de solo G)

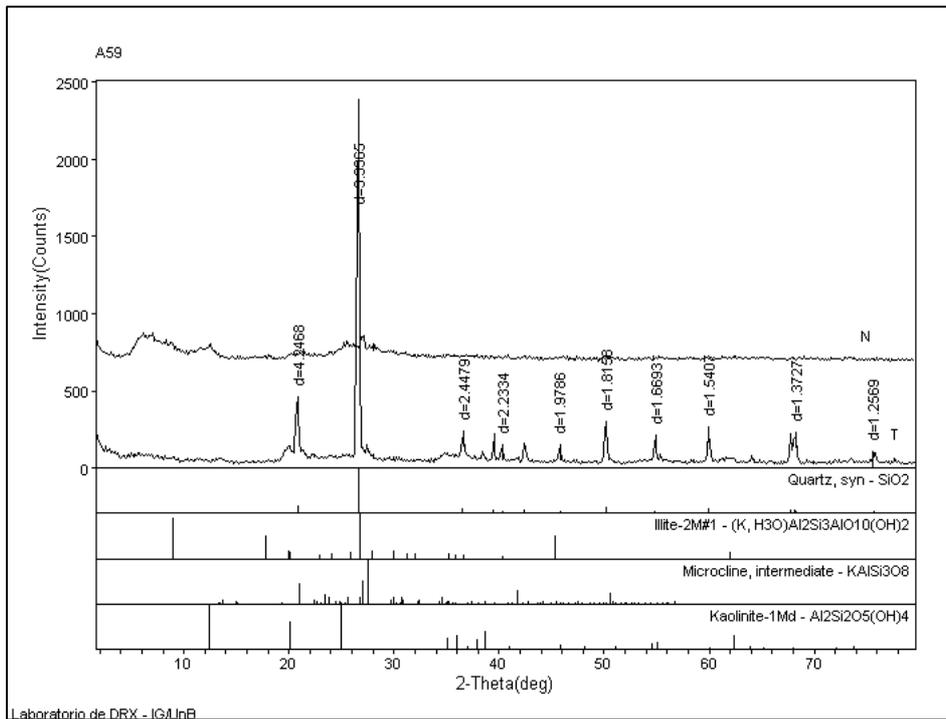


Figura D:3 - Difratoograma da amostra A59/2009, Pedimentos de Mananga (classe de solo M1)

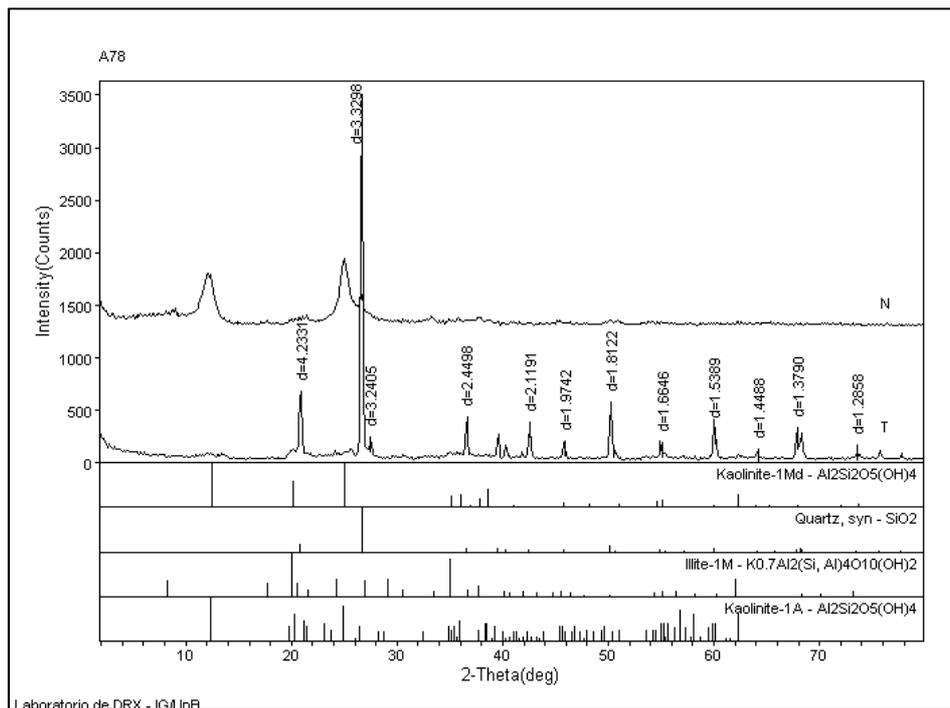


Figura D:4 - Difratoograma da amostra A78/2009 Post-Mananga (classe de solo P3)

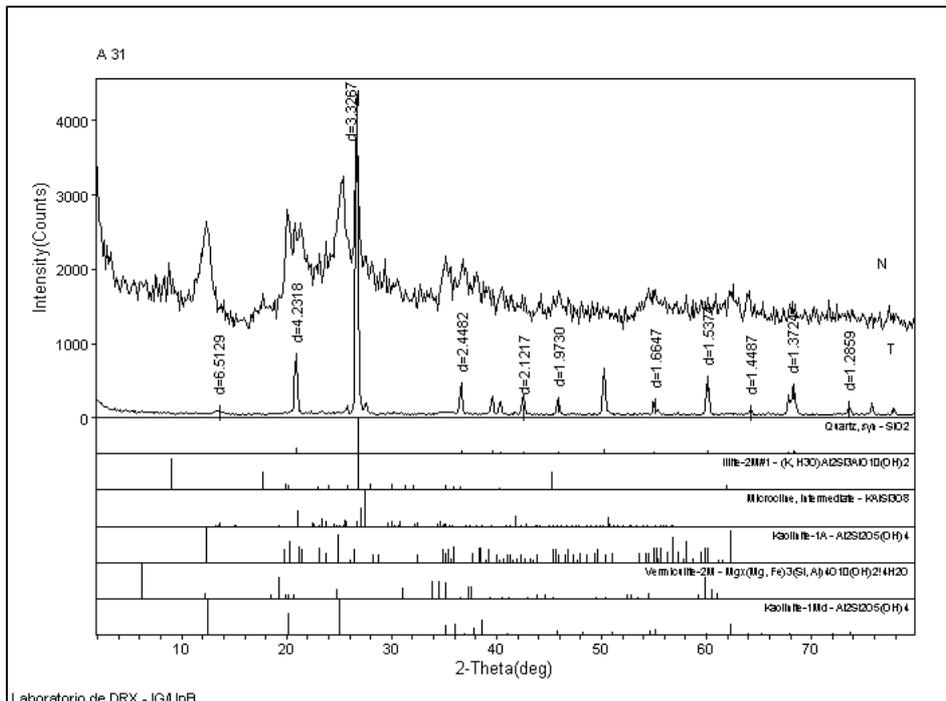


Figura D:5 - Difratoograma da amostra A31/2009 Post-Mananga (classe de solo P3j)

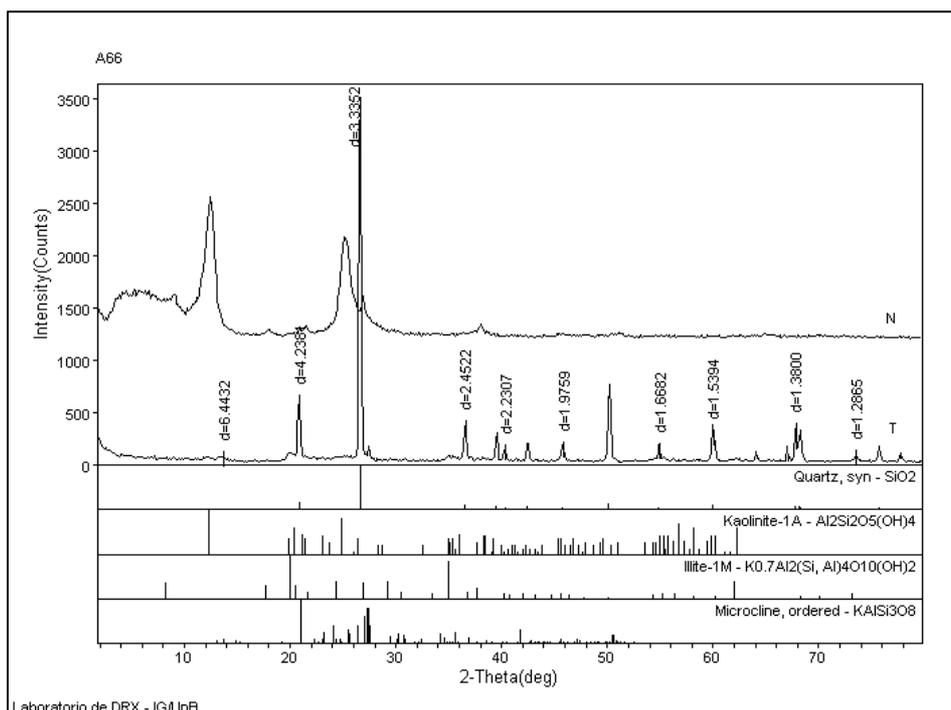


Figura D:6 - Difratoograma da amostra A66/2009, aluviões (classe de solo Ft)

ANEXO E
PROGRAMAÇÃO LEGAL

Tabela E:1 - Programação Legal para obtenção da cata de textura de grupo de solos

```

{
Tematico solo ("Mapa-sologeral");
Tematico recl ("Textura");
Tabela juntar (Reclassificacao);
solo = Recupere (Nome="carta-solos");
recl = Novo (Nome= "grupo", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000);
juntar = Novo (CategoriaIni = "Mapa-sologeral", CategoriaFim = "Textura",
"De":"arenosa",
"Dv":"arenosa",
"Aa":"arenosa",
"Ab":"arenosa",
"Ah":"arenosa",
"Aj":"arenosa",
"dAa":"arenosa",
"dAj":"arenosa",
"G":"arenosa",
"M1":"arenosaargilosa",
"M2":"arenosaargilosa",
"M3":"arenosaargilosa",
"M4":"arenosaargilosa",
"P1":"arenosaargilosa",
"P2":"arenosaargilosa",
"P3":"arenosa",
"P3j":"arenosa",
"P4":"argilosa",
"Sc":"argilosa",
"S1":"argilosa",
"S":"argilosa",
"Sm":"arenosaargilosa",
"Sv":"arenosaargilosa",
"Ko":"argilosa",
"Kp":"argilosa",
"Kv":"argilosa",
"Wp":"argilosa",
"Wpk":"argilosa",
"B1":"arenosaargilosa",
"Bp":"argilosa",
"Bp2":"argilosa",
"Bp3":"argilosa",
"Bv":"argilosa",
"Bv1":"argilosa",
"Bv3":"argilosa",
"pR1":"arenosaargilosa",
"Rv":"argilosa",
"R1":"arenosaargilosa",
"Cw":"argilosa",
"Cs":"argilosa",
"Cm":"argilosa",
"Ccf":"argilosa",
"Fa":"argilosa",
"Fc":"argilosa",
"Fe":"argilosa",
"Fs":"arenosa",
"Ft":"arenosa",
"Fta":"argilosa",
"tFs":"arenosa",
);
recl = Reclassifique (solo, juntar);
}

```

ANEXO F

RESULTADOS DA MASSA DA BRITA ENSAIADA DURANTE 48 HORAS

Tabela F:1 - Resultados da massa da amostra A6/2008 (seixos rolados)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	3067	735,5	5893	808	2332	5085	20
5	3874	735,5	5966	808	3139	5158	21
15	3869	735,5	5967	808	3134	5159	21
30	3870	735,5	5967	808	3135	5159	21
60	3870	735,5	5972	808	3135	5164	21
120	3875	735,5	5973	808	3140	5165	21
240	3875	735,5	5977	808	3140	5169	21
360	3878	735,5	5977	808	3143	5169	21
1440	3888	735,5	5987	808	3153	5179	20
1680	3890	735,5	5987	808	3155	5179	20
1860	3894	735,5	5988	808	3159	5180	20
2880	3894	735,5	5995	808	3159	5187	20

Tabela F:2 - Resultados da massa da amostra A7/2008 (quartzo-latito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+c esto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	2970	1048	6141	1161	1922	4980	19
5	2976	1048	6155	1161	1928	4994	19
15	2991	1048	6162	1161	1943	5001	19
30	4030	1048	6167	1161	2982	5006	19
60	4034	1048	6170	1161	2986	5009	19
120	4047	1048	6171	1161	2999	5009,5	19
240	4051	1048	6180	1161	3003	5018,5	20
360	4053	1048	6181	1161	3005	5020	20,4
1440	4075	1048	6193	1161	3027	5032	19,3
1680	4077	1048	6195	1161	3028,5	5034	20
1860	4078	1048	6197	1161	3030	5035,5	20
2880	4079	1048	6207	1161	3030,5	5046	20

Tabela F:3 - Resultados da massa da amostra A8/2008 (riolito).

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	3996	1048	6151	1161	2948	4990	20
5	4000	1048	6172	1161	2951,5	5011	20
15	4002	1048	6173	1161	2954	5012	20
30	4003	1048	6175	1161	2955	5014	20
60	4016	1048	6177	1161	2968	5016	20
120	4029	1048	6180	1161	2981	5019	20
240	4037	1048	6194	1161	2989	5033	20
360	4041	1048	6204	1161	2993	5043	20
1440	4043	1048	6209	1161	2995	5048	20
1680	4044	1048	6210	1161	2996	5049	20
1860	4053	1048	6211	1161	3005	5050	20
2880	4054	1048	6212	1161	3006	5051	20

Tabela F:4 - Resultados da massa da amostra A9/2008 (riolito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	2731	1048	6251	1161	1683	5090	17
5	2803	1048	6310	1161	1755	5149	17
15	4000	1048	6346	1161	2952	5185	17
30	4018	1048	6365	1161	2970	5204	17
60	4033	1048	6372	1161	2985	5211	17
120	4039	1048	6380	1161	2991	5219	17,2
240	4051	1048	6381	1161	3003	5220	18,2
360	4055	1048	6390	1161	3007	5229	18,8
1440	4063	1048	6398	1161	3015	5237	17,3
1680	4068	1048	6402	1161	3020	5241	18,1
1860	4077	1048	6405	1161	3029	5244	18,5
2880	4077	1048	6407	1161	3029	5246	19

Tabela F:5 - Resultados da massa da amostra 10/2008 (riolito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	2807	735	5852	803	2072	5049	19
5	3680	735	5958	803	2945	5155	19
15	3697	735	5980	803	2962	5177	19,5
30	3717	735	5988	803	2982	5185	19,5
60	3727	735	5990	803	2992	5187	19,5
120	3728	735	5990	803	2993	5187	19,5
240	3732	735	5994	803	2997	5191	19,5
360	3738	735	5995	803	3003	5192	20
1440	3740	735	6000	803	3005	5197	17,5
1680	3743	735	6005	803	3008	5202	17,6
1860	3743	735	6008	803	3008	5205	18,7
2880	3744	735	6014	803	3009	5211	18

Tabela F:6 - Resultados da massa da amostra A11/2008 (riolito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	3540	735	5848	803	2805	5045	18,8
5	3591	735	5905	803	2856	5102	18,9
15	3643	735	5940	803	2908	5137	18,9
30	3666	735	5967	803	2931	5164	18,9
60	3691	735	5984	803	2956	5181	19
120	3720	735	5993	803	2985	5190	19
240	3727	735	5999	803	2992	5196	21
360	3731	735	6003	803	2996	5200	18
1440	3739	735	6015	803	3004	5212	18
1680	3749	735	6015	803	3014	5212	21
1860	3750	735	6016	803	3015	5213	19
2880	3750	735	6017	803	3015	5214	18

Tabela F:7 - Resultados da massa da amostra A62/2008 (riolito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+c esto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	3980	1036	6200	1196	2944	5004	19
5	4020	1036	6210	1196	2984	5014	19
15	4037	1036	6211	1196	3001	5015	19
30	4042	1036	6312	1196	3006	5116	19
60	4048	1036	6312	1196	3012	5116	19
120	4052	1036	6313	1196	3016	5117	20
240	4055	1036	6315	1196	3019	5119	20
360	4057	1036	6322	1196	3021	5126	21
1440	4066	1036	6323	1196	3030	5127	18
1680	4068	1036	6323	1196	3032	5127	20
1860	4069	1036	6324	1196	3033	5128	20
2880	4070	1036	6324	1196	3034	5128	19

Tabela F:8 - Resultados da massa da amostra A84/2008 (riolito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+c esto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	2775	1048	6156	1161	1727	4995	18,5
5	2791	1048	6211	1161	1743	5050	18,5
15	3967	1048	6227	1161	2919	5066	18,5
30	3979	1048	6234	1161	2931	5073	18,5
60	3989	1048	6243	1161	2941	5082	18,5
120	3999	1048	6250	1161	2951	5089	18,8
240	4007	1048	6254	1161	2959	5093	19,4
360	4012	1048	6260	1161	2964	5099	19,6
1440	4021	1048	6263	1161	2973	5102	18,2
1680	4028	1048	6269	1161	2980	5108	19
1860	4035	1048	6270	1161	2987	5109	20
2880	4035,5	1048	6270	1161	2987,5	5109	20

Tabela F:9 - Resultados da massa da amostra A86/2008 (sienito)

Tempo (min)	Peso da amostra imerso+cesto (g)	Peso do cesto na água (g)	Peso da amostra seco + cesto (g)	Peso do cesto no ar (g)	Peso da amostra imerso (g)	Peso da amostra seco(g)	Temperatura (°C)
0	3777	735	5805	803	3042	5002	20
5	3778	735	5815	803	3043	5012	20
15	3780	735	5816	803	3045	5013	20
30	3782	735	5816	803	3047	5013	20
60	3782	735	5817	803	3047	5014	20
120	3785,5	735	5818	803	3050,5	5015	21
240	3787,5	735	5818	803	3052,5	5015	21
360	3788,5	735	5819	803	3053,5	5016	21
1440	3789	735	5819	803	3054	5016	21
1680	3792,5	735	5820	803	3057,5	5017	21
1860	3792,5	735	5821	803	3057,5	5018	21
2880	3792,5	735	5823	803	3057,5	5020	21

ANEXO G
SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO E POTENCIAL USO DOS MATERIAIS

SÍMBOLO	AGRUPAMENTO DE SOLO	CARACTERÍSTICAS DOMINANTES DO SUBSOLO	GEOLOGIA	FORMA DO TERRENO	TOPOGRAFIA E DECLIVE (%)	TEXTURA DO SOLO SUPERFICIAL E SUBSOLO
Dc	Solos de dunas costeiras amarelados	Areia castanho-acinzentada, solos profundos	Áreas eólicas. Pleistoc recente	Dunas costeiras amareladas	Colinas a (0-35)	Ar/Ar
Dv	Solos de dunas costeiras avermelhadas	Areia avermelhada-escuro, solos muito profundos	Dunas costeiras calcário cimentado Pleistoc. Médio	Dunas costeiras avermelhadas	Fort. Ond (0-15)	Ar-ArFr/Ar-ArFr
Da	Solos arenosos amarelados	Areia castanha- amarelado, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Planícies arenosas	Quase plana (0-2)	Ar-ArFr/Ar-ArFr
dAa	Solos arenosos amarelados, fase dunar	Areia castanha- amarelado, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Dunas interior	Ondulada (>2)	Ar-ArFr/Ar-ArFr
Aj	Solos arenosos alaranjados	Areia acastanhada, solos muitos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Planícies arenosas	Quase plana (0-2)	Ar-ArFr/Ar-ArFr
dAj	Solos arenosos alaranjados, fase dunar	Areia acastanhada, solos muitos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Dunas interior	Ondulada (>2)	Ar-ArFr/Ar-ArFr
Ab	Solos arenos esbranquiçados	Areia esbranquiçada, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Planícies arenosas	Quase plana (0-2)	Ar-ArFr/Ar
dAb	Solos arenosos esbranquiçados fase dunar	Areia esbranquiçada, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Dunas interior	Ondulada (>2)	Ar-ArFr/Ar
Ah	Solos arenosos hidromórficos	Areia, acastanhada, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Depressões arenosas hidromórficas	Plana (0-1)	Ar-ArFr/Ar
A	Solos arenosos hidromórficos	Areia, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Planícies arenosas	Quase plana (0-2)	Ar-ArFr
dA	Solos arenosos não diferenciados	Areia, solos muito profundos	Áreas eólicas Pleistoc eno Superior	Dunas interior	Ondulada (>2)	Ar-ArFr
G	Solos derivados de Grés vermelho	Areia grossa, castanho avermelhado escuro, solos profundos	Grés e areia grossa do fim do Terciário	Colinas baixas orientadas +N S	Ondulada (0-8)	Ar-ArFr/Ar (areia grossa 62-89%)
M1	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variável	FrAgAr castanho-amarelado, com camada arenosa muito pouco espessa	Camadas de <20 cm depósitos sodicos duros do Pleistoceno	Planaltos baixos/fundos de vales na zona da cobertura arenosa	Quase plana (0-2)	Ar-FrAgAr(0-25 cm)/FrAr-AgAr
M2	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variável	idêntico, com camada arenosa pouco espessa	Camadas de <20 cm depósitos sodicos duros do Pleistoceno	Planaltos baixos/fundos de vales na zona da cobertura arenosa	Quase plana (0-2)	Ar-FrAr(25-50 cm)/FrAr-AgAr
M3	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variável	idêntico, com camada arenosa moderadamente espessa	Camadas de <20 cm depósitos sodicos duros do Pleistoceno	Planaltos baixos/fundos de vales na zona da cobertura arenosa	Quase plana (0-2)	Ar-FrAr(50-100 cm)/FrAr-AgAr
M4	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variável	idêntico, com camada arenosa espessa	Camadas de <20 cm depósitos sodicos duros do Pleistoceno	Planaltos baixos/fundos de vales na zona da cobertura arenosa	Quase plana (0-2)	Ar-FrAr(100-180 cm)/FrAr-AgAr
M	Solos de Mananga com camada arenosa de espessura variável	solos de Mananga não diferenciados	Camadas de <20 cm depósitos sodicos duros do Pleistoceno	Planaltos baixos/fundos de vales na zona da cobertura arenosa	Quase plana (0-2)	Ar-FrAr(100-180 cm)/FrAr-AgAr
P1	Solos de Post-Mananga sobre basaltos	AgAr castanho-avermelhado, solos profundos	Depósitos (0,5-10 m) de rubefação do Pleistoceno Superior	Coluviões avermelhados sobre basaltos	Suavemente ondulado	FrAr-FrAgAr-AgAr sobre basaltos
P2	Solos de Post-Mananga com textura média	FrAgAr castanho-avermelhado, solos profundos	Depósitos (0,5-10 m) de rubefação do Pleistoceno Superior	Coluviões avermelhados sobre sedimentos ou Mananga	Suavemente ondulado	ArFr-FrAgAr/ArFr-AgAr
P3	Solos de Post-Mananga com textura grossa	FrAr castanho avermelhado, solos muito profundos	Depósitos (0,5-10 m) de rubefação do Pleistoceno Superior	Coluviões avermelhados sobre sedimentos ou Mananga	Suavemente ondulado	Ar-ArAr/ArFr-FrAr
P3j	Solos de Post-Mananga mosqueados e alaranjados	FrAr castanho mosqueado	Depósitos (0,5-10 m) de rubefação do Pleistoceno Superior	Coluviões avermelhados sobre sedimentos ou Mananga	Suavemente ondulado	Ar-ArAr/ArFr-FrAr
P4	Solos de Post-Mananga com textura limosa	FrAg castanho-avermelhado, solos profundos	Depósitos (0,5-10 m) de rubefação do Pleistoceno Superior	Coluviões avermelhados limosos de sope das encostas	Suavemente ondulado	FrAr-Fr-AgAr-Fr-FrAgAr-Ag limo= 10-
SI	Solos líticos sobre seixos rolados	FrArAg castanho escuro, solo superficial	Seixos basais de Mananga:quartzíticos riolíticos	Plataformas de seixos rolados de solos pouco profundos	Suavemente ondulado	FrAr-Ag-SR/FRAgAr-FrAg
Sm	Solos de Mananga com seixos rolados	FrAgAr castanho-amarelado, solos de prof. moderada sobre seixos rolados	Seixos basais de Mananga:quartzíticos riolíticos	Plataformas de seixos rolados de solos pouco profundos	Suavemente ondulado	AgAr-ArFrFrAgAr-AgAr
Sc	Solos de colúviões sobre seixos rolados	Ag acinzentado muito escuro, prof.moderada, sobre seixos rolados	Seixos basais de Mananga:quartzíticos riolíticos	Plataformas de seixos rolados de solos pouco profundos	Suavemente ondulado	AgAr-aAgLi-Ag/AgAr-Ag
Sv	Solos de Post-mananga sobre seixos rolados	FrAgAr castanho avermelhado escuro, prof. Moderado sobre seixos rolados	Seixos basais de Mananga:quartzíticos riolíticos	Plataformas de seixos rolados de solos pouco profundos	Suavemente ondulado	FrAr-Ag/AgLi-FrAgAr
Kv	Solos argilosos avermelhados de margas de e argilas	Ag castanho-avermelhado, solos profundos	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Margas e argilas de Catuane	Ondulada (0-7)	FrAgAr-Ag/ArAg-Ag
Kp	Solos argilosos pretos de margas e argilas	Ag preto, solos profundos	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Margas e argilas de Catuane	Ondulada (0-7)	FrAgAr-Ag/ArAg-Ag
Ko	Solos argilosos acastanhados	Ag castanho, solos profundos	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Margas e argilas de Catuane	Ondulada (0-7)	FrAgAr-Ag/ArAg-Ag
Wv	Solos argilosos avermelhados derivados de rochas calcárias	Ag castanho-avermelhado, solos profundos	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Afloramentos de rochas sedimentares de Magude	Suavemente ondulado	Fr-FrAgFrAg-AgAr-Ag
Wp	Solos pouco profundos sobre rocha não calcária	Ag acastanhado, profundidade moderado	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Afloramentos de rochas sedimentares de Magude	Ondulada (0-8)	Fr-FrAgFr-FrAg
Wpk	Solos pouco profundos sobre rocha calcária	Ag acastanhado, profundidade moderado, calcários	Sedimentos do Cretácico ou Terciário	Afloramentos de rochas sedimentares de Magude	Ondulada (0-8)	FrAr-FrAg/Ag-FrAg,calcario
Bv	Solos basálticos avermelhados	Ag castanho-avermelhado escuro, profundidade variável	Basaltos com dique e dolerítico do Karoo-Cretácico	Planaltos baixos (+100 m)	Quase plana (0-2)	FrAgAr-Ag/ArAg-Ag
Bp	Solos basálticos pretos	Ag preto profundidade variável	Basaltos com dique e dolerítico do Karoo-Cretácico	Planaltos baixos (+100 m)	Plana (0-1)	AgLi-Ag/Ag
BI	Solos basálticos líticos	FrAgAr castanho escuro, solo superficial sobre rocha alterada	Basaltos com dique e dolerítico do Karoo-Cretácico	Planaltos baixos e encostas	Ondulada (1-8)	FrAr-Ag rocha alterada
Rv	Solos riolíticos avermelhados	FrAg castanho-avermelhado escuro, profundidade variável	Riolitos do Karoo	Planaltos basaltos (+500 m), vestígios de pediplanação Terciária	Ondulada (0-6)	FrAgAr-Ag/ArAg-Ag
PrI	Solos riolíticos líticos	FrAgAr castanho-amarelado, solo superfície sobre rocha alterada	Riolitos do Karoo	Planaltos basaltos (+500 m), vestígios de pediplanação Terciária	Suavemente ondulado	ArFr-FrAgAr rocha alterada
RI	Solos riolíticos líticos	FrAgAr castanho-amarelado, solo superfície sobre rocha alterada	Riolitos do Karoo	Cuestas e encostas dos vales	Colinas a (>4)	ArFr-FrAgAr rocha alterada
Cm	Solos de colúviões argilosos de Mananga	Ar castanho-acinzentado escuro, solos profundos	Colúviões derivados de Manangas	Depressões circulares, sope das encostas, linhas de drenagem	Plana (0-1)	FrLi-Ag/AgLi-ag
Cs	Solos de colúviões argilosos de sope das encostas	Ag castanho-acinzentado muito escuro, profundidade variável	Colúviões mistos	Colúviões de sope das encostas	Ondulada (2-8)	FrAgAr-Ag/Ag
Cc	Solos de colúviões argilosos acastanhados	Ag castanho muito escuro, profundidade variável	Colúviões das planícies de basaltos	Colúviões das planícies de basalto	Quase plana (0-2)	FrAr-Ag/AgAr-Ag
Cef	Solos de colúviões argilosos acastanhados	Idem + frequentemente saturado	Colúviões das planícies de basaltos	Colúviões das linhas de drenagem sobre basaltos	Suavemente ondulado	FrAr-Ag/AgAr-Ag
Cw	Solos de colúviões argilosos	FrAg acastanhado escuro, solos profundos	Colúviões derivados de rochas sedimentares	Encostas e linhas de drenagem	Quase plana (0-2)	FrAg/AgAr-FrAg-Ag
Ft	Solos de aluviões turfosos	Turfoso, cinzento muito escuro, profundo	Aluviões Holocénicos	Vales turfosos	Plana (0-1)	FrAr rico em matéria orgânica
Fta	Solos de aluviões turfosos	Argiloso-turfoso castanho-acinzentado, profundo	Aluviões Holocénicos	Planícies turfosas	Plana (0-1)	FrAg rico em matéria orgânica/AgLi-Ag
Fa	Solos de aluviões argilosos	Ag castanho-acinzentado escuro, solos profundos	Aluviões Holocénicos	Aluviões argilosos	Plana (0-1)	FrAgAr-Ag/AgLi-Ag
Fs	Solos de aluviões estratificados de textura grossa ou média	FrAr castanho-acinzentado, solos profundos	Aluviões Holocénicos	Aluviões estratificados de textura grossa ou média argilosos	Quase plana (0-2)	Ar-FrAgLi/Ar-FrAgAr
Fe	Solos de sedimentos marinho-estuarinos	Ag cinzento, solos profundos e frequentemente saturados	Sedimentos marinho-estuarinos	Planície estuarina	Plana (0-1)	FrAgLi-Ag/AgLi-Ag
Fem	Solos de sedimentos marinho-estuarinos	Ag cinzento, solos profundos e frequentemente saturados	Sedimentos marinho-estuarinos	Planície estuarina	Plana (0-1)	FrAgLi-Ag/AgLi-Ag
Fc	Solos aluviões calcários	Ag cinzento escuro, solos profundos e calcários	Sedimentos marinho-estuarinos	Planície de transição Mananga-planície estuarina	Quase plana (0-2)	Fr-FrAgAr/Ag/calc

SÍMBOLO	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DE AGRICULTURA	CLASSE DE APTIDÃO (USDA)	CLASSIFICAÇÃO DE APTIDÃO PARA REGADIO (USBR)	ped(%)	areia G(%)	areia M(%)	areia F(%)	Finos(%)	MG	WL(%)	WP(%)	IP(%)	Gs	FEAPsmáx (KN/m3)	wó(%)	CBR(100)	CBR(95)	CBR(90)	Exp(100)	Exp(95)	Exp(90)
Dc	Baixa capacidade de retenção de água e fertilidade muito baixa	VII fs (IV+VII+VIII) fs	V-VI sdt	0	0	35	52	13		NP	NP	NP									
Dv	Baixa capacidade de retenção de água e fertilidade muito baixa	IV fs (IV+VII) fs	IV-VI sdt (*)																		
Aa	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	Iv fs (VII)fs	Iv sd (*)	0,0	20,0	32,0	36,0	12,0	1,18	NP	NP	NP	2,63	20,1	8,3	50	37	27	0	0	0
dAa	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV tfs (VII)tfs	V sdt	0,00		74,00	20	5,90	1,12												
Aj	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV fs	IV sd (*)	0,0		40,0	48,0	12,0	0,93	NP	NP	NP	2,63	19,5	9,2	50	38	27	0	0	0
dAj	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV tfs (VII)tfs	V sdt			30	35	35		NP	NP	NP									
Ab	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV fs(VII) fs	V sd (*)			40	56	4		NP	NP	NP									
dAb	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV tfs (VII)tfs	V sdt																		
Ah	Drenagem ma e inundações temporárias, por vezes salinidade e sodicidade	V di(n)	V-VI di		3	37	55	5		NP	NP	NP									
A	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV fs(VII) fs	IV sd (*)																		
dA	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	IV tfs (VII)tfs	V sdt																		
G	Baixa capacidade de retenção de água e fertilidade baixa	IV sf	V sd (*)	0,0		38,0	47,0	15,0	0,97	NP	NP	NP	2,65	19,1	10,2	45	30	23	0	0	0
M1	Dureza, impermeabilidade, sodicidade e por vezes salinidade	IV dn	III dn (III-V) dn	5,0	3,0	26,0	34,0	32,0	0,96	14	8	6	2,7	19,7	10,9	16	12	6	0,4	0,6	0,9
M2	Dureza, impermeabilidade, sodicidade e por vezes salinidade	III dn(III-IV) dn	III dn (III-V) dns																		
M3	Dureza, impermeabilidade, sodicidade e por vezes salinidade	III dn (II-IV) dn	IV dns (IV-V) ds	40,0	7,0	11,0	14,0	27,5	1,60	28	17	11	2,65	19,7	11,3	23	15	7	0,5	0,8	1,4
M4	Baixa capacidade de retenção de água	IV sf	(IV-V) dns																		
M	Ver M1 e M2	Ver M1 e M2	Ver M1 e M2																		
P1	Por vezes ocorrência de solos com < 1 m de profundidade	II t (III) tp	I-II t(n)p		10	17	15	58		45	25	20									
P2	Por vezes ocorrência de solos com < 1 m de profundidade e erosão (encostas)	II st (III) tpf	I-II t(n)p	0,0	9,0	35,0	38,0	18,0	1,25	20	13	7	2,68	17,9	15,7	35	26	19	0	0	0
P3	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	III sf	II-III tpd	0,0	22,0	30,0	28,0	20,0	0,96	19,0	13	6	2,65	19,7	8,6	28	23	17	0,2	0,6	0,9
P3j	Fertilidade baixa e baixa capacidade de retenção de água	III sf	II-III tpd	0,0	10,0	36,0	44,0	10,0	1,04	NP	NP	NP	2,63	19,1	9,9	28	22	17	0	0	0
F4	Dureza do solo, por vezes salinidade e sodicidade	II s (I-III) sn	I-II ts(n) (III)n			18	30	52		27	20	7									
SI	Solos de alagados e erosão (encostas)	(VII-VIII)p	(V-VI)pp		5	10	16	69		37	22	15									
Sm	Profundidade, salinidade, sodicidade e erosão nas encostas	III-IV p(n)	II-IV p(n)		10	20	21	49		26	14	12									
Sc	Profundidade, salinidade, sodicidade e erosão nas encostas	III-IV p(n)	III-IV pd(n)	0,0	8,0	12,0	15,0	65,0	0,38	29,0	18	11,0	2,5	18,0	14,2	10	6	3	0,9	1,2	1,6
Sv	Profundidade, salinidade, sodicidade e erosão nas encostas	III-IV p(n)	III-IV p(n)		8	14	12	66		33	19	14									
Kv	Por vezes sodicidade e erosão (encostas)	II- III dtm	II-III t(n)																		
Kp	Drenagem por vezes sodicidade e erosão (encostas)	III sd (IV-V) sdn	II-IV d(n)																		
Ko	Drenagem por vezes sodicidade e erosão (encostas)	III sd (IV-V) sdn	II-IV d(n)																		
Wv	Por vezes ocorrência de solos com < 1 m de profundidade, erosão (encostas)	II pt	II ttp																		
Wp	Profundidade, drenagem e fertilidade	III pt (II-IV) pfd	III-IV p(n)																		
Wpk	Profundidade, drenagem e fertilidade	IV pfdn (III-IV)qpfm	III-IV pn																		
Bv	Profundidade (Bv2+Bv3)	Bv1=II(I-II)p;Bv2=IIIp;Bv3=Ivp	Bv1II(I-II)sp; Bv2III(II-III)os; Bv3IV(III-IV)p			6	10	84		54	35	19									
Bp	Sodicidade, salinidade, solo pesado com fendas	Bp1=IIIsn;Bp2=IIIsap;Bp3=Ivsnp	Bp1=II-IIIspdn;Bp2=IIIsapdn; Bp3=Ivsnpa		2	19	20	59		78	44	34									
BI	Profundidade e erosão	VII-VIII tp	V-VI pcb		5	7	10	78		47	29	18									
Rv	Erosão (encostas) profundidade menos de 1 m	II tp (I-III)tp	III pt (II-IV)pt																		
PrI	Profundidade	VII-VIII p	V-VI pteb																		
RI	Profundidade e erosão (encostas)	VII-VIII tp	V-VI pteb			5	5	90		56	36	20									
Cm	Salinidade, sodicidade, drenagem e inundações	IV dn (III-V) dn	III d(n) (II-V) dn(n)																		
Cs	Sodicidade, por vezes ocorrência de solos com < 1 m de profundidade, salinidade ped	III(II-IV) tnp	II-V pt(n)				56	44		30	20	10									
Cc	Profundidade, por vezes sodicidade, salinidade e drenagem	III sp(n) (II-IV) sdn	II-IV p(n)	0,0	22,0	28,0	30,0	20,0	1,12	16,0	10	6	2,70	2036,0	10,6	45	34	23	0	0,2	0,6
Cof	Profundidade, por vezes sodicidade, salinidade e drenagem	IV dp(n)	III-IV pcd(n)																		
Cw	Por vezes salinidade, sodicidade e drenagem	II-III d(*)	II-IV pd(n)																		
Ft	Drenagem e inundações	V di	V-VI di	0,0		41,0	48,0	10,9	0,94	NP	NP	NP	2,44	1768,0	12,8	20	15	10	0	0	0
Fta	Drenagem e inundações	V di	V-VI di			5	7	88		61	34	27									
Fa	Drenagem, por vezes salinidade e sodicidade	Fa=II d (III-IV)dsn Fah=Vdi(n)	Fa=II-III is(n) ds(n) Fah=V-VI di				5	95		35	23	12									
Fs	Por vezes drenagem e sodicidade	I d(n) (II-III)d(n)	I-IV sd	7,20	62,00	27,00	2,6	0,90													
Fe	Salinidade, sodicidade, drenagem e inundações	V-VII dn	Fe=IV-VI ndl Fezn+VI ndl				54	46		42	21	21									
Fem	Salinidade, sodicidade, drenagem e inundações	V-VII dn	Fe=IV-VI ndl Fezn+VI ndl																		
Fc	Salinidade, drenagem e fertilidade	II dnf (III-IV)dnf	III-V nd				4	96		54	31	23									

SIMBOLO	M.finaza	MEG (kg/m3)	MEAP (kg/m3)	Teor em partículas Finas(%)	clozetos (%)	sulfatos (%)	reatividade- alcalis	DTRSA	HRB	SUCS	MCT	PROPRIEDADES ESPERADAS				UTILIZAÇÃO					
												COMPACTAÇÃO	COMPRESSIBILIDADE E EXPANSÃO	DRENAGEM E PERMEABILIDADE	QUALIDADE DE ATERRO	SUBLEITO	REF SUBLEITO	SUBBASE	BASE	ARCAMASSA	CONCRETO
Dc										A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso	boa a regular				
Dv																					
Aa								G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado			
dAa	1,12	2640	1660	5,36	0,02	0,10	Não reactivo			SP-SM		não apropriado	não apropriado	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	não apropriado	não apropriado	não apropriado	não apropriado	não apropriado	adequado	adequado
Aj								G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado			
dAj									A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	razoavelmente estável se denso	boa a regular				ruim	
Ab									A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	razoavelmente estável se denso	boa a regular				ruim	
dAb																					
Ah									A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	razoavelmente estável se denso	boa a regular				ruim	
A																					
dA																					
G								G6	A-3(0)	SP-SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado			
M1								G7	A-2-4(0)	SC-SM	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado				
M2																					
M3								G9	A-2-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	adequado	adequado				
M4																					
M																					
P1									A-7-6(1)	CL	LG'	boa a regular	média	sem drenagem, impermeável	estabilidade boa	regular a ruim					não adequada
P2								G5	A-2-4(0)	SC	NS'-NA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável		adequado				
P3								G7	A-2-4(0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável		adequado				
P3j								G6	A-2-4(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado			
P4									A-4(0)	CL-ML	LA-LA'	boa a ruim	média a pequena	ruim a sem drenagem, impermeável	estabilidade boa a regular	regular a ruim					não adequada
SI									A-6(10)	CL	LG'	boa a regular	média	sem drenagem, impermeável	estabilidade boa	regular a ruim					não adequada
Sm									A-6(3)	SC	LA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim					não adequada
Se								G10	A-6(13)	CL	LG'	média	sem drenagem, impermeável	estabilidade boa	adequado						
Sv									A-6(4)	CL	LG'	média	sem drenagem, impermeável	estabilidade boa	regular a ruim			não adequada			
Kv																					
Kp																					
Ko																					
Wv																					
Wp																					
Wpk																					
Dv									A-7-5(14)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular a ruim	ruim, não adequado					não adequada
Bp									A-7-5(16)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular a ruim	ruim, não adequado					não adequada
BI									A-7-6(13)	ML	LG'	boa a ruim	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular	ruim, não adequado					não adequada
Rv																					
PII																					
RI									A-7-5(15)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular a ruim	ruim, não adequado					não adequada
Cm																					
Cs									A-4(2)	SC	LA'-LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim					não adequada
Cc								G6	A-2-4(0)	SC-SM	LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado			
Ccf											LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular a ruim	ruim, não adequado					não adequada
Cw																					
Ft								G7	A-2-4(0)	SP-SM	NS'	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado				
Fta									A-7-5(18)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidade regular a ruim	ruim, não adequado					não adequada
Fa									A-6(9)	CL	NS'-NG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim					não adequada
Fs	3,11	2704	1603	1,64	0,01	0,09	Não reactivo			SP		não apropriado	não apropriado	boa drenagem, permeável	não apropriado	não apropriado	não apropriado	não apropriado	não apropriado	adequado	adequado
Fe									A-7-6(6)	SC	NA/NG'-NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	ruim, não adequado					não adequada
Fem																					
Fe									A-7-5(16)	MH	LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	ruim, não adequado					não adequada

ação e potencial de uso

Coordenada (m)		Ref.	SOLO	CLASSIFICAÇÃO				PROPRIEDADES ESPERADAS				UTILIZAÇÃO			
Sul	Leste	Amostra	SIMBOLO	DTRSA	HRB	SUCS	MCT	COMPACTAÇÃO	COMPRESSIBILIDADE E EXPANSÃO	DRENAGEM E PERMEABILIDADE	QUALIDADE DE ATERRO	SUELEITO	REF. SUBLEITO	SUBBASE	BASE
477898	7052166	A68/2009	Dc		A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso	boa a regular			regular a ruim
477586	7189407	A5/2009	Aa		A-2-4 (0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
440513	7143998	A17/2009	Aa		A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
477553	7189624	A25.1/2008	Aa	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
477553	7189624	A25.2/2008	Aa	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
477553	7189624	A25.3/2008	Aa	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
453407	7140680	79/2009	Aj		A-2-4 (0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
453258	7140577	A83.1/2008	Aj	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
453258	7140577	A83.2/2008	Aj	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
453258	7140577	A83.3/2008	Aj	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
456251	7172645	A4/2009	dAj		A-4 (0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso	regular a ruim			não adequada
454203	7174681	A23/2009	dAj		A-3 (0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	boa a regular			ruim
457582	7185336	A2/2009	Ab		A-3 (0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	boa a regular			ruim
475239	7057449	A67/2009	Ab		A-3(0)	SP	LA	boa	quase nenhuma	boa drenagem permeável	razcavelmente estável se denso	boa a regular			ruim
451775	7149658	A29/2009	Ah		A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	boa a regular			ruim
437014	7206891	A10/2009	G		A-2-4 (0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
452161	7142951	A80/2009	G		A-2-4 (0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
464638	7152453	A4.1/2008	G	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
464638	7152453	A4.2/2008	G	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
464638	7152453	A4.3/2008	G	G6	A-2-4(0)	SM	LA	Boa	pequena	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
486982	7206951	A57.1/2008	G	G8	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	adequado	adequado		
486982	7206951	A57.2/2008	G	G8	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	adequado	adequado		
486982	7206951	A57.3/2008	G	G8	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso	adequado	adequado		
462156	7142963	A82.1/2008	G	G6	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
462156	7142963	A82.2/2008	G	G6	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
462156	7142963	A82.3/2008	G	G6	A-3(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
462533	7231215	A1.1/2008	G	G6	A-1-b(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
462533	7231215	A1.2/2008	G	G6	A-1-b(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
462533	7231215	A1.3/2008	G	G6	A-1-b(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razcavelmente estável se denso		adequado	adequado	
433240	7104133	A59/2009	M1		A-4(2)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
431630	7117129	A67.1/2008	M1	G10	A-6(1)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
431630	7117129	A67.2/2008	M1	G10	A-6(1)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
431630	7117129	A67.3/2008	M1	G10	A-6(1)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
433286	7104121	A79.1/2008	M1	G10	A-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
433286	7104121	A79.2/2008	M1	G10	A-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
433286	7104121	A79.3/2008	M1	G10	A-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado			
435660	7150402	A26.1/2008	M3	G9	A-2-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado	adequado		
435660	7150402	A26.2/2008	M3	G9	A-2-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado	adequado		
435660	7150402	A26.3/2008	M3	G9	A-2-6(0)	SC	NA/NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável	adequado	adequado		
423792	7191154	A38/2009	P1		A-7-6(7)	CL	LG'	boa a regular	média	sem drenagem, impermeável	estabilidade boa	regular a ruim			não adequada
427214	7197708	A40/2009	P2		A-4(4)	CL-ML	NS/NA'	boa a ruim	média a pequena	ruim a sem drenagem, impermeável	estabilidade boa a regular	regular a ruim			não adequada
427198	7197727	A38.1/2008	P2	G5	A-2-4(0)	SC	NS/NA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razcavelmente estável			adequado	

iação e potencial de uso (continuação)

427198	719772	A38.2/2008	P2	G5	A-2-4(U)	SC	NS'-NA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável			adequado	
427198	719772	A38.3/2008	P2	C5	A-2-4(0)	SC	NS'-NA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável			adequado	
443084	7135099	A44.1/2008	P3	G7	A-2-4(0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
443084	7135099	A44.2/2008	P3	G7	A-2-4(0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
443084	7135099	A44.3/2008	P3	G7	A-2-4(0)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
438634	7135785	A78/2009	P3		A-2-4 (U)	SC-SM	LA	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
442027	7139373	A31/2009	P3		A-2-4 (0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
442213	7094255	A70.1/2008	P3	G6	A-2-4(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
442213	7094255	A70.2/2008	P3	G6	A-2-4(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
442213	7094255	A70.3/2008	P3	G6	A-2-4(0)	SP-SM	LA	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
435095	7118193	A25/2009	P4		A-4(0)	CL-ML	LA-LA'	boa a ruim	mécia a pequena	ruim a sem drenagem, impermeável	estabilidace boa a regular	regular a ruim			não adequada
425335	7080962	A71/2009	SI		A-6(10)	CL	LC'	boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	regular a ruim			não adequada
423875	7172593	A33/2009	Sm		A-6(3)	SC	LA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim			não adequada
418226	7048531	A77.1/2008	Sc	G10	A-6(13)	CL		boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	adequado			
418226	7048531	A77.2/2008	Sc	G10	A-6(13)	CL		boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	adequado			
418226	7048531	A77.3/2008	Sc	G10	A-6(13)	CL		boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	adequado			
423001	7174353	A34/2009	Sv		A-6(4)	CL	LC'	boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	regular a ruim			não adequada
423686	7041947	A75/2009	Kv		A-6(9)	CL	LA'-LG'	boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	regular a ruim			não adequada
425241	7039072	A76/2009	ko		A-7-5(13)	ML	LG'	boa a ruim	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular	ruim, não adequado			não adequada
424470	7161209	A20/2009	Bv		A-7-5(14)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
419388	7051487	A74/2009	Bv'		A-6(9)	ML	LG'	boa a ruim	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular	regular a ruim			não adequada
407908	7172512	A50/2009	Bv2		A-7-5(15)	MH	LC'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
414002	7164864	A48/2009	Bv3		A-7-5(20)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
420534	7085202	A73/2009	Bv3		A-7-5(12)	ML	LG'	boa a ruim	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular	ruim, não adequado			não adequada
424381	7165265	A32/2009	Bp		A-7-5(16)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
426306	7164511	A19/2009	Bp2		A-7-5(16)	CH	LG'	regular a ruim	muito alta	sem drenagem, impermeável	estabilidace regular	ruim, não adequado			não adequada
430990	7120819	A26/2009	Bl		A-7-5(13)	ML	LG'	boa a ruim	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular	ruim, não adequado			não adequada
412041	7166549	A49/2009	Bl		A-7-5(10)	CL	LG'	boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	ruim, não adequado			não adequada
422254	7118249	A55/2009	Rl		A-7-5(15)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
416032	7164243	A47/2009	Cs		A-4(2)	SC	LA'-LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim			não adequada
422789	718877J	A37/2009	Cc		A-4(1)	SC-SM	LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso	regular a ruim			não adequada
422794	718876J	A37.1/2008	Cc	C6	A-2-4(0)	SC-SM	LC'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
422794	718876J	A37.2/2008	Cc	G6	A-2-4(0)	SC-SM	LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
422794	718876J	A37.3/2008	Cc	G6	A-2-4(0)	SC-SM	LG'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado	adequado	
423127	7162724	A45/2009	Cc'		A-7-5(16)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
467088	7167155	A3/2009	Ht		A-3 (U)	SP	NS'	boa	quase nenhuma	boa drenagem, permeável	razoavelmente estável se denso	boa a regular			ruim
470651	7065563	A56/2009	Ft		A-2-4 (0)	SC	NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	boa a regular			regular a ruim
470474	7065651	A76.1/2008	Ft	G7	A-2-4(0)	SP-SM	NS'	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
470474	7065651	A76.2/2008	Ft	G7	A-2-4(0)	SP-SM	NS'	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
470474	7065651	A76.3/2008	Ft	G7	A-2-4(0)	SP-SM	NS'	boa	pequena a quase nenhuma	boa drenagem ruim, permável a impermeável	razoavelmente estável se denso		adequado		
465131	7201524	A9/2009	Ht2		A-7-5(19)	MH	LG'	regular a ruim	alta	drenagem ruim, impermeável	estabilidace regular a ruim	ruim, não adequado			não adequada
450473	7212325	A12/2009	Fa		A-6(9)	CL	NS'-NC'	boa a regular	mécia	sem drenagem, impermeável	estabilidace boa	regular a ruim			não adequada
463927	7073019	A54/2009	Fa		A-4(0)	SC	LA'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	regular a ruim			não adequada
466023	7137582	A81/2009	Fe		A-7-5(6)	SC	NA'NC'-NS'	boa a regular	pequena a média	drenagem ruim, impermeável	razoavelmente estável	ruim, não adequado			não adequada

Cocrdenada (m)		AMOSTRA	Solo	SUCS	PROPRIEDADES ESPERADAS	UTILIZAÇÃO	
Sul	Leste		Simbolo			DRENAGEM E PERMEABILIDADE	ARGAMASSA
459337	7149662	A5.1/2008	dAa	SP-SM	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	adequado	adequado
459337	7149662	A5.2/2008	dAa	SP-SM	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	adequado	adequado
459337	7149662	A5.3/2008	dAa	SP-SM	boa drenagem a ruim, permeável a impermeável	adequado	adequado
462373	7147547	A81.1/2008	dAa	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
462373	7147547	A81.2/2008	dAa	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
462373	7147547	A81.3/2008	dAa	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
462869	7230560	A2.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
462869	7230560	A2.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
462869	7230560	A2.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424613	7174705	A12.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424613	7174705	A12.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424613	7174705	A12.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
426302	7177699	A29.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
426302	7177699	A29.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
426302	7177699	A29.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424583	7174090	A34.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424583	7174090	A34.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
424583	7174090	A34.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
425145	7180455	A35.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
425145	7180455	A35.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
425145	7180455	A35.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
422249	7193543	A36.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
422249	7193543	A36.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
422249	7193543	A36.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
431414	7195543	A39.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
431414	7195543	A39.2/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
431414	7195543	A39.3/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
420309	7172533	A45.1/2008	Fs	SP	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado

ntinuação)

420309	7172533	A45.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
420309	7172533	A45.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
418687	7174978	A46.1/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
418687	7174978	A46.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
418687	7174978	A46.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
450303	7203117	A49.1/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
450303	7203117	A49.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
450303	7203117	A49.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
451032	7215738	A50.1/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
451032	7215738	A50.2/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
451032	7215738	A50.3/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
455325	7224715	A51.1/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
455325	7224715	A51.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
455325	7224715	A51.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
461084	7228534	A54.1/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
461084	7228534	A54.2/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
461084	7228534	A54.3/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
467642	7232378	A55.1/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
467642	7232378	A55.2/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
467642	7232378	A55.3/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
473431	7232933	A56.1/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
473431	7232933	A56.2/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
473431	7232933	A56.3/2008	tFs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
433836	7116536	A65.1/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
433836	7116536	A65.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
433836	7116536	A65.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
430008	7119130	A80.1/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
430008	7119130	A80.2/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado
430008	7119130	A80.3/2008	Fs	S ^o	boa drenagem. Permeável	adequado	adequado

Tabela G 4: Agregado e seu potencial de uso

Coordenada (m)		REF. AMOSTRA	DONO	NOME DA ROCHA	UTILIZAÇÃO		
Sul	Leste				FAVIMENTAÇÃO	ARGAMASSA	CONCRETO
423792	7140504	A6.1/2008	Tâmega	Ca hus rolados	adequado	adequado	adequado
423792	7140504	A6.2/2008	Tâmega	Ca hus rolados	adequado	adequado	adequado
423792	7140504	A6.3/2008	Tâmega	Ca hus rolados	adequado	adequado	adequado
428206	7123E43	A7.1/2008	Extamac_Movene	Quartzo-lalito	adequado	adequado	adequado
428206	7123E43	A7.2/2008	Extamac_Movene	Quartzo-lalito	adequado	adequado	adequado
428206	7123E43	A7.3/2008	Extamac_Movene	Quartzo-lalito	adequado	adequado	adequado
424936	7108478	A8.1/2008	Extamac_Munguire	Riclito	adequado	adequado	adequado
424936	7108478	A8.2/2008	Extamac_Munguire	Riclito	adequado	adequado	adequado
424936	7108478	A8.3/2008	Extamac_Munguire	Riclito	adequado	adequado	adequado
422149	7118E31	A9.1/2009	Riclito de Moçambique	Riclito	adequado	adequado	adequado
422149	7118E31	A9.2/2009	Riclito de Moçambique	Riclito	adequado	adequado	adequado
422149	7118E31	A9.3/2009	Riclito de Moçambique	Riclito	adequado	adequado	adequado
423722	7118E74	A10.1/2008	Rugunate	Riclito	adequado	adequado	adequado
423722	7118E74	A10.2/2008	Rugunate	Riclito	adequado	adequado	adequado
423722	7118E74	A10.3/2008	Rugunate	Riclito	adequado	adequado	adequado
423364	7118205	A11.1/2008	Pedreira de Moverze	Riclito	adequado	adequado	adequado
423364	7118205	A11.2/2008	Pedreira de Moverze	Riclito	adequado	adequado	adequado
423364	7118205	A11.3/2008	Pedreira de Moverze	Riclito	adequado	adequado	adequado
423451	7114908	A62.1/2008	Ara-Sul	Riclito	adequado	adequado	adequado
423451	7114908	A62.2/2008	Ara-Sul	Riclito	adequado	adequado	adequado
423451	7114908	A62.3/2008	Ara-Sul	Riclito	adequado	adequado	adequado
428206	7122245	A84.1/2008	Sulbrita 1	Riclito	adequado	adequado	adequado
428206	7122245	A84.2/2008	Sulbrita 1	Riclito	adequado	adequado	adequado
428206	7122245	A84.3/2008	Sulbrita 1	Riclito	adequado	adequado	adequado
431375	7150455	A86.1/2008	Sulbrita 2	Sienito nefelínico	adequado	adequado	adequado
431375	7150455	A86.2/2008	Sulbrita 2	Sienito nefelínico	adequado	adequado	adequado
431375	7150455	A86.3/2008	Sulbrita 2	Sienito nefelínico	adequado	adequado	adequado

Tabela G:5 - Argilas e seu potencial uso

Coordenada (m)		Amostra	Empreendedor	Endereço	Tipo do material	Exploração	Classe solo	SUCS	Utilização
Sul	Leste								
425620	7171816	A43/2008	Ministério da Defesa	Moamba	Argila de cor escura	S m	P4	ML	adequado
433506	7113063	A51/2008	Cimuc	Buane- Umbeluz	Argila de cor escura	Sim	Fs	ML	adequado
480737	7213398	A85/2008	Albino Issafo	Manhiça-3 de Fevereiro	Argila de cor castanha amarelada	S m	Fs	ML	adequado