



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO  
CONTRIBUIÇÃO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL  
DO MUNICÍPIO DE MARIANA (MG)**

**AUTOR: LEONARDO ANDRADE DE SOUZA**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Frederico Garcia Sobreira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Geotecnia.

Ouro Preto, 09 de Julho de 2004.

**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO CONTRIBUIÇÃO AO  
ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA (MG)**

**AUTOR: LEONARDO ANDRADE DE SOUZA**

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 09 de julho de 2004, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

---

Prof. Dr. Frederico Garcia Sobreira (Orientador / UFOP)

---

Prof. Dr. Adilson do Lago Leite (UFOP)

---

Prof. Dr. Cláudio Palmeiro do Amaral (GEORIO)

**SOUZA, LEONARDO ANDRADE DE.**

---

M897a Diagnóstico do Meio Físico Como Contribuição ao Ordenamento Territorial do Município de Mariana: UFOP, 2004.

viii, 182p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Geotecnia. 2. Ordenamento Territorial. 3. Cartografia  
Geoambiental.

I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.  
Departamento de Engenharia Civil. II. Título.

CDU: 624.136

Catálogo SISBIN/UFOP

*"Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto".*

*(Albert Einstein)*

*Dedico este trabalho aos meus Pais, Antônio Leandro e Ana, que também foram amigos e mestres e aos meus Irmãos, Marco Antônio, Vivian e Anelise pelo apoio, confiança e paciência.*

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço ao Professor Frederico Garcia Sobreira, pela orientação e revisão desta Dissertação, cuja dedicação, amizade ou simples convívio, acresceram no resultado final deste trabalho.

Aos Professores André Dandérfer Filho e José Francisco do Prado Filho pelas valiosas sugestões em todas as etapas de realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, agradeço pelo apoio, pela convivência e, principalmente, pela experiência compartilhada.

Aos colegas de Mestrado Alexandre, Francisco, Luiz Heleno, Roberto e Zé Bernardo, pelos dois anos de aprendizado e companheirismo. Amizades foram feitas e muitas delas serão duradouras.

Agradeço à Prefeitura Municipal de Mariana e a SAMARCO Mineração pela cessão de dados aqui publicados e a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela Bolsa de Mestrado.

Agradeço aos meus pais e irmãos que me compreenderam nos momentos de desânimo e foram os primeiros a me aplaudir nos momentos de sucesso. Vocês que foram os maiores incentivadores e patrocinadores destes anos de formação, não poderiam deixar de ser os grandes homenageados ao final desta jornada. A vocês o meu eterno agradecimento.

Nos últimos anos o Município de Mariana - MG vem enfrentando vários problemas decorrentes da má utilização do meio físico. A desconsideração das peculiaridades geológicas e geomorfológicas locais, o crescimento acelerado da população e a inexistência de políticas públicas de planejamento urbano ajudaram a configurar o quadro atual. A complexidade dos componentes geológicos e geomorfológicos, associada às intervenções antrópicas têm contribuído intensamente para o surgimento de problemas geoambientais (alterações na paisagem, ocupação de áreas inadequadas, desmatamentos, alteração dos cursos das drenagens, poluição das águas fluviais com efluentes líquidos e pelo descarte irregular de resíduos sólidos e entulhos diversos). Na área urbana são freqüentes as ocorrências de movimentos gravitacionais de massa e erosão, além do risco de inundação pelo transbordamento do Ribeirão do Carmo e afluentes.

Inicialmente este trabalho abordou o estudo do meio físico do Município no geral e de sua área urbana em particular, enfocando os aspectos geológicos e ambientais, com objetivo principal de fornecer subsídios para o ordenamento territorial em ambos os níveis e a agregação das informações sobre o meio físico, em um único documento.

Na segunda etapa, a partir da análise de documentos cartográficos compilados e produzidos para o território municipal, foram avaliadas as características gerais dos terrenos, os conflitos de usos e os impactos existentes, visando definir a capacidade das unidades de território, para acolher os diversos usos. No âmbito da área urbana, foram detalhados os trabalhos de cartografia geotécnica existentes enfocando os principais problemas relacionados ao meio físico e seu uso e elaborado um cadastro geral de ocorrências de processos geodinâmicos.

Os elementos obtidos nas etapas anteriores possibilitaram, numa última fase, a elaboração de cartas temáticas derivadas (carta de risco a processos geológicos, carta de recomendação de uso do solo, etc.) que foram a base para a análise final do meio físico e a proposição de medidas mais adequadas em relação ao uso e ocupação territorial.

## ABSTRACT

---

In the last years Mariana county has confronted several problems recurrent of physical environment bad utilization. The disrespect of local geological and geomorphological peculiarities, the fast population growth, and the absence of urban public political planning contributed to the present situation. The complexity of the geological and geomorphological components, associated with antropic intervention, have contributed for arise the geoenvironment problems (landscape alteration, inappropriate areas occupation, deforestation, drainage flux alteration, fluvial water pollution with fluid effluents and by irregular dumping of solid wastes and several debris). In the urban area are constant the occurrence of mass and oblation gravitational movements besides inundation risk by Ribeirão do Carmo and affluents spill.

Initially' in general this work approached the county physical environment study and, in particular, of its urban area, focusing the environment and geological aspects with main objective to supply subsidies for territorial ordination in both levels, and information's aggregation about physical environment, in a unique document.

In a second degree, from analysis of compiled cartographical documents and produced by country territorial, were evaluated the general land characteristics, the used conflicts, and the existents impacts, with the objective to define the capacity of the territorial units, to greet the several used. In the urban area ambit were detailed the existents geotechnic cartographic works, focusing the main problems related with the physical environment and its used, and elaborated a general cadastre of the geodynamic processes occurrences.

The obtained elements, in prior degree, maked possible, in a latter phase, the elaboration of derived thematic letters (risk's letter to geological process, recommendation letter to land use, etc), that were the basis for physical environment final analysis and the proposition of more adequated measured in relation to the use and territorial occupation.

## ÍNDICE

|   |             |
|---|-------------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>RESUMO</b>   | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>viii</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | <b>xiii</b> |
| <b>LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS</b>   | <b>xv</b>   |
| <b>LISTA DE FOTOS</b>   | <b>xvii</b> |
| <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>1</b>    |
| <b>1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES</b>   | <b>1</b>    |
| <b>1.2 A GEOLOGIA E O ORDENAMENTO TERRITORIAL</b>   | <b>2</b>    |
| <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>  | <b>4</b>    |
| <b>2.1 O HOMEM E A OCUPAÇÃO DO MEIO AMBIENTE</b>  | <b>4</b>    |
| <b>2.2 METODOLOGIAS DE ESTUDOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL</b>                               | <b>6</b>    |
| <b>2.3 GEOPROCESSAMENTO</b>   | <b>13</b>   |
| 2.3.1 SISTEMAS DE GEOPROCESSAMENTO  | 14          |
| 2.3.2 HISTÓRICO DO GEOPROCESSAMENTO   | 14          |
| 2.3.2.1 Evolução Internacional  | 14          |
| 2.3.2.2 Evolução no Brasil  | 15          |
| 2.3.3 O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTA INTEGRALIZADORA                    | 16          |
| 2.3.4 APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS                                    | 17          |
| <b>2.4 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO</b>   | <b>19</b>   |
| <b>2.5 INVENTÁRIO DOS MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA</b>                                | <b>23</b>   |
| <b>METODOLOGIA</b>  | <b>26</b>   |
| <b>3.1 FASE DE INVENTÁRIO</b>   | <b>26</b>   |
| <b>3.2 PRODUÇÃO DE BASES</b>  | <b>27</b>   |
| 3.2.1 COLETA DE DADOS   | 27          |
| 3.2.1.1 Fotointerpretação   | 27          |
| 3.2.1.2 Interpretação de Imagens de Satélite (LANDSAT – TM)                                 | 27          |
| 3.2.1.3 Inventário dos Laudos de Ocorrências das Áreas de Risco de Mariana                  | 27          |
| 3.2.1.4 Trabalhos de Campo e Laboratório  | 27          |
| 3.2.2 TRATAMENTO DE DADOS   | 28          |
| <b>3.3 ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES COM O USO DA FERRAMENTA DO GEOPROCESSAMENTO</b> | <b>30</b>   |
| 3.3.1 PROGRAMAS   | 30          |
| 3.3.2 CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA  | 30          |
| <b>3.4 ANÁLISE E DIAGNOSTICO DO MEIO FÍSICO</b>   | <b>31</b>   |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ASPECTOS GERAIS DO MUNICÍPIO DE MARIANA-MG</b>                           | <b>33</b> |
| <b>4.1 BREVE HISTÓRICO</b>  | <b>33</b> |
| <b>4.2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA</b>                                   | <b>35</b> |
| <b>4.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO</b>                                     | <b>38</b> |
| <b>4.4 CLIMA</b>  | <b>40</b> |
| <b>4.5 TRABALHOS ANTERIORES APLICADOS AO PLANEJAMENTO URBANO DE MARIANA</b> | <b>41</b> |
| <b>RECONHECIMENTO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO</b>                           | <b>44</b> |
| <b>5.1 GEOLOGIA REGIONAL</b>  | <b>44</b> |
| 5.1.1 PROVÍNCIA GEOTECTÔNICA SÃO FRANCISCO                                  | 44        |
| 5.1.1.1 Complexo Santo Antônio do Pirapetinga                               | 44        |
| 5.1.1.2 Complexo Santa Bárbara  | 45        |
| 5.1.1.3 Supergrupo Rio Das Velhas   | 45        |
| 5.1.1.4 Supergrupo Minas  | 47        |
| 5.1.1.5 Grupo Itacolomi   | 48        |
| 5.1.2 PROVÍNCIA GEOTECTÔNICA MANTIQUEIRA                                    | 48        |
| 5.1.2.1 Complexo Acaiaca  | 48        |
| 5.1.2.2 Complexo Mantiqueira  | 49        |
| 5.1.2.3 Faixa Mista Complexo da Mantiqueira/Supergrupo Rio das Velhas       | 49        |
| 5.1.2.4 Granito-Granodiorito Ribeirão Pinheirinho                           | 49        |
| 5.1.2.5 Tonalito - Trondhjemitó Serra do Carmo                              | 49        |
| 5.1.3 COBERTURAS SEDIMENTARES NÃO DEFORMADAS                                | 49        |
| 5.1.3.1 Formação Fonseca  | 49        |
| 5.1.3.2 Coberturas Detríticas   | 50        |
| 5.1.3.3 Coberturas Detrito-Lateríticas                                      | 50        |
| 5.1.3.4 Depósitos Aluvionares e Coluviais                                   | 50        |
| <b>5.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b>   | <b>50</b> |
| 5.2.1 MAPA HIPSOMÉTRICO   | 51        |
| 5.2.2 MAPA DE DECLIVIDADES  | 53        |
| 5.2.3 MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS                            | 54        |
| 5.2.3.1 Relevo de Serra   | 58        |
| 5.2.3.2 Relevo Escarpado  | 58        |
| 5.2.3.3 Relevo Ondulado   | 58        |
| 5.2.3.4 Relevo Suave-Ondulado   | 59        |
| 5.2.3.5 Relevo de Planalto  | 59        |
| 5.2.3.6 Relevo de Planície Aluvial  | 60        |
| <b>5.3 COBERTURA VEGETAL</b>  | <b>60</b> |
| 5.3.1 CAMPOS RUPESTRES DE ALTITUDE  | 61        |
| 5.3.2 MATAS DE TOPO, GALERIA E DE ENCOSTA                                   | 61        |
| 5.3.3 CAMPOS E PASTAGENS  | 63        |
| 5.3.4 SILVICULTURA  | 63        |
| <b>5.4 REDE HIDROGRÁFICA</b>  | <b>64</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.5 USO DO SOLO</b>                           | <b>67</b> |
| 5.5.1 ÁREAS DE SILVICULTURA                      | 67        |
| 5.5.2 ÁREAS URBANAS                              | 67        |
| 5.5.3 ÁREAS DE CAMPOS DE ALTITUDE                | 69        |
| 5.5.4 ÁREAS DE COBERTURA FLORESTAL               | 69        |
| 5.5.5 ÁREAS DE USO AGROPECUÁRIO                  | 69        |
| 5.5.6 ÁREAS DE MINERAÇÃO                         | 70        |
| 5.5.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL                | 70        |
| 5.5.8 ÁREA DE DOMÍNIO DAS BARRAGENS              | 71        |
| <b>RECONHECIMENTO DO MEIO FÍSICO DA SEDE</b>     | <b>72</b> |
| <b>6.1 SÍNTESE GEOLÓGICA LOCAL</b>               | <b>72</b> |
| 6.1.1 AFLORAMENTOS ROCHOSOS                      | 75        |
| 6.1.1.1 Grupo Nova Lima                          | 75        |
| 6.1.1.2 Grupo Caraça                             | 75        |
| 6.1.1.3 Formação Cauê                            | 75        |
| 6.1.1.4 Formação Gandarela                       | 76        |
| 6.1.1.5 Formação Cercadinho                      | 76        |
| 6.1.1.6 Formação Fecho do Funil                  | 77        |
| 6.1.1.7 Formação Taboões                         | 77        |
| 6.1.1.8 Formação Barreiro                        | 77        |
| 6.1.1.9 Grupo Sabará                             | 78        |
| 6.1.1.10 Grupo Itacolomi                         | 78        |
| 6.1.2 DEPÓSITOS DE COBERTURA                     | 78        |
| 6.1.2.1 Depósitos Aluviais                       | 78        |
| 6.1.2.2 Tálus                                    | 79        |
| 6.1.2.3 Colúvio                                  | 79        |
| 6.1.2.4 Canga                                    | 79        |
| <b>6.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL</b>                  | <b>80</b> |
| <b>6.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b>              | <b>81</b> |
| 6.3.1 MAPA HIPSOMÉTRICO                          | 81        |
| 6.3.2 MAPA DE DECLIVIDADES                       | 83        |
| 6.3.3 MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS | 86        |
| 6.3.3.1 Unidade Planícies Aluviais               | 86        |
| 6.3.3.2 Unidade Relevos Suaves                   | 86        |
| 6.3.3.3 Unidade Relevo de Rampa                  | 88        |
| 6.3.3.4 Unidade Relevo de Vales Encaixados       | 89        |
| 6.3.3.5 Unidade Colinas                          | 89        |
| 6.3.3.6 Unidade Relevos Escarpados               | 90        |
| <b>6.4 REDE HIDROGRÁFICA</b>                     | <b>90</b> |
| 6.4.1 BACIA DO RIO DO CARMO                      | 92        |
| 6.4.2 BACIA DO CÓRREGO CATETE                    | 92        |
| 6.4.3 BACIA DO CÓRREGO CANELAS                   | 92        |
| 6.4.4 BACIA DO CÓRREGO MATADOURO                 | 93        |
| 6.4.5 BACIA DO CÓRREGO DO SEMINÁRIO              | 93        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>6.5 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA</b>                  | <b>94</b>  |
| 6.5.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS           | 99         |
| 6.5.1.1 Xisto Nova Lima                               | 99         |
| 6.5.1.2 Formação Cauê                                 | 99         |
| 6.5.1.3 Formação Cercadinho                           | 100        |
| 6.5.1.4 Formação Barreiro                             | 101        |
| 6.5.1.5 Grupo Sabará                                  | 104        |
| 6.5.1.6 Depósitos Coluvionares                        | 106        |
| 6.5.1.7 Depósito de Tálus                             | 108        |
| <b>SUSCEPTIBILIDADES E RISCOS GEOLÓGICOS</b>          | <b>111</b> |
| 7.1 ANÁLISE DAS SUSCEPTIBILIDADES E RISCOS            | 111        |
| 7.2 ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS                | 112        |
| 7.3 CADASTRO DAS OCORRÊNCIAS                          | 115        |
| 7.3.1 DISTRIBUIÇÃO ANUAL E MENSAL DAS OCORRÊNCIAS     | 116        |
| 7.3.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS REGISTROS            | 118        |
| 7.4 TIPOLOGIA DOS PROCESSOS GEODINÂMICOS SUPERFICIAIS | 120        |
| 7.4.1 ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS E TRANSLACIONAIS    | 121        |
| 7.4.2 QUEDA E ROLAMENTO DE BLOCOS                     | 122        |
| 7.4.3 RASTEJOS  | 123        |
| 7.4.4 CORRIDAS  | 123        |
| 7.4.5 INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS                        | 123        |
| 7.4.6 EROÇÃO LINEAR                                   | 124        |
| 7.5 OCUPAÇÃO RECENTE E SUAS PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS  | 125        |
| 7.6 MAPA DE RISCO NA ESCALA 1:5.000                   | 128        |
| <b>ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO E SEDE</b>    | <b>135</b> |
| 8.1 ZONEAMENTO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO                 | 135        |
| 8.1.1 ZONA DE INTERESSE DE PROTEÇÃO AMBIENTAL         | 136        |
| 8.1.2 ZONA DE INTERESSE DE CONTROLE AMBIENTAL         | 138        |
| 8.1.3 ZONA DE INTERESSE DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL     | 139        |
| 8.1.4 ZONA DE INTERESSE DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL        | 140        |
| 8.2 ORDENAMENTO TERRITORIAL DA SEDE                   | 141        |
| 8.2.1 ZONAS DE PROTEÇÃO                               | 143        |
| 8.2.1.1 Zonas de Proteção Cultural                    | 143        |
| 8.2.1.2 Zona de proteção ecológica                    | 143        |
| 8.2.2 ZONAS DE CONTROLE URBANÍSTICO                   | 144        |
| 8.2.3 ZONAS DE REABILITAÇÃO URBANA E AMBIENTAL        | 144        |
| 8.2.4 ZONA DE URBANIZAÇÃO FUTURA                      | 145        |
| <b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>                     | <b>146</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                     | <b>151</b> |

## LISTA DE FIGURAS

---

|   |         |
|---|---------|
| FIGURA 3.1 – FLUXOGRAMA REPRESENTANDO A PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO, INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS NO ESTUDO DO MUNICÍPIO DE MARIANA.         | _____   |
| 32  |         |
| FIGURA 3.2 – FLUXOGRAMA REPRESENTANDO A PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO, INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS NO ESTUDO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA. | _____   |
| 32  |         |
| FIGURA 4.1 – MAPA POLÍTICO-ADMINISTRATIVO DO MUNICÍPIO DE MARIANA – MG  | __36    |
| FIGURA 4.2 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARIANA – MG EM RELAÇÃO AO ESTADO DE MINAS GERAIS  | _____39 |
| FIGURA 5.1 – MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | _____   |
| 46  |         |
| FIGURA 5.2 – MAPA HIPSOMÉTRICO DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _____52 |
| FIGURA 5.3 – MAPA DE CLASSES DE DECLIVES DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _____55 |
| FIGURA 5.4 – MODELO DIGITAL DE TERRENO DA A ÁREA DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _56     |
| FIGURA 5.5 – MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | _____57 |
| FIGURA 5.6 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _____62 |
| FIGURA 5.7 – MAPA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | _____66 |
| FIGURA 5.8 – MAPA DE USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _____68 |
| FIGURA 6.1 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MODIFICADA. FONTE: ALKMIM E MARSHAK, 1998.                                      | _____73 |
| FIGURA 6.2 – MAPA LITOESTRUTURAL DA ÁREA URBANA DE MARIANA  | _____74 |
| FIGURA 6.3 - MAPA HIPSOMETRICO DA ÁREA URBANA DE MARIANA  | _____82 |
| FIGURA 6.4 – HIPSOMETRIA CONJUGADA AO MODELO DIGITAL DE TERRENO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | _____83 |
| FIGURA 6.5 – MAPA DE DECLIVIDADE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA  | _____85 |
| FIGURA 6.6 – MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | _____87 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 6.7 – MAPA DE SUB-BACIAS DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 91  |
| FIGURA 6.8 – DIAGRAMA TRIANGULAR DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS COM A REPRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS ANALISADOS NA ÁREA DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA                 | 96  |
| FIGURA 7.1 – MAPA DE SÍNTESE GEOAMBIENTAL DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | 113 |
| FIGURA 7.2 – ESTRUTURAÇÃO EM <i>MICROSOFT EXCEL</i> DO BANCO DE DADOS DIGITAL DOS LAUDOS DE VISTORIA DAS ÁREAS DE RISCO, COM REPRESENTAÇÃO PARCIAL DO CADASTRO. | 116 |
| FIGURA 7.3 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA PONTUAL DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIAS E POSSIBILIDADES DE OCORRÊNCIAS NA CIDADE DE MARIANA                                  | 119 |
| FIGURA 7.4 – MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE E RISCOS GEOLÓGICOS DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 133 |
| FIGURA 8.1 - ZONEAMENTO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | 137 |
| FIGURA 8.2 – CARTA DE ORDENAMENTO TERRITORIAL DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA   | 142 |

## LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS

---

|  |     |
|--|-----|
| TABELA 2.1 – CLASSIFICAÇÃO DA I.A.E.G, MODIFICADA DE ABGE 1998.  | 9   |
| TABELA 2.2 – RESUMO DAS CLASSES DE DOCUMENTOS PROPOSTA POR ZUQUETE (1987)  | 11  |
| TABELA 3.1 – MAPAS ELABORADOS PARA O ESTUDO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 29  |
| TABELA 3.2 – MAPAS ELABORADOS PARA O ESTUDO DO MEIO FÍSICO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 29  |
| TABELA 4.1 – DISTRITOS DE MARIANA COM SUAS ÁREAS E PERÍMETROS E SUB-DISTRITOS DE MARIANA.  | 36  |
| TABELA 4.2 – ACESSOS DA SEDE AOS DISTRITOS DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 40  |
| TABELA 5.1 – CLASSES DE DECLIVES ESTABELECIDAS NA PROPOSTA DE LOPEZ CADENAS & BLANCO CRIADO (1976).  | 53  |
| TABELA 5.2 – CLASSES DE DECLIVES E FORMAS DE RELEVO ESTABELECIDAS PARA A ÁREA DO MUNICÍPIO DE MARIANA.                                     | 54  |
| TABELA 5.3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA REDE HIDROGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 65  |
| TABELA 6.1 – CLASSES DE DECLIVES E FORMAS DE RELEVO ESTABELECIDAS PARA A ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE MARIANA.                              | 84  |
| TABELA 6.2 – CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO ESTADO DE ALTERAÇÃO PROPOSTA PELO ISRM, 1983.   | 95  |
| TABELA 6.3 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DA ÁREA DA SEDE DE MARIANA.                 | 97  |
| TABELA 7.1 – PROCESSOS GEODINÂMICOS ATUANTES NO MUNICÍPIO DE MARIANA.  | 121 |
| TABELA 7.2 – CORRELAÇÃO INVENTÁRIO VERSUS PROCESSOS GEOLÓGICOS.  | 130 |
| TABELA 7.3 – CORRELAÇÃO INVENTÁRIO VERSUS UNIDADES GEOLÓGICAS.   | 130 |
| GRÁFICO 4.1 – ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE COLETADOS DO ANO DE 1995 AO ANO DE 2003, NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA EMPRESA SAMARCO MINERAÇÃO LTDA. | 41  |

|  |     |
|--|-----|
| GRÁFICO 6.1 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA OBTIDA DO MATERIAL DA<br>FORMAÇÃO CERCADINHO. _____                           | 101 |
| GRÁFICO 6.2 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA OBTIDA DO MATERIAL DA<br>FORMAÇÃO BARREIRO. _____                             | 104 |
| GRÁFICO 6.3 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA OBTIDA DO MATERIAL DA<br>FORMAÇÃO SABARÁ. _____                               | 106 |
| GRÁFICO 6.4 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA OBTIDA DO MATERIAL DO<br>DEPÓSITO COLUVIONAR. _____                           | 107 |
| GRÁFICO 6.5 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA OBTIDA DO MATERIAL DO<br>DEPÓSITO DE TÁLUS. _____                             | 109 |
| GRÁFICO 7.1 – DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS OCORRÊNCIAS DAS ÁREAS DE RISCO NA SEDE<br>DO MUNICÍPIO DE MARIANA. _____                    | 117 |
| GRÁFICO 7.2 – DISTRIBUIÇÃO MENSAL DAS OCORRÊNCIAS DAS ÁREAS DE RISCO NA<br>SEDE DO MUNICÍPIO DE MARIANA. _____                   | 118 |
| GRÁFICO 7.3 – DISTRIBUIÇÃO DOS LAUDOS DE VISTORIA DAS ÁREAS DE RISCO DO<br>MUNICÍPIO DE MARIANA DE 1997 A 2003 POR BAIRRO. _____ | 120 |

## LISTA DE FOTOS

---

|   |     |
|---|-----|
| FOTO 4.1 – VISTA PARCIAL DA RUA DOM SILVÉRIO, CENTRO DE MARIANA, COM SUAS RUAS LARGAS, PRAÇAS E ACERVO HISTÓRICO. | 34  |
| FOTO 6.1 – UNIDADES MORFOLÓGICAS RELEVOS ESCARPADOS E RELEVOS SUAVES.   | 88  |
| FOTO 6.2 – UNIDADES MORFOLÓGICAS RELEVOS ESCARPADOS E RELEVO DE RAMPA.  | 88  |
| FOTO 6.3 – UNIDADE MORFOLÓGICA COLINAS.   | 89  |
| FOTO 6.4 – ESCORREGAMENTO TRANSLACIONAL EM MATERIAL DA FORMAÇÃO BARREIRO.   | 102 |
| FOTO 6.5 – EROÇÃO HÍDRICA E ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS EM MATERIAIS DA FORMAÇÃO BARREIRO.                        | 103 |
| FOTO 6.6 – ESCORREGAMENTO ROTACIONAL EM MATERIAL DO GRUPO SABARÁ.   | 105 |
| FOTO 6.7 – ESCORREGAMENTO EM MATERIAL DO DEPÓSITO COLUVIONAR.   | 108 |
| FOTO 6.8 – OCUPAÇÃO DO DEPÓSITO DE TÁLUS NO BAIRRO SANTA RITA DE CÁSSIA   | 110 |

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

As cidades brasileiras cresceram e crescem ainda hoje sem planejamento e gestão territorial adequados, com a população resolvendo por si só seus problemas mais imediatos de moradia e acesso aos serviços básicos (luz, água, disposição de lixo e esgotamento sanitário). A consequência mais imediata desta expansão desordenada foi o surgimento de problemas relacionados à utilização do meio físico, principalmente no que se refere à estabilidade de encostas, inundações em áreas urbanas e ao desperdício de recursos naturais. Doravante, é possível e imprescindível minimizar e/ou resolver os problemas já instalados, bem como ordenar futuras expansões, através da realização de estudos que caracterizem o meio físico natural, de forma a subsidiar o planejamento e gerenciamento do uso do solo.

Dentro deste contexto, o Município de Mariana - MG vem enfrentando nos últimos anos vários problemas decorrentes da má utilização do meio físico. Poucos foram os estudos voltados ao seu planejamento e ordenamento, mas as consequências que a cidade sofre quando da época das chuvas são de conhecimento geral. Além de várias ocorrências de movimentação em encostas e taludes, há também na área urbana o risco de inundação pelo transbordamento do Ribeirão do Carmo e afluentes. Outro aspecto a ser levado em consideração é o crescimento natural da cidade e a necessidade de novas áreas a serem ocupadas. Muitas vezes esta ocupação se dá de forma desordenada ou utiliza terrenos inadequados.

Preocupada com o aumento significativo dos problemas relacionados à má utilização do meio físico e pressionados pela opinião pública, a Prefeitura Municipal de Mariana elaborou no biênio 2002/2003, um Plano Diretor para o Município. Um plano diretor é uma lei que rege, orienta e dá diretrizes para o crescimento ordenado de uma cidade. No entanto, as bases para todas as análises e avaliações que subsidiam um Plano Diretor fundamentam-se em estudos do meio físico, que suporta os meios biótico e antrópico.

O estudo aqui apresentado produziu informações imprescindíveis para todas as etapas que se seguiram na elaboração do Plano Diretor Urbano-Ambiental de Mariana. Visou o estudo do Município de Mariana no geral e de sua área urbana em particular, enfocando seus aspectos geológicos e ambientais, tendo como objetivo principal fornecer subsídios para o ordenamento territorial em ambos os níveis. No âmbito do território municipal, a partir da análise de documentos cartográficos compilados e produzidos, objetivou-se avaliar as características gerais dos terrenos, os conflitos de usos e os impactos existentes, buscando-se definir a capacidade das unidades de território para acolher os diversos usos. No âmbito da área urbana, buscou-se pormenorizar os trabalhos de cartografia geotécnica e de risco existentes, enfocando os principais problemas relacionados ao meio físico e seu uso.

Desta forma, além da análise global do Município e da sua área urbana, que fundamentou o Plano Diretor, o estudo buscou a agregação das informações sobre o meio físico, compiladas e produzidas, num único documento e produziu uma base de dados cartográficos georeferenciados, que possibilitarão a elaboração de um sistema de informações mais amplo, com a agregação de outras informações, posteriormente.

Foram aplicadas técnicas de geoprocessamento, utilizando os programas *Er mapper*, *SPRING*, *AutoCadMap* e *Arcview* para a produção das bases cartográficas e o inventário dos elementos e informações com ênfase nos aspectos geológicos, geotécnicos e ambientais. O cruzamento de informações e mapas possibilitou a elaboração de cartas temáticas derivadas (carta geotécnica, carta de risco a processos geológicos, carta de ocorrência de escorregamentos, carta de recomendação de uso do solo, etc.), que foram à base para a análise final do meio físico e proposição de medidas mais adequadas em relação ao uso e ocupação territorial.

## **1.2 A GEOLOGIA E O ORDENAMENTO TERRITORIAL**

A atuação do geólogo frente ao desenvolvimento insustentável dos meios urbanos concerne no rompimento de paradigmas de concepção e execução que não concebem a geologia ou aos fatores geológicos, importante papel para a funcionalidade das cidades. Dessa forma, torna-se imprescindível à contextualização das atividades, a partir de um embasamento conceitual e técnico, operacionalizando as ações segundo

princípios sólidos e aplicáveis.

Alguns princípios podem ser destacados como a ordem hierárquica das ações de intervenção, segundo qual torna-se gradualmente mais importante aplicar o conhecimento geológico na ocupação territorial, diminuindo percentualmente a necessidade de ações corretivas frente à ocupação de sítios inadequados. Outro princípio é o da correlação entre as funcionalidades dos terrenos e seus atributos, onde o espectro de funções de um território deve levar em consideração os atributos hidrogeotécnicos, compartimentados segundo o modelo geológico existente, otimizando assim o aproveitamento do território disponível.

Ressalta-se que a gestão e a aplicação dos recursos públicos para um investimento propriamente dito, só são justificáveis se estiverem ao alcance da comunidade que o detém, cabendo ao geólogo que trabalha em áreas urbanas refletir sobre a urgência de obras grandiosas e buscar sempre alternativas em conformidade com o princípio do desenvolvimento sustentável, atentando para a possibilidade de ocorrerem reabilitações de caráter local e transferência de problemas. O crescimento populacional, a migração do campo para as cidades e o desenvolvimento industrial refletem diretamente na modificação do meio físico, seja através da urbanização, da instalação de minerações, na construção de estradas, barragens etc.. Assim, a previsibilidade de processos geológicos como assoreamentos, erosões, movimentação dos terrenos e outros, são essenciais à operação e integridade de eventuais intervenções e se realizar.

A contribuição da geologia de engenharia, do ordenamento territorial e da geotecnia cada vez se torna mais evidente, no que tange à previsão e antecipação de decisões pertinentes ao desenvolvimento sustentável, principalmente, frente o crescimento dos centros urbanos.

## Capítulo 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

#### 2.1 O HOMEM E A OCUPAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Os recursos naturais constituem a fonte de energia e de materiais indispensáveis à existência e ao desenvolvimento humano. Primordialmente, quando ainda possuía hábitos nômades, coube ao homem adaptar as suas atividades à sua associação com a vida natural. O crescimento da população e o desenvolvimento tecnológico modificaram seu comportamento, que passou a dominante na comunidade biótica, utilizando-a de acordo com suas necessidades.

À evolução natural do planeta, resultado da ação dos processos endógenos (sismicidade, vulcanismo e deformação crustal) e dos processos exógenos (intemperismo, erosão e transporte de materiais) somaram-se, recentemente, as ações decorrentes do homem, induzindo ou acelerando o processo natural de evolução do meio físico.

Os modelos econômicos e sociais de sobrevivência humana estão sendo constantemente modificados, principalmente, após a instituição da Revolução Industrial na segunda metade do século XVIII, que provocou mudanças profundas nos meios de produção até então conhecidos. Registrou-se nesse período uma explosão demográfica, e com ela o início de um processo de degradação excessivo do ambiente e uma depleção exagerada de recursos naturais.

O século XIX abriu novas perspectivas de povoamento do território brasileiro, sendo marcado pelo início da mecanização do território com a instalação das ferrovias, dos telégrafos e das primeiras companhias de navegação, repercutindo no processo de urbanização do País. O fenômeno da urbanização propriamente dita só desponta no Brasil em meados do século XX. Após a década de 50, deste último século, com o reflexo da industrialização, os vínculos econômicos e o fator urbano tornam-se correlatos. Impõe-se uma nova lógica na organização da sociedade brasileira. As inovações econômicas e sociais são enormes, pois se associam, neste contexto, à explosão demográfica, ao êxodo rural e à integração do território pelos transportes e

comunicações. Crescem cidades de todos os tipos e com diferentes níveis funcionais.

A evolução da taxa de urbanização no Brasil indica a importância e a velocidade das transformações. Em 1940 este índice alcançava 31,24% sobre o total da população do País. Em 1970 representava 55,92%, ou seja, mais da metade da população, e em 2000 chegou a 81,24% (IBGE, 2000).

A industrialização, a mecanização da agricultura e o êxodo rural são também responsáveis por algumas cidades brasileiras passarem a acolher enormes contingentes populacionais em busca de emprego e acesso a serviços diversos, contingente este sem qualificação e perspectivas. Intensificou-se nesse período o fenômeno das favelizações, instalando-se agregados populacionais sem qualquer controle técnico-administrativo nas periferias das regiões metropolitanas. A década de 70 foi também marcada pela construção e expansão de estradas de rodagem e pela criação de um moderno sistema de telecomunicações, o que tornou possível uma maior fluidez no território, além de permitir a unificação do mercado em escala nacional.

Os efeitos do processo de urbanização e a implantação dos grandes centros urbanos no Brasil podem ser percebidos pela escassez de espaços favoráveis à ocupação territorial e a dificuldade crescente de exploração dos recursos naturais. O crescimento desordenado trouxe consigo grandes desequilíbrios ambientais, cada vez mais evidentes e de difícil recuperação, o que levou ao homem começar a pensar políticas de planejamento do meio físico e de ordenamento do território.

A partir de uma estratégia territorial, no que diz respeito aos processos e elementos ambientais, os trabalhos de planejamento e ordenamento buscam minimizar os impactos negativos que por ventura possam ser produzidos. Especificamente, tem-se o interesse de definir cartograficamente os setores do território que apresentem maior “qualidade ambiental” e a partir daí, propor sua preservação, além de recuperar ou reabilitar áreas que se encontrem degradadas por atividades que sejam incompatíveis com sua vocação de uso (Masson *et al.* 1990).

Em contrapartida, torna-se preponderante delimitar as áreas potenciais ao crescimento urbano e industrial, minimizando assim futuras ações corretivas frente à ocupação de sítios inadequados. A incorporação das características e condicionantes do

meio natural nos estudos de gestão territorial é imprescindível para a otimização do aproveitamento dos recursos de um território com a preservação de seus valores naturais.

## **2.2 METODOLOGIAS DE ESTUDOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL**

Brown *et al.* (1971), afirmam que a chave para que se consiga uma relação de equilíbrio entre a exploração e a conservação está em se conhecer o ambiente em que se quer ocupar. Isto se torna possível com a elaboração de uma cartografia geoambiental integrada, que sintetize as informações significativas sobre os processos e características naturais do território, resultando em uma ferramenta muito adequada para abordar ou analisar o uso do mesmo.

As metodologias de análise, interpretação e administração da realidade do meio natural têm em comum o interesse de representar o território cartograficamente, com o ensejo de subsidiar tomadas de decisões, sejam elas de caráter preventivo ou corretivo. Para tal, seguem princípios, como o respeito pela finalidade desejada, um limite para o número de atributos avaliados, a não exclusão das investigações locais, a especificidade do usuário, a ênfase na análise dos atributos locais e a precisão dos resultados.

Os resultados obtidos são expressos através de mapas temáticos e derivados, destacando-se entre eles o mapa de ordenamento do território, os mapas geoambientais, os mapas geocientíficos e os geotécnicos.

Ressalta-se que a cartografia geotécnica voltava-se, inicialmente, aos empreendimentos de engenharia, principalmente nos EUA e leste europeu, onde mais se desenvolveu. Posteriormente, foi sendo adaptada aos anseios do planejamento ambiental e ordenamento territorial.

Alguns autores propõem o agrupamento de metodologias para que haja um estudo mais efetivo do ordenamento territorial, destacando-se entre eles Diaz de Terán (1988) e Farraia (1989).

Diaz de Terán (1988) propõe uma subdivisão inicial em duas grandes categorias. Uma primeira de caráter sintético, integralizando a representação das unidades naturais e uma segunda de caráter analítico, representando os aspectos concretos do território

separadamente, sejam eles descritivos ou interpretativos, com integração posterior.

Farraia (1989) subdivide dois grupos para a descrição das principais metodologias de ordenamento territorial. O primeiro grupo não aponta a geologia como atributo principal de análise, sendo os dados referentes à mesma superficiais. Já o segundo grupo, considera os aspectos geológicos fundamentais face à caracterização dos usos e aptidões dos terrenos.

Diversos outros autores e diversas outras metodologias se destacam nesse cenário, estando algumas destas resumidas a seguir:

C. S. I. R. O (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, Austrália 1952-1968 in Diaz de Terán 1988 e MOPT 1992) propõem uma subdivisão do território em Sistemas Territoriais (*Land Systems*) a partir das características físicas do mesmo, separando áreas que possuem características afins de áreas adjacentes com outras características. Os Sistemas Territoriais são determinados, principalmente, tomando-se como base os atributos topográficos, edafológicos e da vegetação, sendo que tais sistemas podem espacialmente variar de dezenas de Km<sup>2</sup> a centenas de Km<sup>2</sup>.

Brown *et al.* (1971) propõem a descrição de unidades geológico-ambientais, com o objetivo de formar uma base para a determinação das unidades de aptidões de recursos, indicando os elementos ambientais mais significativos para esse estudo. Os principais elementos citados por eles são: as propriedades físicas do substrato rochoso, os processos ativos, os aspectos biológicos relevantes e a ocupação humana e sua influência na promoção de modificações significativas.

Luttig (1975) in Sobreira (1995) destaca que os mapas devem refletir o potencial do meio natural, adaptando a cartografia tradicional, principalmente a geológica, para que se obtenha mapas geocientíficos aplicados ao planejamento.

Steinitz (1975) em metodologia elaborada pelo Departamento de “*Landscape Architecture*” da “*Graduate School of Design*” da Universidade de *Harvard*, propõe o desenvolvimento de modelos matemáticos e técnicas automáticas para facilitar a inserção dos dados do meio físico no estudo de planejamento territorial, fundamentando-se na problemática de planejamento de áreas urbanas. Para tal, torna-se necessário inventariar os elementos do meio físico e armazenar as informações em um

banco de dados informatizado, através de programas adequados. A partir da geração dos “bancos de dados”, procura-se determinar as capacidades e vulnerabilidades do território para usos pré-estabelecidos, considerando os aspectos econômicos, políticos e sociais. Com essas informações passa-se à fase de proposições ao uso do território e à elaboração do plano definitivo de ordenamento.

A Metodologia P.U.C.E. (*Patterns, Units, Components and Evaluation*) foi desenvolvida por Grant (1974). Fundamenta-se na importância da origem geomórfica para a análise dos terrenos. A este critério de análise somam-se vários outros, tais como a homogeneidade das propriedades dos membros que compõem cada classe, o rigor na delimitação da natureza das classes (dados quantitativos e qualitativos e feições de fácil aferição) e a compatibilização com um sistema eletrônico que facilite a aquisição, análise e armazenamento dos dados que representam as características dos terrenos.

Cendrero (1975) propõe, inicialmente, o conhecimento detalhado dos recursos naturais do território, para então a partir daí, definir as unidades naturais que o compõe, ressaltando em importância dentre outros elementos que compõem o meio físico a geologia, a morfologia, as propriedades físicas dos materiais e a influência humana.

A metodologia da I.A.E.G (*International Association of Engineering Geology*, 1976) propõe a formulação de um mapeamento que considere a geomorfologia, a hidrogeologia, as características das rochas e dos solos e a dinâmica terrestre. Para a apresentação dos resultados destaca que a classificação dos mapas deve levar em consideração a finalidade, o conteúdo, a escala e a litogênese do mapeamento. Resumidamente, tal classificação é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Classificação da I.A.E.G, modificado de ABGE 1998.

| CLASSIFICAÇÃO     |                             | CARACTERÍSTICAS  |  |
|-------------------|-----------------------------|--|--|
| <b>FINALIDADE</b> | Finalidade especial         | Só apresenta em mapa as informações específicas a um determinado tipo de obra geotécnica, suprimindo as demais informações que possam existir. |  |
|                   | Multifinalidade             | Os mapas com multifinalidades apresentam várias informações geotécnicas, que podem ser úteis para diversos tipos de obras.                     |  |
| <b>CONTEÚDO</b>   | Mapa analítico              | Finalidade vem expressa no título.   |  |
|                   | Mapa compreensivo           | Mapa de condições geotécnicas  | Apenas registra as informações geológico-geotécnicas obtidas na análise do meio físico.  |
|                   |                             | Mapa de zoneamento geotécnico  | Registra e interpreta as informações geológico-geotécnicas obtidas na análise do meio físico, individualizando o meio em “zonas” homogêneas. |
| <b>ESCALA</b>     | Grandes                     | $\geq 1:10.000$  | Finalidade específica.   |
|                   | Intermediária               | 1:10.000 a 1:100.000   | Planejamento regional.   |
|                   | Pequenas                    | 1:100.000 ou menores   | Mapeamento geral.  |
| <b>LITOGÊNESE</b> | Tipo geologia de engenharia | Cartas em escalas 1:5.000 ou maiores e uniformidade das características litológicas.   |  |
|                   | Tipo litológico             | Cartas em escalas 1:5.000 a 1:10.000, homogeneidade estrutural, textural e composicional. Estado de alteração heterogêneo.                     |  |
|                   | Complexo litológico         | Cartas em escalas 1:10.000 a 1:200.000 e tipos litológicos relacionados geneticamente segundo uma geotectônica e paleogeografia específica.    |  |
|                   | Suíte litológica            | Escala menores que 1:200.000 e vários complexos litológicos desenvolvidos sob condições tectônicas e paleogeográficas similares.               |  |

A Metodologia ZERMOS (*Zones Exposées aux Risques de Mouvements des Sols*) fundamentou-se nos trabalhos de Humbert (1977) e Antoine (1975, 1977). Propõe efetuar um zoneamento do território em função da intensidade, gravidade e

probabilidade de ocorrência dos movimentos dos terrenos. Para tal, necessita do levantamento dos fatores de instabilidade, tanto naturais (geologia, rede de drenagens, meteorologia, etc.), quanto temporais (ocupação humana e a urbanização, vegetação, etc.). O risco a ocorrência de movimentos dos terrenos é representado em documentos por três zonas associadas a uma paleta de cores, empregando-se geralmente a cor verde para as áreas não afetadas e presumivelmente sem risco, a cor laranja para as áreas potenciais à ocorrência dos movimentos e a cor vermelha para as áreas classificadas como instáveis e com risco iminente.

Godfrey (1977) baseia-se na consideração de que em uma dada região existem grupos distintos de *Landforms* (Unidades Morfológicas Territoriais), cada qual com sua história geomorfológica e geológica. Propõe uma estratificação dos mesmos em unidades menores, permitindo uma melhor interpretação das suas limitações e aptidões. Tal procedimento inicia-se com a determinação da ordem mais adequada das unidades fisiográficas, ordem essa que varia de região para região. O próximo passo refere-se à determinação dos limites de cada unidade fisiográfica e a definição de suas características, aptidões e limitações. Finalmente, estabelece-se um zoneamento quanto ao grau de risco e de aptidão ao uso.

Ramos *et al.* (1979) destacam que as metodologias empregadas nos estudos de ordenamento territorial devem ser versáteis para que se possa aplicá-las na resolução de diversos problemas, ter cunho interdisciplinar, incorporando disciplinas nas diferentes etapas do processo de análise e interpretação e devem contemplar um arranjo multidisciplinar de trabalho alcançando-se um produto final de caráter integrado. Ressaltam, também, a importância da formulação de um banco de dados flexível e dinâmico que venha permitir a inserção de novas informações e a atualização do produto final.

Cendrero (1980) faz um resumo sobre quais características devem ser valorizadas e utilizadas quando se enfoca uma cartografia aplicada ao ordenamento e planejamento territorial. Os principais pontos salientam a importância de uma representação objetiva da realidade do território, tanto com uma abordagem geológica quanto com ênfase nos aspectos ambientais. Não menos importante, aponta a necessidade de se “levantar” detalhadamente os aspectos do território referentes à

utilização do mesmo com um enfoque prospectivo, além da necessidade de se buscar um produto versátil que poderá ser utilizado para diversos fins e por muito tempo. Outro aspecto preponderante é a necessidade da geração de mapas que possam ser compreendidos e, principalmente, utilizados por pessoas que não sejam fundamentalmente geólogos. Finalmente, os mapas resultantes devem ser confeccionados basicamente para a delimitação de áreas homogêneas em relação a determinadas características ou parâmetros, ou seja, devem refletir o potencial ou uma capacidade dada para um determinado território, de forma a acolher uma série de usos ou atividades.

Zuquete (1987) enfatiza uma metodologia que se baseia nas condições sócio-econômicas e físicas do Brasil, onde os atributos do meio físico (geologia, hidrogeologia e outros) são levantados, avaliados, analisados e apresentados sob a forma de classes de documentos (mapas, cartas e anexos descritivos), objetivando sua utilização para fins de engenharia, planejamento, agronomia etc. As classes de documentos estão sintetizadas na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Resumo das Classes de Documentos proposta por Zuquete (1987).

| CLASSES DE DOCUMENTOS             | MAPAS E CARTAS  | CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS  |
|-----------------------------------|---|---|
| <b>MAPAS BÁSICOS FUNDAMENTAIS</b> | Mapa topográfico  | Controla a escala, suporta e baseia os demais levantamentos.  |
|                                   | Mapa geológico  | <u>Mapa do substrato rochoso</u> – tem por objetivo representar as litologias e suas características composicionais, diagenéticas e estruturais.                                  |
|                                   |   | <u>Mapas de materiais inconsolidados</u> – tem por objetivo representar e identificar (origem, textura, espessura etc.) dos materiais que se encontram sobre o substrato rochoso. |
| Mapa das águas                    | Deve fornecer informações sobre a o regime superficial (rede de drenagem, bacias, sub-bacias etc.) e subsuperficial (profundidade do N. A, áreas de recarga, tipos litológicos e capacidade de armazenamento etc.). |   |

Tabela 2.2 (continuação) – Resumo das Classes de Documentos proposta por Zuquete (1987).

| <b>CLASSES DE DOCUMENTOS</b>               | <b>MAPAS E CARTAS</b>                     | <b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS</b>   |
|--|---|---|
| <b>MAPAS BÁSICOS<br/>OPCIONAIS</b>         | Mapa pedológico                           | Importantes ao prover informações como origem do material (solo), sua composição mineralógica, porosidade, estruturação, granulometria, textura etc.  |
|  | Mapa geofísico                            | Importantes na orientação para a prospecção de materiais de construção, estudos de escarificabilidade de maciços, determinação do nível d'água, determinação da profundidade do topo rochoso, cubagem de material para escavação etc. |
|  | Mapa geomorfológico                       | Representa o meio físico através da descrição do relevo, da litologia e dos processos geodinâmicos atuantes. Pode dividir-se em mapa morfométrico, morfogenético e morfocronológico.  |
|  | Mapa de ocupação atual ou prevista        | Tem por objetivo apresentar as áreas que são de uso público, as de proteção permanente e as com previsão de ocupação.   |
| <b>MAPAS AUXILIARES</b>                    | Mapa de documentação ou de dados          | Tem por objetivo representar os pontos de amostragem a análise de informações.  |
| <b>CARTAS DERIVADAS OU INTERPRETATIVAS</b> | Carta de zoneamento geotécnico específico | As cartas derivadas são obtidas através da interpretação, com um objetivo específico, das informações contidas em outras classes de mapas.  |
|  | Carta de zoneamento geotécnico geral      |   |
|  | Carta de clinometria                      |   |
|  | Carta de condições construtivas etc.      |   |

Sobreira (1995), em estudo geoambiental desenvolvido em um município da área metropolitana de Lisboa, fundamenta-se no conhecimento dos elementos de natureza geológica para a realização de um estudo de planejamento e ordenamento territorial. Embasou-se, principalmente, na caracterização litológica, geomorfológica e na avaliação dos recursos naturais existentes. A litologia foi o principal condicionante das propriedades dos terrenos. A geomorfologia, além de base para a elaboração de outros mapas específicos e derivados, possibilitou a realização de um zoneamento da área em unidades morfológicas territoriais com importante correlação com os grupos litológicos existentes e com os processos geodinâmicos atuantes. Já a avaliação dos

recursos naturais, foi preponderante na determinação das prioridades de usos do meio físico.

Bastos e Souza (1996) consideram o mapeamento geotécnico como uma ferramenta para se estudar e conhecer as características ambientais que compõem o meio físico. Ressaltam a relação entre a formulação de unidades, baseadas na origem, pedogênese, características físicas e morfológicas dos solos, bem como no entendimento do comportamento geotécnico frente a diferentes solicitações.

Sobreira (2000) reforça a necessidade de se conhecer o meio físico através de uma abordagem multidisciplinar, para a elaboração de estudos geológico-ambientais aplicados ao ordenamento territorial. Destaca que para uma caracterização geológica eficaz é necessário o conhecimento de aspectos fundamentais como a litologia, o estado de alteração das rochas, o grau de fraturamento, a estruturação geológica, a hidrogeologia, o relevo e a disposição das encostas, evitando assim muitos problemas referentes ao uso e ocupação dos terrenos. Paralelamente, enfoca a importância da geologia ambiental, preocupando-se com os problemas de degradação, recuperação e reutilização do ambiente, além da destruição dos solos por erosão ou contaminação e os riscos que as condições naturais impõem às populações.

## **2.3 GEOPROCESSAMENTO**

A evolução natural do homem e sua organização social crescente ocorreram paralelamente com o acúmulo de informações sobre o meio no qual está inserido. Inicialmente, coube às ciências naturais e ao conjunto de conceitos por ela desenvolvidos, estudar as plantas, os animais e a distribuição dos recursos naturais no planeta. Entretanto, o “papel” era a única forma de representar toda a documentação, cartas e mapas produzidos, dificultando o cruzamento, armazenamento e distribuição das informações.

Recentemente, mais precisamente a partir da segunda metade do século XX, iniciou-se o desenvolvimento de tecnologias de processamento eletrônico de dados cartográficos, possibilitando a representação e o armazenamento de informações através de um ambiente computacional. Esta evolução tecnológica permitiu o aparecimento de um novo campo de estudos denominado geoprocessamento, conceitualmente descrito

por Câmara (1996) como um método de tratamento de informações geográficas a partir de técnicas matemáticas e computacionais.

### *2.3.1 SISTEMAS DE GEOPROCESSAMENTO*

O conceito de geoprocessamento propriamente dito não é recente, podendo-se destacar Chorley e Kennedy (1971) *in* Xavier da Silva (2001) ao definirem sistemas de geoprocessamento como um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos apresentando limites, partes componentes, funções internas e externas.

Muitas são as maneiras de se classificar os sistemas de geoprocessamento. Uma das classificações é a de Rodrigues (1988) que os diferencia em aplicativos, especialistas e de informação.

Os Sistemas Aplicativos são representados por um grupo de programas que tem por função realizar operações associadas a atividades de projeto, análise, avaliação e planejamento, largamente utilizados nas áreas de mineração, urbanismo e transportes.

Os Sistemas Especialistas são os sistemas computacionais que requerem o desenvolvimento de técnicas de tratamento quantitativas, para a interpretação ou inferência do comportamento de variáveis distintas (Meira, 1996). Empregam o conhecimento na solução de problemas, emulando o desempenho de um especialista atuando em uma dada área do conhecimento.

Já os Sistemas de Informação são os sistemas capazes de capturar, gerenciar, manipular e analisar dados de fontes diversas, referenciados espacialmente, reestruturando-os e apresentando-os para a solução de problemas complexos de planejamento e gerenciamento.

### *2.3.2 HISTÓRICO DO GEOPROCESSAMENTO*

#### **2.3.2.1 Evolução Internacional**

A evolução do geoprocessamento e seu progresso prático estão intimamente ligados à própria evolução das técnicas de informática e dos processadores de dados. As primeiras tentativas de automatização parcial do processamento de dados aconteceram nos anos 50 do século passado. Tais estudos foram desenvolvidos na Inglaterra na área

de Botânica e nos Estados Unidos para controle de tráfego, visando à redução dos custos de produção e manutenção de mapas (Câmara *et al.*, 1996).

Na década de 60, o advento do computador digital, impulsionou as pesquisas dos métodos conceituais de análise espacial. Foi nessa década que surgiram os primeiros sistemas de informações geográficas, sistemas estes que ainda esbarravam nos preços elevados dos computadores e na precariedade da informática, principalmente, por necessitarem de mão de obra excessivamente especializada.

A década de 70 foi marcada pelo amadurecimento da indústria dos sistemas de informações geográficas e pelo desenvolvimento de recursos de *Hardwares* mais acessíveis, viabilizando o aparecimento de sistemas comerciais (Câmara *et al.* 1996). Remonta-se também a esse período, o surgimento do sistema comercial CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador), uma nova tecnologia de produção de mapas que substituiu o processo cartográfico tradicional.

A partir da década de 80, até os dias de hoje, ocorreu um acelerado crescimento técnico e tecnológico dos sistemas de informações geográficas, como consequência da popularização e barateamento das estações de trabalho e dos computadores pessoais.

Entretanto, o que se vê atualmente é um contra-senso com o início evolutivo do geoprocessamento, pois hoje os principais desafios para implantação dos sistemas de informações não mais residem à esfera tecnológica, mas sim à esfera político-administrativa.

### **2.3.2.2 Evolução no Brasil**

A introdução dos estudos de geoprocessamento no Brasil tem uma história recente, podendo-se atribuir o pioneirismo à equipe do projeto RADAMBRASIL em 1975 (Xavier da Silva, 2001). Os primeiros esforços visavam racionalizar, gerar, armazenar, recuperar e analisar o acervo de dados deste projeto, o que resultou em 1978, na criação de um Sistema de Informação Geo-Ambiental (SIGA) que foi efetivamente o primeiro sistema de informação geográfica criado no Brasil.

Na década de 80, pode-se atribuir a responsabilidade pela expansão dos conhecimentos sobre geoprocessamento, aos esforços do Prof. Jorge Xavier da Silva

(UFRJ) e à Comissão Brasileira da União Geográfica Internacional (UGI) chefiada naquela ocasião pelo Prof. Esperidião Faissol. Foi nesse período que vários pesquisadores e vários grupos de estudos começaram a se interessar pelo desenvolvimento do geoprocessamento e dos sistemas de informação, ajudando na disseminação da tecnologia. Dentre os principais grupos de estudos que se destacaram nesse cenário podemos citar:

- A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), através de seu departamento de Geografia e de alguns pesquisadores do núcleo de computação eletrônica, formando no início dos anos 80 um grupo sob a orientação do Prof. Jorge Xavier da Silva, grupo este responsável pela elaboração do SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), largamente utilizado.

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através de sua “Divisão de Processamento de Imagens – DPI”, responsável pela criação entre 1984 e 1990 do SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e do SGI (Sistema Geográfico de Informação), englobados a partir de 1991 no pacote SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas) em ambiente *Unix e MS/Windows*.

- Universidade de São Paulo (USP), que colaborou para o desenvolvimento do geoprocessamento através da criação dos cursos de Doutorado e Mestrado em Geoprocessamento no ano de 1984, em seu Departamento de Engenharia dos Transportes da Escola Politécnica.

### *2.3.3 O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTA INTEGRALIZADORA*

Para tornar operacional a visão dos ambientes como sistemas, tratando de assuntos geológico-ambientais é necessário manipular e organizar uma grande quantidade de informações que posteriormente serão utilizadas para diversas finalidades. Os sistemas de informações geográficas não funcionam meramente como uma ferramenta que permite apenas a manipulação dos dados, mas também, possibilita a análise, simulação e avaliação dos modelos pré-concebidos.

Burrough (1986) define Sistema de Informação Geográfica (SIG) como um

conjunto poderoso de ferramentas para adquirir, armazenar, transformar e exibir dados espaciais do mundo real, para um conjunto particular de propósitos. Os dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos da sua posição com relação a um sistema conhecido de coordenadas, dos seus atributos não georeferenciáveis (como cor, percentual, custo, incidência de doenças, etc) e através das relações topológicas entre si.

Aronoff (1989) define SIG como um sistema computacional usado para o armazenamento e manipulação de informações geográficas. Segundo ele, um SIG é projetado para a aquisição, armazenamento e análise de objetos e fenômenos onde a localização geográfica é uma importante característica ou crítica para a análise. A apresentação de tais informações ocorre sob a forma de mapas e/ou tabelas.

Teixeira *et al.* (1992) consideram que os SIG são um conjunto de programas e processos de análise caracterizados pela focalização do relacionamento de fenômenos específicos da realidade com sua localização espacial, a partir de uma base de dados computadorizados. Tais processos fundamentam-se no armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não-espaciais e temporais e na geração de informações mutuamente relacionadas.

Câmara (1993) interpreta SIG como um sistema que integra em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, combinando as várias informações através de algoritmos e gerando como produto final, mapeamentos derivados passíveis de consultas, recuperações, visualização e plotagem.

#### *2.3.4 APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS*

A evolução dos dispositivos de aquisição de dados e as facilidades advindas do avanço da microinformática têm permitido a constante ampliação do domínio de aplicações em SIG. Além disso, o perfil dos usuários é amplo, destacando-se nesse contexto biólogos, geólogos, sociólogos, engenheiros, arquitetos, administradores etc.

Dentre as áreas de aplicação mais difundidas ressalta-se a agricultura e o planejamento do uso da terra, a silvicultura e o gerenciamento da vida silvestre, a

arqueologia, a geologia, a geotecnia e as aplicações municipais, principalmente, em planejamento ambiental, ordenamento territorial, sistemas de censo, ocupação humana, uso da terra e atividades econômicas.

O uso de SIG's no campo da Geologia de Engenharia e Geotecnia tornou-se uma ferramenta comum na avaliação de questões do ambiente, respaldando-se, principalmente, no fato de possibilitar a manipulação de um grande número de informações ordenadas espacialmente, em diferentes escalas e em tempo real. Inúmeros são os trabalhos desenvolvidos no Brasil e fora dele na elaboração de cartas geológico-geotécnicas com o uso de SIG.

Quanto ao planejamento ambiental e ordenamento do território, estes cada vez mais têm na estruturação da informação geográfica uma ferramenta essencial para facilitar a execução de atividades pertinentes à administração pública. Os sistemas possuem extensa capacidade de análise dos recursos naturais e integração das situações críticas avaliadas. Ao mesmo tempo permitem um monitoramento de alterações ambientais e a construção de zoneamentos ambientais dirigidos. Os SIG's municipais têm grande relevância na tomada de decisões legais, administrativas e econômicas, mas só recentemente as gestões municipais têm reconhecido os benefícios de se abordar de forma integrada as informações manipuladas por suas inúmeras secretarias.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos nas duas últimas décadas exemplificando o potencial de utilização dessa ferramenta. Dentre eles pode-se destacar:

- ♦ Moreira (1993) que aplicou o sistema de informação geográfica MIPS para o mapeamento automático da carta geotécnica de Aguai-SP;
- ♦ Ramalho (1994) que utilizou o sistema SIG-IDRISI na elaboração da carta de zoneamento geotécnico da cidade de Viçosa-MG;
- ♦ Mineropar (1994, *in* ABGE 1998) aplicando a metodologia proposta por Zuquete (1987), elaborou um mapeamento geotécnico da Região Metropolitana de Curitiba utilizando a ferramenta SIG;
- ♦ Wolski *et al.* (1998) utilizaram a ferramenta SIG para a geração do mapa de estimativa de unidades geotécnicas para a região do Médio Uruguai, na escala 1:250.000;

- ♦ Souza *et al* (2000) desenvolveram um estudo enfocando como a cartografia geotécnica está inserida em um sistema integrador de informações geoambientais para a Zona Costeira de São Paulo (Projeto SIIGAL);
- ♦ Tagliani (2001) realizando um trabalho conjunto com a equipe do Plano Diretor do Município do Rio Grande – RS, utilizou o *software* IDRISI como ferramenta para a estruturação de um sistema de planejamento ambiental de usos;
- ♦ Higashi *et al* (2002) em estudo realizado na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, desenvolveram um banco de dados geotécnicos com o objetivo de facilitar, através do emprego da ferramenta SIG, o acesso aos dados dos solos da região.

## 2.4 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

Cerri (1990), define risco geológico como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não. Já suscetibilidade é definida em MOPT (1992) como um processo natural em si mesmo, caracterizado pela potencialidade de processos geológicos (geodinâmica interna e externa) em causar transformações do meio físico, independentemente de suas conseqüências para as atividades humanas.

Ragozin (1994) propõe a seguinte formulação para a avaliação do risco:

$$R = P \times D$$

Onde:

R = risco médio de um evento por um determinado período de tempo

P = probabilidade de ocorrência de um evento

D = probabilidade de ocorrência de dano devido a um evento

Sendo que D pode ser avaliado como:

$$D = V \times Dt$$

Onde:

V = vulnerabilidade dos objetos e pessoas frente a um evento

Dt = dano total devido a um evento

Assim:

$$R = P \times V \times Dt$$

O estudo do risco geológico envolve inúmeros procedimentos e metodologias, que dependem dos objetivos, das escalas de trabalho e dos processos atuantes. Fundamenta-se na observação e no registro de indicadores de instabilidade, naturais ou decorrentes da ação antrópica, enfocando as conseqüências prováveis em caso de deflagração dos processos (IPT, 1991).

Uma das maneiras de se representar e analisar a suscetibilidade a processos geológicos e os riscos conseqüentes é a cartografia. Até meados da década de 90, do século passado, o estabelecimento de correlações entre os elementos do meio físico e a execução de análises de risco para áreas mais amplas, baseou-se em considerações qualitativas e/ou subjetivas, o que era possível frente à qualidade das observações de campo e à experiência dos profissionais (conhecimento especialista). Ultimamente a possibilidade de se gerar bancos de dados digitais confiáveis e representativos tem permitido a realização de correlações mais quantitativas e/ou objetivas, orientadas por "parâmetros estatísticos ou semi-estatísticos", facilitando e agilizando os trabalhos que envolvem análise e o zoneamento de riscos futuros.

Uma das ferramentas que vem ganhando destaque é o sistema de informação geográfica (SIG), cada vez mais utilizada para o zoneamento das áreas sujeitas a ocorrência de eventos perigosos, a partir do conhecimento e levantamento dos atributos que influenciam na predisposição e deflagração destes fenômenos, bem como na avaliação da variação espacial das condições dos terrenos e a distribuição espacial dos problemas. O mapeamento temático e os modelos qualitativos e quantitativos elaborados permitem a análise, o armazenamento e a manipulação de informações, passíveis de cruzamento, para a geração de um produto cartográfico derivado.

Van Westen (1993) faz uma comparação entre as vantagens e desvantagens de se utilizar sistemas de informação geográfica frente às técnicas convencionais.

As principais vantagens apontadas por ele são:

- A possibilidade de se aplicar várias técnicas para análise do risco, independentemente da complexidade das mesmas;

- A viabilidade da variação dos cruzamentos dos mapas e tabelas e a velocidade dos cálculos, principalmente, a partir do avanço da microinformática;
- A possibilidade de inserir ao sistema novas informações, atualizar as já existentes, permitindo rapidamente um refinamento e/ou ajuste dos modelos pré-concebidos.

Quanto às desvantagens, o autor cita:

- A dificuldade na digitalização dos mapas e a concepção do banco de dados de entrada;
- A subutilização do sistema quando se tem poucos dados e/ou variáveis de entrada não confiáveis.

Jiang *et al* (1994) em um estudo realizado em Tangshan (China), utilizam um sistema de informação geográfica estruturado em IDRISI para a avaliação e previsão de colapsos em cavernas calcárias. Muitos fatores controlam a ocorrência desses fenômenos, como as propriedades de sobrecarga dos depósitos, o processo de carstificação da rocha, a condição hidráulica do carst, a porosidade do aquífero e as atividades humanas. A avaliação do potencial das cavidades, usando métodos tradicionais para a combinação dos dados espaciais de fontes diferentes é muito difícil. Para esta avaliação, os principais fatores que influenciam no colapso foram considerados amplamente, gerando um zoneamento de risco como produto final.

Van Westem *et al* (1994) propõem uma metodologia com o uso da ferramenta SIG para geração de um banco de dados que subsidie problemas de geologia de engenharia em áreas montanhosas. A área de estudo selecionada para o desenvolvimento da metodologia fica situada na Província de Caldas, Colômbia Central, englobando a cidade de Manizales. A cidade está situada a uma altitude de 2000 m, nos declives mais íngremes do Flanco Ocidental da Cordilheira Central, nas proximidades do vulcão Del Ruiz. Devido à topografia acidentada, grande parte da cidade é construída nas porções de declividades altas, sendo freqüente a realização de operações de corte e aterro hidráulico para a instalação de moradias. A área está localizada em uma região sismicamente ativa, com histórico de problemas relacionados

a avalanches de terra, deslizamentos translacionais e corridas. A estruturação do sistema de informação geográfica baseou-se na elaboração do mapa geomorfológico de detalhe, do mapa de distribuição dos escorregamentos, do mapa geológico, do modelo digital do terreno, da análise da declividade, na descrição dos solos e rochas e nos dados de laboratório (mapeamentos e sondagens). As informações foram combinadas por sucessões pixel a pixel, resultando na geração de um SIG para áreas montanhosas.

Carvalho (1996) propõe e discute uma metodologia, com base na ferramenta estatística "Análise de Decisão" para o gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas. Em seu estudo, o critério de decisão adotado foi a "minimização do custo por vida salva". A proposta foi aplicada às favelas do município de Belo Horizonte.

Bonuccelli (1999) realizou no Município de Ouro Preto-MG um estudo da problemática dos movimentos gravitacionais de massa (MGM) e processos correlatos em áreas urbanas. A escala de trabalho foi 1:10.000, permitindo o levantamento e a discussão dos principais tipos e características dos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos, bem como a determinação dos atributos que podem influenciar na deflagração dos mesmos. Foram utilizadas técnicas semiquantitativas para análise da relação atributo versus ocorrência dos MGM. O tratamento e a análise das informações levantadas foi realizado através do software ILWIS 2.1, estruturando um sistema de informação geográfica básico.

Carvalho (2001) utilizou a ferramenta SIG-ILWIS 2.23 para realizar o estudo da suscetibilidade aos movimentos gravitacionais de massa (MGM) e processos erosivos no Bairro Santa Cruz no Município de Ouro Preto-MG. Metodologicamente, desenvolveu-se uma correlação através de estatística univariada, valor de informação e peso da evidência, entre os atributos do meio físico "levantados" (substrato rochoso, materiais inconsolidados, declividade, rumo da encosta, drenagem, vegetação, geomorfologia, uso e ocupação) e a ocorrência dos MGM e processos erosivos.

Disperati *et al* (2003) desenvolveram um estudo para avaliação do risco de deslizamentos de terra na cidade de Pergola – Itália. A escala de mapeamento foi 1:10.000 para uma área de aproximadamente 370 Km<sup>2</sup>. Construiu-se um sistema de

informação geográfica cujo banco de dados foi “alimentado” com informações referentes a litologia, topografia, declividade, relação espacial das camadas e uso da terra. Por conseguinte, considerando-se a morfologia, litologia e características antrópicas das áreas com ocorrência de deslizamentos e aplicando-se uma análise estatística, foi possível localizar novas áreas potenciais a ocorrência de novos deslizamentos.

Um grande número de pesquisadores e profissionais vem se dedicando ao propósito de se criar mecanismos para a diminuição da perda de vidas e dos prejuízos econômicos, devido aos riscos geológicos. Entretanto, as políticas de administração públicas, em sua maioria, ainda não utilizam o conhecimento técnico-científico para minimizar ou solucionar os principais problemas ocorrentes, principalmente os relacionados ao uso e ocupação do meio físico.

## **2.5 INVENTÁRIO DOS MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA**

Os desastres naturais são responsáveis por provocarem grandes perdas de vidas e de propriedades ao longo da história da humanidade. Diante da magnitude do problema e da necessidade de se minimizar as suas conseqüências, a ONU proclamou através da Resolução 44/236 datada de 22/12/89, o Decênio Internacional para Redução dos Desastres Naturais, com início em 01/01/1990. Esta resolução atentou para a importância do conhecimento técnico e científico frente à adoção de medidas mitigadoras aos desastres.

Dentro da realidade brasileira, os escorregamentos e deslizamentos de terra são os fenômenos naturais mais comuns, envolvendo uma grande variedade de materiais, processos e fatores condicionantes. Amaral (1996) ressalta que a condição básica para se definir corretamente medidas mitigadoras a esses problemas é o entendimento dos fatores responsáveis pela deflagração dos escorregamentos, destacando os fatores geológicos, entre os muitos fatores que podem contribuir e influenciar na ocorrência de tais processos. A caracterização minuciosa dos movimentos gravitacionais de massa e processos associados e a geração de um banco de dados confiável são premissas fundamentais para posteriormente avaliar-se a probabilidade de ocorrerem novos eventos, destacando-se nesse cenário os Inventários de Escorregamentos.

Segundo Fernandez e Amaral (1996), a elaboração de um Inventário de Movimentos de Massa vem garantir o registro dos processos ocorridos no passado e no presente, gerando assim um banco de dados de análise que pode ser utilizado para a previsão de ocorrências no futuro, bem como para a análise dos fatores que influenciam na deflagração destes movimentos.

Bonuccelli (1999) ressalta que para a minimização dos problemas relacionados à ocorrência dos movimentos gravitacionais de massa, é necessário executar o levantamento dos processos e dos atributos que os influenciam, analisar a relação entre processos e atributos, elaborar um zoneamento ou uma hierarquização das áreas sujeitas a ocorrência desses fenômenos, realizar o levantamento e hierarquização dos danos que eventualmente possam ser produzidos pela deflagração de novos processos ou reativação de antigos e, finalmente, planejar ações e intervenções que permitam gerenciar e minimizar os possíveis danos.

De acordo com a proposta do comitê da UNESCO para o inventário mundial de movimentos gravitacionais de massa (UNESCO - WP/WLI, 1993), as principais características a serem levantadas em consideração a um inventário são: tipos, dimensões e atividade dos processos. Dentre as ferramentas que podem ser utilizadas na avaliação dessas características destacam-se as imagens de satélite, os conjuntos de fotografias aéreas de diferentes épocas, as fotografias de baixa altitude, a fotogrametria terrestre, o G.P.S. (*Geographic Positioning System*), os trabalhos de campo e o cadastramento das ocorrências atendidas pela Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros.

Dentre os inúmeros trabalhos de cadastros de movimentos de massa realizados, em regiões brasileiras, alguns mais recentes estão resumidos a seguir:

- ♦ Amaral (1996) elaborou um inventário de escorregamentos do Rio de Janeiro, com o propósito de analisar os condicionantes geológicos na deflagração dos acidentes, via gerenciamento e manipulação dos dados com o uso do processamento automático. A estruturação do inventário baseou-se na geração de um banco de dados digital e de boletins de escorregamentos. A geração do banco de dados engloba informações relativas ao tipo de escorregamento, tipo de material deslizado, providências tomadas após o escorregamento, condicionantes do escorregamento e descrição das condições

gerais. O boletim de escorregamento permite a inclusão dos dados, alteração e/ou exclusão dos mesmos, consulta e geração de relatórios. O desenvolvimento deste trabalho e o entendimento das causas geológicas dos escorregamentos resultaram na avaliação e revisão de mapas, produtos e ações institucionais da Prefeitura do Rio de Janeiro dentro de um conceito atual de gerenciamento de áreas de risco;

- ♦ Bonucelli (1999), com o intuito de avaliar e analisar os riscos decorrentes da suscetibilidade de deflagração de movimentos gravitacionais e processos correlatos na área urbana de Ouro Preto, realizou um levantamento e cadastramento dos processos geodinâmicos ocorridos, através da observação de feições visíveis em fotos aéreas antigas e cadastramento de novas feições em campo. A área estudada foi de 44 Km<sup>2</sup>, sendo cadastradas 442 feições, das quais 364 foram consideradas como ativas;
- ♦ Vieira *et al.* (2000) realizaram um levantamento sistemático de dados, com base em Tahlweg (1996), com o objetivo de elaborar um diagnóstico do uso e ocupação atual do solo na área urbana de Viçosa. Foram realizados 68 levantamentos pontuais abordando entre outras questões os tipos de processos instalados ou potenciais, tipo de substrato rochoso, área de influência das moradias e o grau de risco instalado;
- ♦ Salaroli (2003) elaborou um inventário de movimentos de massa com informações de 1122 registros de acidentes geológicos no Município de Vitória – ES, baseando-se no trabalho de Amaral (1996). A integração das informações permitiu uma melhor caracterização das encostas do Município e do comportamento geral dos movimentos de massa.

## Capítulo 3

### METODOLOGIA

---

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho envolveu dois níveis de análise: o Município como um todo e, especificamente, a sua área urbana. As escalas de trabalho adotadas foram de 1:50.000 para o Município, envolvendo análise mais abrangente e geral, e de 1:10.000 para a área urbana, com análise mais detalhada.

Ambos os níveis envolveram quatro fases de trabalho: fase de inventário, produção de bases, elaboração do sistema de informações com o uso da ferramenta geoprocessamento, análise e diagnóstico do meio físico.

#### 3.1 FASE DE INVENTÁRIO

Essa etapa constou no levantamento das informações disponíveis sobre a área de estudo e sobre o tema em questão, artigos, bases cartográficas (fotos aéreas, ortofotos, imagens de satélite, mapas topográficos, geológicos, geotécnicos, etc.) e relatórios técnicos (laudos de vistorias de áreas de risco).

Os documentos inventariados e utilizados foram:

- Mapa topográfico do Município, na escala 1:50.000 e do núcleo urbano, na escala 1:5.000. No processo de digitalização foram utilizadas as bases da PLANAG Ltda (Folhas 03, 07, 11 e 12, 1974 – escala 1:5.000) e do IBGE (Folhas Mariana, Acuruí, Alvinópolis, Cata Altas, Ponte Nova e Piranga, 1986 – escala 1:50.000);
- Fotografias aéreas nas escalas 1:8.000 (CETEC, 1986), 1:25.000 (Esteio, 1986) e 1:30.000 (Cruzeiro do Sul, 1950);
- Ortofotos na escala 1:10.000 (CEMIG, 1987), abrangendo as coordenadas UTM 7776.000/652.000, 7776.000/698.000 e 7726.000/652.000, 7726.000/698.000, perfazendo um total de 69 “Folhas”.
- Planta Cadastral da cidade de Mariana, ELENGE - 1:7.500 (Prefeitura Municipal de Mariana).

## **3.2 PRODUÇÃO DE BASES**

### *3.2.1 COLETA DE DADOS*

Para a etapa de coleta de dados foram desenvolvidos trabalhos de reconhecimento da área urbana e global do município através de fotointerpretações, processamento digital de imagens de satélite LANDSAT-TM, inventário dos laudos de ocorrências das áreas de risco de Mariana e trabalhos de campo. Consistiu na aquisição, análise, crítica e síntese dos atributos do meio físico.

#### **3.2.1.1 Fotointerpretação**

As análises e interpretações de fotografias aéreas foram importantes no sentido de se reconhecer estruturas, as formas de relevo, estabelecer os padrões de drenagem e para se entender a evolução temporal da ocupação do meio físico na cidade de Mariana.

#### **3.2.1.2 Interpretação de Imagens de Satélite (LANDSAT – TM)**

O processamento digital de imagens LANDSAT-TM e as respectivas técnicas de realce em imagens orbitais foram utilizadas com o propósito de auxiliar na produção de mapas temáticos, através da identificação de formas e propriedades dos materiais. A interpretação de imagens de satélite permitiu, nesse contexto, o levantamento das principais feições estruturais da área e a confecção do mapa de cobertura vegetal do município de Mariana. Foi empregada a composição das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 em associação ao espaço RGB.

#### **3.2.1.3 Inventário dos Laudos de Ocorrências das Áreas de Risco de Mariana**

O Inventário dos Laudos de Ocorrências das Áreas de Risco de Mariana foi realizado através da elaboração de um cadastro dos registros de acidentes geológicos e geológico-geotécnicos deflagrados ou em vias de deflagração na área urbana da sede do Município no período de 1997 a 2003, sendo que o Município só dispõe de informações referentes aos anos de 1997, 2000, 2001, 2002 e 2003.

#### **3.2.1.4 Trabalhos de Campo e Laboratório**

Os trabalhos de campo foram direcionados aos objetivos propostos para as

análises a nível municipal e para a área da sede do Município de Mariana. Para o Município buscou o reconhecimento e verificação em campo dos mapas compilados, bem como dos trabalhos de interpretação de fotos aéreas, ortofotos e imagens de satélite realizados. Para a sede do Município o mapeamento foi executado em escala de detalhe e buscou além da verificação das interpretações da fase de escritório, a cartografia das Unidades Litoestratigráficas, o levantamento de dados estruturais complementares, o estudo geomorfológico da área da sede, a verificação e a descrição dos locais com ocorrência de processos geodinâmicos, para aferição e complemento do inventário, e a documentação fotográfica da área.

Complementarmente, foram coletadas 15 amostras de solo para ensaios laboratoriais nas principais unidades litológicas da área urbana do município. Os estudos de caracterização geotécnica dos materiais existentes foram realizados no Laboratório de Geotecnia da Escola de Minas (UFOP), visando à determinação dos índices físicos e propriedades geotécnicas dos materiais (limites de consistência e granulometria), bem como o auxílio na delimitação de unidades geológico-geotécnicas. Os ensaios foram realizados segundo as normas técnicas, NBR10838 (Massa específica aparente de solos e grãos), NBR07181 (Análise granulométrica), NBR06459 (Determinação do limite de liquidez) e NBR07180 (Determinação do limite de plasticidade).

A etapa de campo foi auxiliada pelos mapas topográficos inventariados nas escalas 1:5.000 e 1:50.000, fotografias aéreas (escalas 1:8.000, 1:25.000 e 1:30.000), ortofotos e GPS (*Global Positioning System*). A utilização de um receptor do sistema GPS possibilitou a localização precisa das feições, assim como a correta determinação de suas dimensões. O *Datum* utilizado foi o Córrego Alegre, apresentando quanto à qualidade do sinal, uma oscilação com erro aproximado de até 10 m.

### 3.2.2 TRATAMENTO DE DADOS

As bases cartográficas compiladas e produzidas foram digitalizadas através do *software AutoCADMap2000* e os dados coletados em campo tratados e integrados. Basicamente, as informações de entrada foram categorizadas e dispostas em *layers* (camadas). Cada plano de informação foi georeferenciado individualmente, o que

tornou possível executar sobreposições, de forma que em todos os mapas, toda localização foi precisamente ajustada às localizações correspondentes. O *layer* inferior deste conjunto é o que representa o sistema de referência (plani-altimétrico) ao qual todos os mapas foram ajustados. Os resultados do tratamento dos dados estão mostrados nas Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 – Mapas elaborados e compilados para o estudo do meio físico do Município de Mariana.

| <b>Município de Mariana (Escala 1: 50.000)</b> |  |
|--|--|
| Mapa Topográfico (IBGE – 1986)                 | Mapa Hipsométrico                          |
| Mapa Geológico (CPRM – 1993)                   | Mapa Político Administrativo (IBGE – 1986) |
| Mapa Geomorfológico                            | Mapa de Bacias Hidrográficas               |
| Mapa de Cobertura Vegetal                      | Mapa de Uso do Solo                        |
| Mapa de Declividade                            | Modelo Digital do Terreno                  |

Tabela 3.2 - Mapas elaborados e compilados para o estudo do meio físico da sede do Município de Mariana.

| <b>Sede do Município de Mariana (Escala 1: 10.000)</b> |                              |
|--|------------------------------|
| Mapa Topográfico (PLANAG)                              | Mapa de Declividade          |
| Mapa Geológico   | Mapa Hipsométrico            |
| Mapa Geomorfológico                                    | Mapa de Uso e ocupação Atual |
| Mapa de Sub-bacias Hidrográficas                       | Modelo Digital do Terreno    |
| Mapa da Mancha Urbana (ELENGE – 2003)                  |                              |

É importante ressaltar que a exceção dos mapas geológico e topográfico do Município, que foram compilados e digitalizados de CPRM (1993) e IBGE (1986), e dos mapas topográficos e da mancha urbana da sede, compilados e digitalizados de PLANAG (1983) e ELENGE (2003), todos os outros foram elaborados no âmbito desta dissertação de mestrado, e serviram de base para as análises geológico-ambientais executadas pela equipe consultora do Plano Diretor Urbano-Ambiental do Município de Mariana (MG).

### **3.3 ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES COM O USO DA FERRAMENTA DO GEOPROCESSAMENTO**

O material inventariado e produzido nas etapas anteriores foi trabalhado com a utilização dos programas *SPRING* (INPE), *Er Mapper 6.1*, *AutoCADMap2000* e *Arcview 8.1*, juntamente com outras bases de dados disponíveis (infra-estrutura, sócio-econômica, etc.) de modo a produzir um sistema de informações preliminar, com ênfase nos aspectos do meio físico.

#### *3.3.1 PROGRAMAS*

Foram utilizados basicamente seis programas:

- *AutoCADMap2000*, empregado na digitalização e vetorização dos dados do meio físico;
- O *Excel for Windows da Microsoft*, utilizado para implementação do banco de dados sócio-econômico e do inventário de ocorrências;
- *DXF2XYZ 1.3, Guthrie CAD/GIS software*, empregado na conversão dos documentos em formato DXF do *AutoCAD*, para coordenadas XYZ.
- O *Er mapper 6.1*, utilizado no processamento digital das imagens de satélite e para a geração dos modelos digitais da sede e do Município de Mariana.
- O *SPRING 3.5.1* do INPE, para a geração dos mapas de declividade do Município e da área urbana.
- O *Arcview 8.1*, para estruturação e sustentação do sistema de informação preliminar.

#### *3.3.2 CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA*

A estruturação do sistema de informação concerne na estruturação básica de sustentação, definindo-se previamente os atributos componentes, os critérios de análise empregados e as classificações necessárias para a geração dos produtos cartográficos georeferenciados e seus bancos de dados relacionais. Ocorreu em duas fases distintas: Uma primeira referente à arquitetura do sistema e uma segunda responsável pela geração dos produtos desse sistema.

A arquitetura de referência determina a forma de gerenciamento para que se possa tratar os diferentes tipos de objetos geográficos. Foi empregada uma conformação em camadas funcionais para sistemas de gerência de bancos de dados, complementados por subsistemas especializados. A diferenciação em camadas visa a separação das questões de visualização das funções de manipulação; oferecer abstrações referentes a geo-objetos, geo-campos e mapas de geo-objetos; separar os componentes espacial e convencional dos dados geográficos; armazenar e manipular elementos de representação, além de implementar formas de armazenamento matricial e vetorial (Câmara, 1996).

### **3.4 ANÁLISE E DIAGNOSTICO DO MEIO FÍSICO**

Os dados obtidos e tratados nas etapas anteriores alimentaram o sistema de informação georeferenciado, base para um posterior sistema de informações geográficas para a área urbana de Mariana. A obtenção dos dados e o tratamento dos mesmos contemplou as etapas de compartimentação fisiográfica dos terrenos e sua caracterização geotécnica, denominados de “Produtos Básicos”. Estes produtos retratam as características básicas do meio físico, do meio antrópico e parcialmente do meio biótico.

A cartografia temática específica “Produtos Intermediários” compreendem os produtos desenvolvidos com a função de diagnósticos e prognósticos sobre os problemas geoambientais, especificamente, acerca dos riscos geológicos e dos conflitos (capacidade X atividade). Cada tipo de risco geológico (movimentos de massa, inundação e erosões) é abordado de maneira diferenciada, conforme os atributos necessários à classificação de risco. Os produtos desenvolvidos foram a carta suscetibilidade e riscos geológicos da sede e a carta de inventário de ocorrências de escorregamentos, associada a ocupação do solo.

Os produtos finais compreenderam as cartas derivadas da integração dos produtos básicos e intermediários e são dirigidos diretamente aos planejadores, gestores e executores de políticas públicas. Nesses produtos estão sintetizadas as informações constantes em todos os produtos anteriores, a partir de uma análise integrada e crítica dos diversos agentes que interagem no Município de Mariana. As cartas produzidas

foram: Zoneamento Geoambiental do Município e Carta de Ordenamento Territorial da Sede. As Figuras 3.1 e 3.2 ilustram o procedimento adotado.

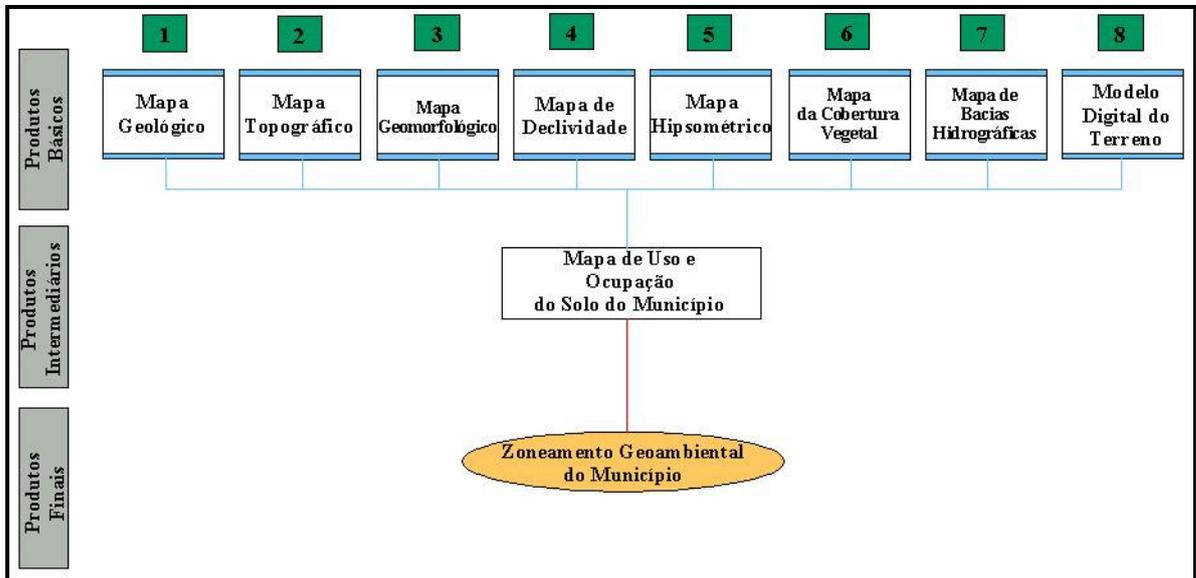


Figura 3.1 – Fluxograma representando o procedimento de tratamento, integração e análise dos dados no estudo do Município de Mariana – MG.

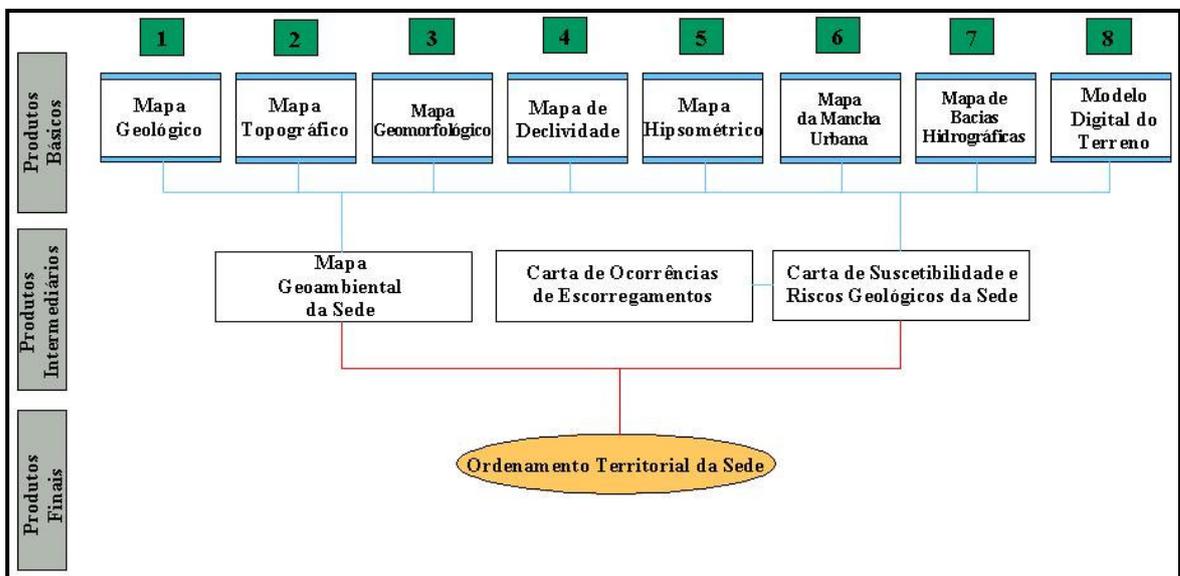


Figura 3.2 – Fluxograma representando o procedimento de tratamento, integração e análise dos dados no estudo da sede Município de Mariana – MG.

## Capítulo 4

### ASPECTOS GERAIS DO MUNICÍPIO DE MARIANA-MG

---

#### 4.1 BREVE HISTÓRICO

A história da ocupação do Município de Mariana está vinculada à expansão da busca de ouro pelos vicentinos no final dos seiscentos. Atribui-se às investidas do Português Manoel Borba Gato a descoberta de ouro em Minas Gerais no século XVII. Os primeiros registros de ocorrência se referem às margens do Rio das Velhas por volta de 1680 e às regiões de Vila Rica (atual Ouro Preto) e Arraial do Carmo (atual Mariana), no final do mesmo século (Fundação João Pinheiro, 1975).

Em 16 de julho de 1696 uma expedição chefiada pelo Coronel Salvador Fernandez Furtado de Mendonça, encontrou ouro em abundância às margens de um ribeirão, hoje conhecido como Ribeirão do Carmo. Os desbravadores (bandeirantes) ali se fixaram, surgindo assim o primeiro povoamento da Capitania.

O crescimento da extração do ouro atraiu um grande número de aventureiros e promoveu o aparecimento de novos povoados. O movimento crescente da mineração despertou na Coroa Portuguesa a necessidade de atribuir maior atenção à região, o que resultou na criação do Arraial do Carmo, que se tornou a sede do governo. Rapidamente o Arraial foi elevado a condição de Vila, em 8 de abril de 1711. A categoria de Cidade só foi concebida em 1745, quando ganhou o nome de Mariana em homenagem à Rainha D. Maria Anna d'Áustria, assumindo, também, a posição de sede do primeiro bispado de Minas.

Mariana foi a única das vilas mineiras a constituir objeto de um documento régio preocupado em ordenar o planejamento da cidade, consolidando-se como grande centro urbano. Possuía uma paisagem urbana formada por uma sucessão de praças diferenciadas e um conjunto arquitetônico e paisagístico composto por edificações setecentistas de inestimável valor histórico e artístico (Foto 4.1).



Foto 4.1 – Vista parcial da Rua Dom Silvério, centro de Mariana, com suas ruas largas, praças e acervo histórico. (Foto de 1935).

O final do século XVIII e o século XIX foram marcados pelo declínio da produção de ouro e o conseqüente esvaziamento da região. A cidade passou por 100 anos de estagnação econômica, sem registro de crescimento urbano considerável (FJP, 1975).

Sobreviveram nesse cenário as atividades de mineração na Mina de Maquiné, iniciadas em 1814 por Antônio Barbosa Coure. Em 1862 a “Dom Pedro Norte Del Rey *Company*” prospectou ouro do lado direito do Ribeirão Canelas. Em 1865 a Mina de Maquiné foi reaberta, produzindo 536 g de ouro em apenas 8 dias. Os anos de 1866, 1867 e 1868 foram marcados por produções de até 726,0 Kg ao ano, com teores chegando a 2880 g/ton. Em 1884 criou-se a “*Dom Pedro Gold Mining Company Limited*”, que se manteve em funcionamento até o ano de 1896, quando foi fechada por motivos financeiros.

Já o século XX foi evidenciado pelo surgimento da Mina da Passagem, pela construção da Estrada de Ferro Central do Brasil (1914) e pela instalação de uma fábrica de tecidos na cidade, o que impulsionou o desenvolvimento econômico local.

Em 1945 a cidade foi agraciada com o título de Cidade Monumento Nacional (Decreto Lei Nº 7718 – 06/07/1945).

A partir de 1975, após a instalação das mineradoras CVRD, SAMARCO e SAMITRE, a cidade retomou o crescimento acelerado, tendo triplicado a população do município em apenas 10 anos. Junto com o aumento da população, Mariana deparou-se com uma considerável expansão de sua malha urbana, dando origem a novos bairros, como o Santo Antônio, Cabanas, Santa Rita de Cássia, Vila dos Inconfidentes, Vila Maquiné etc.

Embora tenha sido a primeira cidade planejada de Minas Gerais, Mariana, como a maioria dos municípios brasileiros, é vítima de administrações omissas a políticas de ordenamento do território e por isso vem enfrentando inúmeros problemas decorrentes da ocupação desordenada, principalmente, nos últimos 30 anos.

#### **4.2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA**

Segundo o IBGE (2000), a população de Mariana está estimada em 46.670 habitantes, sendo que 38.679 habitantes estão na zona urbana e 8.031 estão nos distritos, sub-distritos e localidades do município. Possui uma área de 1199,418 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 244,901 Km. São 9.415 os domicílios particulares distribuídos entre a sede, 09 distritos e 11 sub-distritos (Tabela 4.1). Tem divisas com os municípios de Catas Altas (29,13 km) e Alvinópolis (41,68 km) a norte, Barra Longa (30,68 km) e Acaiaca (19,61 km) a leste, Ouro Preto (67,71 km) a oeste e Piranga (16,30 km) e Diogo de Vasconcelos (39,77 km) a sul.

Tabela 4.1 – Distritos de Mariana com suas áreas e perímetros e Sub-distritos de Mariana.

| DISTRITOS                      | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PERÍMETRO | SUB-DISTRITOS  | LOCALIDADES  |
|--------------------------------|-------------------------|-----------|--|--|
| <i>Bandeirantes (1)</i>        | 68,11                   | 44,35     | ***  | ***  |
| <i>Cachoeira do Brumado(2)</i> | 69,67                   | 49,42     | <i>Barroca</i>   | ***  |
| <i>Camargos (3)</i>            | 117,28                  | 66,10     | ***  | <i>Bicas</i><br><i>Ponte do Gama</i>   |
| <i>Cláudio Manoel (4)</i>      | 130,32                  | 60,65     | <i>Águas Claras</i>                                    | <i>Caldeireiros</i><br><i>Cana do Reino</i><br><i>Campinas</i>                 |
| <i>Furquim (5)</i>             | 141,51                  | 85,11     | <i>Pedras</i><br><i>Constantino</i>                    | <i>Cuiabá</i><br><i>Goiabeira</i><br><i>Margarida</i><br><i>Paraíso</i>        |
| <i>Mariana (sede) (6)</i>      | 91,39                   | 65,07     | <i>Canela</i>  | <i>Serra</i>   |
| <i>Monsenhor Horta (7)</i>     | 111,97                  | 55,28     | <i>Crasto</i><br><i>Paracatu de Baixo</i>              | <i>Paracatu de Cima</i>  |
| <i>Padre Viegas (8)</i>        | 198,85                  | 77,38     | <i>Barro Branco</i><br><i>Mainart</i><br><i>Vargem</i> | <i>Engenho</i><br><i>Magalhães</i><br><i>Palmital</i><br><i>Serra do Carmo</i> |
| <i>Passagem de Mariana (9)</i> | 36,03                   | 27,46     | ***  | ***  |
| <i>Santa Rita Durão (10)</i>   | 234,24                  | 100,94    | <i>Bento Rodrigues</i>                                 | ***  |

Na Figura 4.1 estão representadas a área do Município de Mariana e a divisão político-administrativa em distritos, numerados a partir da tabela 4.1.

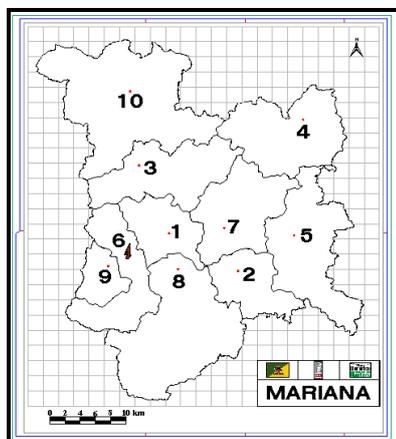


Figura 4.1 – Mapa Político-administrativo do Município de Mariana - Mg

As atividades sócio-econômicas do município de Mariana são voltadas essencialmente para a mineração, devido às importantes jazidas de minerais metálicos (ferro, bauxita, manganês e ouro) e não metálicos (esteatito, quartzito e gnaisse). As mineradoras Cia. Vale do Rio Doce e Samarco Mineração, responsáveis pela exploração do minério de ferro e ferro-manganês, são as principais propulsoras do desenvolvimento econômico, através da geração de empregos diretos para a comunidade e da geração e recolhimento de impostos para o Município. O desenvolvimento de atividades agrícolas não é expressivo, possuindo caráter subsistente, juntamente com as atividades de pecuária para corte, suinocultura e avicultura. Destacam-se, entretanto, as extensas plantações de eucalipto, matéria prima na manufatura do carvão.

O artesanato é outra fonte de geração de renda, principalmente para os moradores da área rural. A produção de painéis de pedra sabão, tapetes arraiolo e de sisal, licores, flores de palha, pintura em tecido, bordado, tricô, crochê, gamelas, colheres de pau, balaios, esteiras e esculturas em madeira são as principais atividades na área artesanal do município.

O comércio da cidade fica concentrado nos serviços de fornecimento de gêneros alimentícios, confecções, estabelecimentos bancários, farmácias, bares, lanchonetes, restaurantes, padarias, óticas, lojas de tecidos, calçados, floriculturas, venda de automóveis, materiais de construção, autopeças etc (PDUAM, 2003).

O turismo fundamenta-se na valorização do patrimônio histórico e artístico (casario colonial, igrejas, museus, manifestações culturais, notadamente a literatura e a música) e pelos locais de beleza cênica e ecológica (cachoeiras, minas, grutas). Entretanto observa-se uma concentração do turismo cultural praticado na sede e no Distrito de Passagem de Mariana e um turismo de compras e lazer no Distrito de Cachoeira do Brumado, devido ao artesanato e à cachoeira. Recentemente, a exploração do turismo com a divulgação das festas populares mais importantes como o carnaval e o Festival de Inverno, tem se mostrado uma das principais vocações econômicas da cidade. Destaca-se, ainda, o imenso potencial turístico ecológico que o Município possui.

### **4.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO**

O Município de Mariana está localizado na região Central de Minas Gerais, Zona Metalúrgica/Campo das Vertentes, integrando com outros 22 municípios a microregião 187 – Espinhaço Meridional. Geograficamente está situado entre os meridianos 43°05'00" e 43°30'00" e os paralelos 20°08'00" e 20°35'00".

As principais rodovias de acesso são a MG-262 (Luiz Martins Soares), a MG-129 (Humberto de Almeida) e a BR-356 (Rodovia dos Inconfidentes). Através da rodovia federal BR-040, o acesso realiza-se a partir de Belo Horizonte ou do Rio de Janeiro até o ramal BR-356, seguindo-se até os Municípios de Ouro Preto e Mariana. Outra possibilidade é através da BR-262, saindo de Vitória (ES) em direção a Rio Casca - MG, por aproximadamente 320 km. Daí em frente utiliza-se o ramal MG-262, sentido Ponte Nova e Mariana, perfazendo mais 120 Km (Figura 4.2).

Por estradas de terra, os principais acessos aos municípios vizinhos são: para Acaiaca (ARM-115, a partir de Goiabeira), para Barra Longa (ARM-365, a partir de Cuiabá, ARM-466, a partir de Águas Claras e ARM-362, a partir de Cláudio Manoel), para Alvinópolis (ARM-116, a partir de Cláudio Manoel e ARM-254, a partir de Santa Rita Durão), para Santa Bárbara/Catas Altas (ARM-130, a partir de Santa Rita Durão), para Ouro Preto/Antônio Pereira (ARM-130, a partir de Bento Rodrigues), para Ouro Preto/Santo Antônio do Salto (ARM-377, a partir da ARM-040), para Piranga (ARM-126, a partir de Mainart) e para Diogo de Vasconcelos (ARM-268, a partir de Barro Branco e ARM-120, a partir de Cachoeira do Brumado/Barroca) (PDUAM 2003).



Os acessos da sede aos distritos e principais sub-distritos/localidades estão mostrados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Acessos da Sede aos distritos do Município de Mariana

| <b>Distrito</b>      | <b>Estradas</b>               | <b>Extensão</b>    | <b>Condições</b>  |
|----------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| Bandeirantes         | MG-262 e ARM-127              | 10,0 km            | Boas              |
| Cachoeira do Brumado | MG-262 e ARM-122              | 19,0 km            | Boas              |
| Camargos             | ARM-010*<br>MG-129 e ARM-130* | 15,0 km<br>28,0 km | Más<br>Boas       |
| Cláudio Manoel       | MG-262 e ARM-142              | 42,4 km            | Boas              |
| Furquim              | <b>MG-262 e Arm-365</b>       | 27,5 km            | Boas              |
| Monsenhor Horta      | MG-262 e ARM-124              | 17,4 km            | Boas              |
| Padre Viegas         | MG-262 e ARM-370              | 7,0 km             | Boas              |
| Passagem de Mariana  | BR-356                        | 4,5 km             | Boas              |
| Santa Rita Durão     | <b>MG-129</b><br>ARM-130*     | 45,0 km<br>32,0 km | Boas<br>Regulares |

#### 4.4 CLIMA

Determinado pelas condições médias da circulação geral da atmosfera, pela localização quanto às fontes de umidade e pela altitude do relevo, o clima de Minas Gerais encontra-se sob o domínio da circulação do anticlone subtropical do Atlântico Sul, caracterizando-se pela ocorrência de ventos predominantemente na porção nordeste-leste (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, 1983). A umidade da região é transportada pelos ventos de nordeste, contextualizando as Serras do Espinhaço e da Mantiqueira, como um anteparo físico e dinâmico ao transporte de umidade disponível.

Localmente, segundo a CPRM (1993) e seguindo a classificação climática de Köppen, descrevem-se dois tipos climáticos distintos (Cwa e Cwb): o primeiro predomina nas partes menos elevadas, compreendendo um clima úmido com verões quentes e pluviosidade média anual de 1.100 - 1.500mm, estação seca curta e

temperatura média anual entre 19,5 - 21,8 °C. Já o segundo (Cwb), predominante nas porções mais elevadas, caracteriza-se por verões mais brandos, temperatura média anual mais baixa (17,4 - 19,8 °C) e média do mês mais quente próxima a 22 °C. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os que registram as maiores precipitações. O índice médio pluviométrico anual está na faixa dos 1.800 mm (Gráfico 4.1).

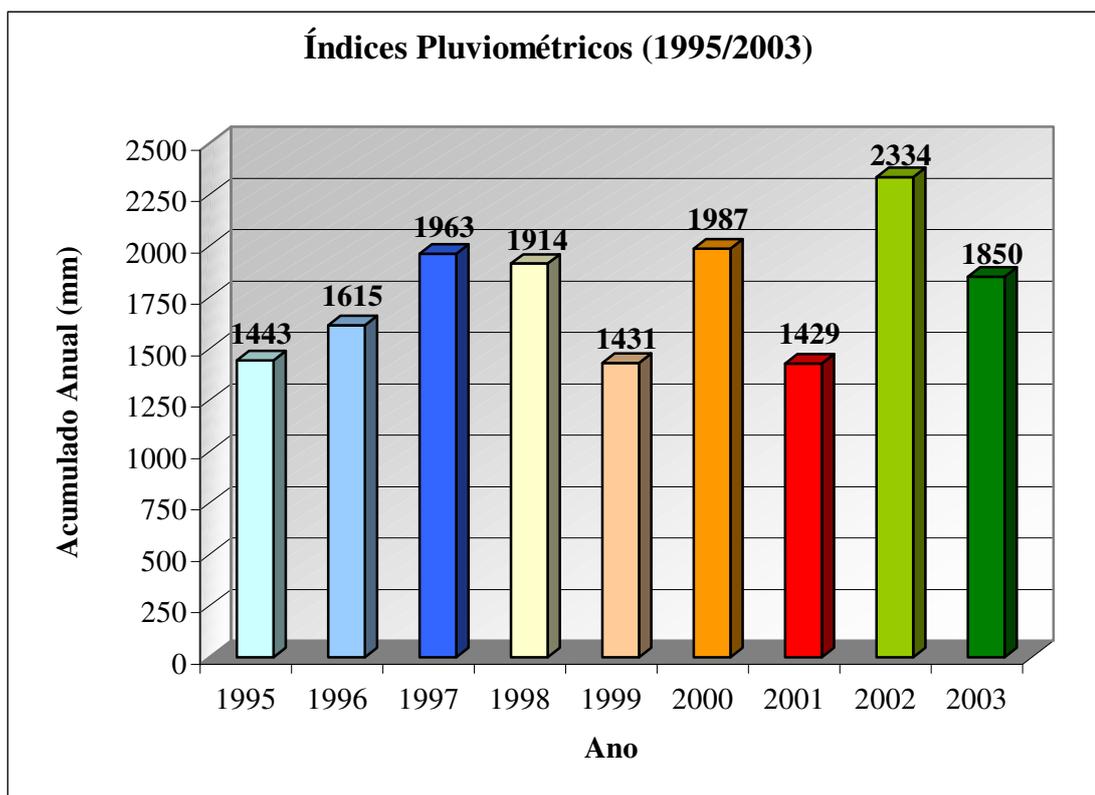


Gráfico 4.1 – Índices de pluviosidade coletados do ano de 1995 ao ano de 2003, na Estação Pluviométrica da Empresa SAMARCO MINERAÇÃO LTDA. – UNIDADE GERMANO.

#### **4.5 TRABALHOS ANTERIORES APLICADOS AO PLANEJAMENTO URBANO DE MARIANA**

Poucos trabalhos foram desenvolvidos no Município de Mariana objetivando o planejamento e o ordenamento de seu território. As primeiras ações de Planejamento Urbano da cidade remontam ao século XVIII, quando o Brigadeiro José Alpoim lançou em um desenho as ruas principais do município, largas e bem traçadas, tornando-se assim a primeira cidade possuidora de um planejamento urbanístico em Minas Gerais (FJP, 1975).

Passados mais de 200 anos, só na década de 60 do século passado é que foram realizados pela UNESCO trabalhos no município de Ouro Preto, versando sobre questões paisagísticas, de restauração e de estruturação urbana. O Governo Brasileiro e o Governo de Minas Gerais, de posse desses estudos, resolveram estendê-los ao Município de Mariana e aprofundá-los, enfatizando também os aspectos econômicos, sociais, administrativos e de infra-estrutura. Incumbiu à Fundação João Pinheiro a execução de um Plano de Conservação, Valorização e Desenvolvimento de Ouro Preto e Mariana. A análise e o diagnóstico das estruturas urbanas de Ouro Preto e Mariana foram o elemento fundamental para a caracterização e o diagnóstico do sistema interurbano (Fundação João Pinheiro, 1975). O estudo do comportamento da estrutura urbana levou em consideração a evolução urbana, através da determinação das alterações morfológicas sofridas durante o processo de ocupação; a organização atual do espaço urbano, analisando-se separadamente a estrutura física e as atividades nela desenvolvidas; e, finalmente, a dinâmica urbana, com o propósito de identificar as tendências de expansão e os condicionantes do desenvolvimento urbano. Entretanto, o estudo realizado não abordou com a profundidade necessária os aspectos ambientais, como orientadores do crescimento, limitando-se a considerações gerais acerca da ocupação no nível municipal.

Outro trabalho relevante ao planejamento do Município foi o desenvolvido por Sobreira (2000), consistindo em um Estudo Geoambiental da Área Urbana de Mariana, com ênfase na ocupação do meio físico e na análise de riscos geológicos. O trabalho objetivou a elaboração de um diagnóstico geral dos problemas de ordem geológica e ambiental que atingem a área urbana de Mariana. A elaboração do diagnóstico subsidiou a adoção de medidas planejadoras para a ocupação do meio físico urbano, bem como medidas preventivas e mitigadoras dos problemas ocorrentes.

Recentemente, foi executado no Município o Plano Diretor Urbano-Ambiental (2002/2003), no qual este trabalho foi parte integrante, subsidiando a caracterização do meio físico. O plano diretor é, de acordo com o parágrafo 1º do artigo 182 da Constituição Federal de 1988, instrumento básico de política de desenvolvimento urbano e expansão urbana. Nele que se encontram delineados as normas jurídicas fundamentais, ou seja, os princípios e as regras de conduta que direcionam as ações

governamentais que irão concretizar as políticas públicas destinadas à ordenação da ocupação e utilização do espaço urbano municipal, regional, nacional. O Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana objetivou viabilizar o desenvolvimento sustentável do Município através da ordenação de seu espaço urbano e da utilização racional de sua biota, respaldando-se na Declaração do Rio de Janeiro de 1992, documento originário da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente (ECO92), cujas diretrizes principais encontram-se reproduzidas nos incisos do artigo 2º da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, o Estatuto da Cidade.

A ordenação do espaço urbano, proposta pelo plano diretor através da Lei 016, promulgada em 02 de janeiro de 2004, associa o crescimento econômico de Mariana à garantia de direitos fundamentais de seus habitantes como moradia, subsistência digna, segurança, educação fundamental, saneamento básico, base do desenvolvimento social, e à utilização racional de sua biota, pressuposto que condiciona o nível da qualidade de vida das gerações, presentes e futuras. O Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana propõe que a exploração das atividades econômicas sediadas no Município não seja realizada às custas da exclusão social de seus habitantes, nem tampouco, da degradação do meio ambiente urbano e natural, estabelecendo normas que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

## Capítulo 5

### RECONHECIMENTO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO

---

#### 5.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área de interesse do presente trabalho corresponde a um segmento pertencente ao Cráton São Francisco Meridional, situada no extremo leste do Quadrilátero Ferrífero e posicionado, segundo CPRM (1993), na Zona limítrofe entre duas importantes Províncias geológicas do escudo brasileiro, a Província Geotectônica São Francisco, a oeste, e a Província Geotectônica Mantiqueira, a leste.

A Província Geotectônica São Francisco, que abrange quase a totalidade da área, reúne agrupamentos de idades e ambiências diversas, sendo que na área de Mariana ocorrem terrenos “granito-*greenstone*”, representados por uma seqüência vulcano-sedimentar do Supergrupo Rio das Velhas (Arqueano), rochas granitóides do Complexo Santa Bárbara (Arqueano), a seqüência clasto-química do Supergrupo Minas (Proterozoico), a seqüência predominantemente clástica do Grupo Itacolomi e as coberturas fanerozóicas terciárias e detríticas recentes, estas representadas por depósitos detríticos-lateríticos e aluviais. Já a Província Geotectônica Mantiqueira, ocorre em uma pequena faixa a leste do município, reunindo gnaisses bandados do Complexo Mantiqueira e granulitos do Complexo Acaiaca.

A geologia do Município é mostrada no Mapa Geológico (Figura 5.1) extraído e modificado de CPRM (1993) e é descrita a seguir.

#### *5.1.1 PROVÍNCIA GEOTECTÔNICA SÃO FRANCISCO*

##### **5.1.1.1 Complexo Santo Antônio do Pirapetinga**

O Complexo Santo Antônio do Pirapetinga distribui-se, predominantemente, em faixas ao centro e sudeste do município de Mariana, abrangendo cerca de 177 Km<sup>2</sup>. Os litotipos que o compõem podem ser individualizados em três unidades distintas: A primeira é composta por rochas básicas metamorfisadas e metassomatizadas, representadas por anfíbolitos; a segunda é composta por rochas ultrabásicas,

representadas por esteatitos, serpentinitos e talco-clorita-xistos, também submetidas a processos de alteração e transformação e a terceira é composta por gnaisses que variam composicionalmente de tonalitos a granitos.

#### **5.1.1.2 Complexo Santa Bárbara**

O Complexo Santa Bárbara distribui-se em área, na porção centro-norte do município de Mariana, abrangendo cerca de 322 Km<sup>2</sup>. Dos litotipos que o compõem, destaca-se a homogeneidade de um conjunto de rochas graníticas e tonalíticas, inseridas em um amplo Complexo Migmatítico. Destaca-se, ainda, o relevo predominantemente arrasado com declives suaves, assoreados por sedimentos quaternários.

#### **5.1.1.3 Supergrupo Rio Das Velhas**

O Supergrupo Rio das Velhas corresponde a uma seqüência de rochas de idade arqueana de origem vulcano-sedimentar. No Município ocorre segundo uma série de segmentos ao longo do flanco oriental do Quadrilátero Ferrífero, bordejando as Serras do Caraça e Itacolomi, bem como o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. Sua ocorrência é também descrita no núcleo da estrutura antiformal, a oeste da Cidade de Mariana.

Divide-se, da base para o topo, em dois Grupos: O Grupo Nova Lima subdividido em Subunidade Quebra Ossos e Subunidade Vulcano-sedimentar e Grupo Maquiné.

#### **Grupo Nova Lima**

A Subunidade Quebra Ossos (Schorscher 1978) é caracterizada, principalmente, por rochas de origem vulcânica de composição máfica-ultramáfica com presença de estruturas primárias do tipo textura *spinifex* e juntas poliedrais. Apresenta, ainda, no topo dessa seqüência, intercalações de sedimentos químicos e detríticos, indicando um contato gradacional com a Subunidade Vulcano-sedimentar que lhe é subjacente.

Figura 5.1 – Mapa Geológico do Município de Mariana

A Subunidade Vulcano-sedimentar é representada por metassedimentos de origem vulcanoclástica e química. Os sedimentos de origem química (formações ferríferas do tipo Algoma e metacherts) ocorrem de forma subordinada. As rochas vulcanoclásticas são xistos e filitos com quantidades variáveis de clorita, sericita, carbonato e grafita, podendo ainda ter alguma contribuição de material máfico (Ladeira 1980).

### **Grupo Maquiné**

Essa unidade é formada por metassedimentos clásticos dos quais fazem parte quartzitos, quartzitos impuros e metarenitos com lentes de pelitos intercalados. Segundo Dorr II (1969) esses metassedimentos correspondem a uma seqüência molássica.

#### **5.1.1.4 Supergrupo Minas**

Definida inicialmente por Derby (1906), esta é uma das unidades mais estudadas do Quadrilátero Ferrífero. Os terrenos do Supergrupo Minas são formados por sedimentos clásticos e químicos metamorfizados do Proterozóico Inferior, descrevendo-se da base para o topo, respectivamente, os grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Itacolomi.

### **Grupo Caraça**

O Grupo Caraça consiste na unidade basal do Supergrupo Minas. Dorr II (1969) coloca esse grupo como essencialmente plataformal e marinho de águas rasas, representado respectivamente, pelas Formações Moeda e Batatal. A Formação Moeda é constituída quase que integralmente por quartzitos sericíticos de granulação fina a grosseira e a Formação Batatal composta por filitos/xistos sericíticos e grafitosos.

### **Grupo Itabira**

O Grupo Itabira contém a unidade estratigráfica de maior interesse econômico do Quadrilátero Ferrífero, denominada de Formação Cauê. Tal unidade é representada quase que na sua totalidade por itabiritos e jaspelitos. Sotoposto ao Grupo Itabira tem-se a Formação Gandarela que apresenta como litotipos principais, rochas carbonáticas

dolomíticas e filitos carbonáticos.

### **Grupo Piracicaba**

No topo do Supergrupo Minas, encontra-se o Grupo Piracicaba, formado em ambientes deposicionais distintos (Dorr II 1969). É composto, basicamente, por metasedimentos clásticos com alguma contribuição vulcânica. Esse grupo pode ser dividido da base para o topo nas formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões, Barreiro e Sabará. A Formação Cercadinho consiste em uma seqüência composta por camadas centimétricas a métricas de quartzitos ferruginosos intercalados com níveis de filitos prateados. A Formação Fecho do Funil é representada principalmente por filitos dolomíticos em contato gradacional com a Formação Cercadinho, subjacente, e contato abrupto com as Formações sobrejacentes. A Formação Taboões é composta por quartzitos finos interestratificados e possui uma expressão limitada na área. Acima dessa formação são encontrados filitos carbonosos, denominados Formação Barreiro, localizados, principalmente, a leste da cidade de Mariana dentro do perímetro urbano da mesma e ao sul do distrito de Passagem de Mariana. Já o Grupo Sabará é composto por rochas meta-vulcano-sedimentares máficas caracterizadas principalmente pela clorita, sendo uma das unidades com maior distribuição em área na região.

#### **5.1.1.5 Grupo Itacolomi**

Denominada anteriormente de “Série Itacolomi” por Guimarães (1931), as rochas do Grupo Itacolomi ocorrem na porção sudoeste do Município de Mariana, sendo a região do Pico do Itacolomi sua feição mais marcante. Repousando discordantemente sobre as litologias do Supergrupo Minas, compõe-se por quartzitos de granulação média a grossa, com ocorrência comum de conglomerados polimíticos, derivados de uma seqüência sedimentar clástica que, segundo Alkmim (1985), estariam ligados a leques aluviais.

### *5.1.2 PROVÍNCIA GEOTECTÔNICA MANTIQUEIRA*

#### **5.1.2.1 Complexo Acaiaca**

O Complexo Acaiaca é composto por rochas de alto grau metamórfico (gnaisses kinzigíticos, enderbitos, etc.), inicialmente descritos por Jordt Evangelista (1984). Sua

distribuição geográfica ocorre em uma faixa de aproximadamente 3 Km<sup>2</sup> no limite sudeste do município, próximo ao sub-distrito de Constantino.

#### **5.1.2.2 Complexo Mantiqueira**

Segundo Brandalise (1991), o Complexo Mantiqueira é caracterizado por uma seqüência de gnaisses ortoderivados, eventualmente migmatizados e/ou com intercalações de anfibolitos e metagabros. Sua distribuição na área faz-se em uma faixa com aproximadamente 42 Km<sup>2</sup> no limite sudeste do Município.

#### **5.1.2.3 Faixa Mista Complexo da Mantiqueira/Supergrupo Rio das Velhas**

A Faixa Mista Complexo Mantiqueira/Supergrupo Rio das Velhas é formada por gnaisses do Complexo Mantiqueira em *melange* com metassedimentos e metavulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas. Ocorre no limite nordeste do município, próximo ao distrito de Cláudio Manoel, em uma faixa com aproximadamente 21 Km<sup>2</sup>.

#### **5.1.2.4 Granito-Granodiorito Ribeirão Pinheirinho**

Descrito ao sul da Folha Rio Espera por Raposo (1991), o Granito-Granodiorito Ribeirão Pinheirinho ocorre intercalado tectonicamente em xistos do Grupo Nova Lima. No Município de Mariana encontra-se na porção sudeste do mesmo, entre os sub-distritos de Mainart e Barro Branco, abrangendo uma área de aproximadamente 5,7 Km<sup>2</sup>.

#### **5.1.2.5 Tonalito - Trondhjemito Serra do Carmo**

O Tonalito-trondhjemito Serra do Carmo ocorre intercalado com rochas do Complexo do Pirapetinga no limite sul-sudoeste do Município de Mariana, entre o sub-distrito de Vargem e as localidades de Serra do Carmo, Palmital e Engenho. Abrange uma área aproximada de 15,3 Km<sup>2</sup>.

### *5.1.3 COBERTURAS SEDIMENTARES NÃO DEFORMADAS*

#### **5.1.3.1 Formação Fonseca**

Os sedimentos terciários da Formação Fonseca ocupam uma área aproximada de

5,5 Km<sup>2</sup> no extremo norte do Município. Compõe-se por argilitos, siltitos e arenitos pobremente litificados, contrastando morfológicamente com os morrotes configurados pelas rochas granito-gnáissicas do Complexo Santa Bárbara, nas quais estão dispostas discordantemente.

#### **5.1.3.2 Coberturas Detríticas**

As coberturas detríticas, também conhecidas como coberturas de canga, são comumente encontradas nas porções norte e noroeste do município, resultado da ação do intemperismo sobre rochas ricas em ferro do Supergrupo Minas.

#### **5.1.3.3 Coberturas Detrito-Lateríticas**

Também conhecidas como lateritas, estas ocorrem capeando os metassedimentos da Formação Gandarela, do Grupo Itabira e do Supergrupo Minas, correlacionando às mesmas importantes jazidas de bauxita.

#### **5.1.3.4 Depósitos Aluvionares e Coluviais**

Geralmente mineralizados em ouro e intensamente garimpados, os depósitos aluvionares são formados ao longo de rios e ribeirões através do aporte de material arenoso e cascalhoso com altas porcentagens de hematita. Entretanto, juntamente com os depósitos coluviais, embora comuns, não são em sua maioria cartografáveis na escala 1:50.000, remetendo-se aos estudos que utilizem escalas maiores, um melhor detalhamento.

### **5.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

A abordagem dos aspectos geomorfológicos em escala mais geral (1:50.000) permitiu, inicialmente, caracterizar duas unidades geomorfológicas principais: O Quadrilátero Ferrífero e os Planaltos Dissecados. A primeira unidade é evidenciada na porção oeste, com altitudes médias em torno de 1.400-1.600m (CPRM, 1993) e ponto culminante na Serra do Caraça (2.064m). O controle estrutural na morfologia é marcante e são descritos relevos tipo sinclinais suspensos e anticlinais esvaziados além de cristas estruturais do tipo *hogback*. A segunda unidade ocupa espacialmente a maior

parte do território, sendo um domínio morfoestrutural com exposição de rochas cristalinas, deformadas e deslocadas do embasamento, atingidas por sucessivos estágios de erosão e submetidos a processos intempéricos que produziram pacotes de alteração evoluídos (RADAMBRASIL, 1983). O intenso processo de dissecação fluvial, foi responsável pela origem das formas de colinas e cristas com vales encaixados e/ou de fundo chato (CPRM, 1993). Nessa unidade as altitudes são muito variáveis, oscilando entre 1.000 e 1.200m nas cristas e 500-800m nos vales.

Para uma representação mais detalhada e um melhor entendimento da morfologia do Município, elaborou-se um mapa hipsométrico retratando a morfologia geral da área em termos de altitude, um mapa de declividades com a distinção de quatro classes de declives específicas e um mapa de unidades morfológicas territoriais com as principais unidades de paisagens.

### *5.2.1 MAPA HIPSOMÉTRICO*

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do mapa topográfico em escala 1:50.000 (eqüidistância das curvas de nível de 20 em 20m), definindo-se faixas de altitudes a cada 100m (Figura 5.2). A análise do mapa hipsométrico evidencia claramente a passagem do relevo típico do Quadrilátero Ferrífero, a oeste, para os Planaltos Dissecados, a leste, através da queda acentuada das altitudes. As feições mais marcantes a oeste, são as regiões da Serra do Caraça, com altitudes que ultrapassam os 2.000m (Pico do Sol), e das serras de Ouro Preto e Itacolomi, com altitudes entre os 1.200 e 1.500m. Nestas faixas a quebra de relevo é marcante, registrando-se variações bruscas de até 1.000m. As menores altitudes são observadas no setor leste do Município, com valores inferiores a 600m, referentes aos vales dos rios ali instalados (Rio Gualaxo do Norte, Rio Gualaxo do Sul, Ribeirão Paciência e Águas Claras). As altitudes entre os 500 e 800m (Unidade Planaltos Dissecados) representam a maior parte do território. A queda de altitudes de oeste para leste reflete-se, também, na morfologia da rede hidrográfica, observada através da direção oeste-leste dos cursos principais e confluência dos mesmos a leste do território municipal, formando uma das principais cabeceiras do Rio Doce (PDUAM, 2003).

Figura 5.2 – Mapa Hipsométrico do Município de Mariana

### 5.2.2 MAPA DE DECLIVIDADES

A declividade é a inclinação de um terreno em relação a um plano horizontal, podendo ser medida em graus (0 – 90°) ou em porcentagem (0 – 200%). A sua determinação e a elaboração de um mapa de declividades objetivou subsidiar a análise da geomorfologia do Município, bem como estabelecer parâmetros para o ordenamento territorial do mesmo.

Sua obtenção baseou-se na execução de uma modelagem numérica de terreno, a partir do mapa topográfico, através do *software* SPRING. Foram utilizados interpoladores de grades Retangular e Triangular dos tipos *delaunay* e linear, respectivamente.

As classes de declives foram definidas segundo a classificação das pendentes para fins agrícolas proposta por Lopez Cadenas y Blanco Criado (1976) *in* Mopt (1992) (Tabela 5.1) e a Lei 4.771, de 15/09/1965 instituindo o Código Florestal Brasileiro em seu Artigo 2º, Item e, que dispõem sobre as áreas de preservação permanente. Pelo efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Tabela 5.1 – Classes de declives estabelecidas na proposta de Lopez Cadenas y Blanco Criado (1976).

| PENDENTES (%) | CARACTERIZAÇÃO                     |
|---------------|------------------------------------|
| < 12          | <i>Solos agrícolas</i>             |
| 12 – 20       | <i>Solos com cultivo ocasional</i> |
| > 20          | <i>Solos florestais</i>            |

Da conjugação destas premissas optou-se pela divisão de quatro classes de declives com base nas principais formas do relevo (Tabela 5.2, Figura 5.3).

Tabela 5.2 - Classes de Declives e Formas de Relevo estabelecidas para a área do Município de Mariana

| CLASSE | GRADIENTE (%) | RELEVO         |
|--------|---------------|----------------|
| 1      | < 12          | Suave          |
| 2      | 12 – 35       | Suave Ondulado |
| 3      | 35 – 100      | Montanhoso     |
| 4      | 100 – 200     | Escarpado      |

A classe 1 ocupa 25% do território e os setores que a melhor representam são a região norte nas imediações do Distrito de Santa Rita Durão e a faixa que se estende da porção sudeste, nas imediações do Distrito de Barro Branco, até a porção noroeste, próximo ao Distrito de Camargos (Figura 5.3a).

A classe 2 é a que tem maior distribuição em área, ocupando cerca de 50% do território. Embora se distribua equilibradamente pelo Município, nota-se uma pequena acentuação na região central (Figura 5.3b).

A classe 3, por sua vez, ocupa 38% da área. Destaca-se ao norte, principalmente, representada pela Serra do Caraça; na porção sudoeste, representada pelas Serras de Ouro Preto, Itacolomi, Cibrão e Carmo e a leste, segundo uma faixa que se estende do sub-distrito da Barroca ao sub-distrito de Paracatu de Baixo (Figura 5.3c).

Já a classe 4 refere-se aos declives mais acentuados e é a que possui menor representação em área, cerca de 2%. Limita-se, apenas, a algumas porções da região norte, na Serra do Caraça e da região sudoeste nas imediações da Serra do Itacolomi (Figura 5.3d).

### 5.2.3 MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS

Segundo MOPT (1992), unidades morfológicas exprimem cada uma por si superfícies de terra formadas por processos naturais, com composição definida e conjunto de características físicas e naturais distintas, frente aos processos erosivos, intempéricos e tectônicos.

Figura 5.3 – Declividade Município

Neste trabalho, a morfologia foi cartografada buscando-se sintetizar as principais formas do relevo através da conjugação de trabalhos de campo, da elaboração de um modelo digital de terreno (Figura 5.4) e de fotointerpretações em escala 1:25.000, levando-se em consideração a morfologia e amplitude das vertentes e topos e a rede de drenagem. Seis unidades principais foram delimitadas: Relevo de Serra, Relevo Escarpado, Relevo Ondulado, Relevo Suave-Ondulado, Relevo de Planalto e, por fim, Relevo de Planície Aluvial (Figura 5.5).

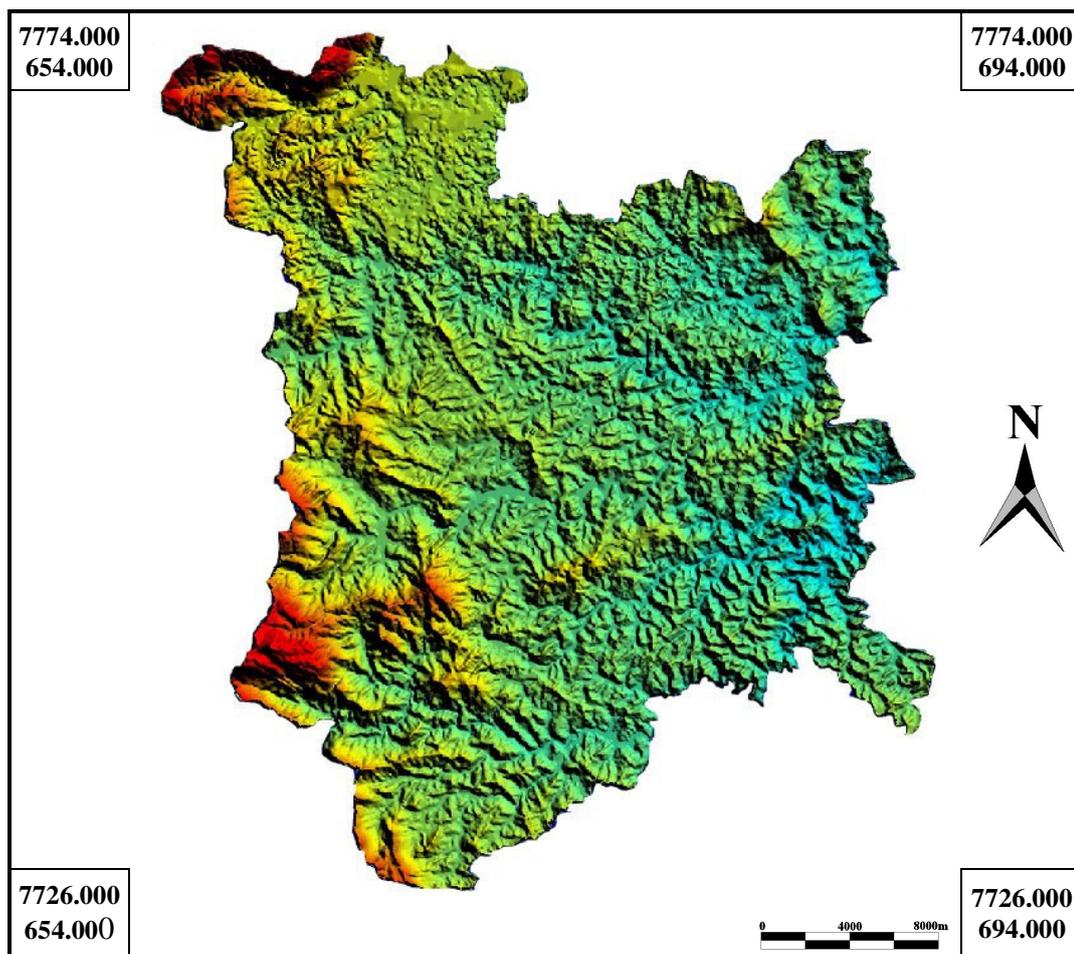


Figura 5.4 – Modelo Digital de Terreno para a área do Município de Mariana.

Figura 5.5 – Mapa de Unidades Morfológicas Territoriais do Município de Mariana

### **5.2.3.1 Relevô de Serra**

A Unidade Relevô de Serra representa as porções do território com altitudes superiores a 800m e declividades acentuadas, gradientes geralmente ultrapassando os 35%, chegando, às vezes, a valores superiores aos 100%. São comuns “paredões” rochosos que culminam em cristas ou plataformas que se destacam na paisagem. A estruturação geológica condiciona a rede de drenagem. Ocorre em aproximadamente 10% do território o que representa em área cerca de 125 Km<sup>2</sup>. As porções mais representativas são a Serra do Caraça, a noroeste, as Serras de Ouro Preto e Itacolomi, a oeste, e a região da Serra do Carmo, a sudoeste.

### **5.2.3.2 Relevô Escarpado**

A Unidade Relevô Escarpado ocorre em aproximadamente 20% do território, sendo representada por uma extensa faixa que se estende de sudoeste, nos contraforte das Serras do Itacolomi e Cibrão, a sudeste, nas imediações do sub-distrito de Pedras. As elevações alongadas com vertentes íngremes e topos em crista são as feições mais marcantes. As altitudes são inferiores aos 800m, com desníveis dos topos para os fundos dos vales entre 200 e 300 m. Os declives se encontram, predominantemente, na faixa dos 30% aos 70%. O substrato geológico é formado pelo Supergrupo Rio das Velhas (quartzitos, xistos diversos e formação ferrífera), na porção sudoeste, e pelo Complexo Santo Antônio do Pirapitinga (gnaisses e talco-xistos), na faixa que se estende à sudeste, condicionando a rede de drenagem com destaque para o padrão dendrítico.

### **5.2.3.3 Relevô Ondulado**

Essa Unidade representa 28% do território, ocorrendo, principalmente, em três regiões: a oeste, no limite com o Município de Ouro Preto; no setor centro-norte, estendendo-se para sudeste; e no extremo sudeste do território municipal. Embora ocorram altitudes superiores aos 800m, na faixa oeste, os desníveis dos topos para os vales são menores que aqueles registrados na Unidade Relevô Escarpado. Os declives se encontram na faixa de 20% a 40% nas pendentes, assumindo valores menores em direção ao topo. O padrão de drenagem é essencialmente dendrítico, diferenciando-se apenas por uma acentuação em sua densidade na região centro-norte. No que se refere à

distribuição litológica nesta unidade, pode-se destacar na porção oeste, um substrato composto por rochas do Grupo Sabará (xistos e filitos), na porção centro norte, gnaisses do Complexo Santa Bárbara e rochas dos complexos Mantiqueira (biotita gnaisses e gnaisses quartzo dioríticos) e Acaiaca (biotita gnaisses e quartzitos) no extremo sudeste (PDUAM, 2003).

#### **5.2.3.4 Relevô Suave-Ondulado**

A Unidade Relevô Suave-Ondulado tem a maior distribuição em área no território de Mariana, cerca de 37% da área total. Predominam declives inferiores a 35%, com distribuição espacial no setor central do Município, a noroeste, no extremo norte e no extremo sudoeste. A baixa declividade, consequência de um desnivelamento entre o topo e os vales da ordem das dezenas de metros, reflete as elevações típicas do Planalto Dissecado, formando mares de morros, com vertentes mais suaves que as unidades anteriores. O padrão de drenagem típico é o dendrítico, descrevendo-se ocasionalmente, entre a Serra Cruz das Almas e o Distrito de Santa Rita Durão, o padrão treliçado. Quanto à distribuição litológica, o substrato é formado por rochas do Complexo Santo Antônio do Pirapitinga e do Complexo Santa Bárbara (гнаisses diversos) e, secundariamente, do Supergrupo Rio das Velhas (xistos e quartzitos), na porção central do Município. No setor noroeste o substrato é formado por gnaisses do Complexo Santa Bárbara e gnaisses da Faixa Mista Complexo Mantiqueira/Supergrupo Rio das Velhas. No extremo norte ocorrem biotita-gnaisses e gnaisses quartzodioríticos do Complexo Mantiqueira e no extremo sudoeste ocorrem gnaisses tonalíticos-trondhjêmíticos Serra do Carmo e rochas do Complexo Santo Antônio do Pirapitinga (гнаisses) (PDUAM, 2003).

#### **5.2.3.5 Relevô de Planalto**

Essa Unidade ocorre em uma área de 17,4 Km<sup>2</sup> no setor norte do Município, a leste da Serra do Caraça. É representada por declives inferiores a 12% e altitudes próximas a 750m, caracterizando uma plataforma elevada. A drenagem é rarefeita e sem um padrão definido. O substrato rochoso é formado por coberturas detríticas (canga), típicas do relevô do Quadrilátero Ferrífero, que superpõem, no local, as rochas do

Supergrupo Minas e do Complexo Santa Bárbara.

### **5.2.3.6 Relevo de Planície Aluvial**

As planícies aluviais são as zonas de aporte de materiais provenientes dos relevos maiores, representadas pelos fundos dos vales mais abertos. Possuem altitudes inferiores a 600m e embora só representem 3,5% da área total do Município, são importantes por condicionarem o desenvolvimento de muitos povoados, seja pela concentração de ouro de aluvião, seja pelo relevo mais plano ou pela fertilidade do solo. Entre as ocupações mais representativas destacam-se a sede de Mariana, os Distritos de Bandeirantes e Monsenhor Horta, instalados ao longo do Ribeirão do Carmo; o Distrito de Mainart às bordas do Gualaxo do Sul, na planície mais extensa; os sub-distritos de Paracatu e Pedras ao longo do Gualaxo do Norte e os Distritos de Águas Claras e Cláudio Manuel, inseridos nas planícies formadas ao longo do Ribeirão Águas Claras e Córrego do Trigo, respectivamente.

## **5.3 COBERTURA VEGETAL**

Segundo a Fundação João Pinheiro (1975), a região possui uma diversidade de formas vegetais. Pode-se destacar como mais representativas dentre a flora terrestre a área de campos naturais em zonas de relevo ondulado, com vegetação de gramíneas e ciperáceas; a área de pastos e terras utilizadas como cultura; a área de matas naturais com árvores de porte médio e alto (mata tropical latifoliada perene); as matas de galeria em faixas estreitas ao longo dos rios, riachos e córregos e, finalmente, as áreas de reflorestamento, destacando-se as matas de eucalipto.

Atualmente, a cobertura vegetal reflete a atuação do homem sobre o meio natural, destacando-se uma paisagem combinada de pastagens e capoeiras. Para o estudo da cobertura vegetal do Município de Mariana tomou-se como base a análise da textura fotográfica em imagens de satélite (Landsat – TM, 1989), através do padrão de arranjo de elementos texturais e dos níveis de cinza (tonalidade). Foi também empregado o processo de elaboração de mosaicos para o conjunto de ortofotos que recobrem a área total do município, permitindo assim, um melhor detalhamento em algumas regiões. Complementarmente a estas atividades foram realizados trabalhos de

reconhecimento de campo no âmbito do Plano Diretor Urbano - Ambiental do Município.

Da conjugação das análises realizadas, elaborou-se um mapa de cobertura vegetal com a diferenciação de quatro unidades principais (Figura 5.6):

- Campos rupestres de altitude;
- Matas de topo, galeria e de encosta;
- Áreas de campos e pastagens;
- Área de silvicultura.

### *5.3.1 CAMPOS RUPESTRES DE ALTITUDE*

Foram consideradas áreas desprovidas de vegetação e/ou campos rupestres de altitude as que se caracterizam pela quase ausência de coberturas de solos, predomínio de afloramentos rochosos ou campos naturais de altitude. Ocorrem nas porções oeste e norte do Município, nas zonas de maior altitude, nos topos das serras e de algumas elevações, com distribuição em área, de aproximadamente 51 Km<sup>2</sup>. As feições mais representativas verificadas no mapa são a Serras do Caraça, a norte, as Serras do Gambo e Cruz das Almas, a noroeste, as Serras do Itacolomi e Ouro Preto na porção centro leste e a Serra do Cibrão, a sudoeste do município.

### *5.3.2 MATAS DE TOPO, GALERIA E DE ENCOSTA*

A unidade Matas de Topo, Galeria e de Encosta abrange as áreas que possuem cobertura arbórea significativa, passíveis de identificação em ortofotos em escala 1:10.000 e em imagens de satélites com resolução de 30m. Foram representadas indistintamente matas em topo de elevações, em encostas, matas de galeria e de vegetação ciliar, em diferentes estágios sucessionais (PDUAM, 2003). As áreas mais preservadas e com maior recobrimento desta unidade são os setores centro e sudoeste do Município, onde ocorrem florestas mais extensas. Na porção leste e sudeste tornam-se mais rarefeitas, representadas por coberturas vegetais em topo de encostas, circundadas por campos e pastagens. A norte e noroeste do Município a vegetação nativa vem sendo substituída progressivamente, sendo sua ocorrência esparsa, concentrando-se, apenas, nos contrafortes da Serra do Caraça.

Figura 5.6 – Mapa de Cobertura Vegetal do Município de Mariana

### 5.3.3 CAMPOS E PASTAGENS

Embora o Município de Mariana não possua um perfil agropecuário bem desenvolvido, a unidade Campos e Pastagens é a que tem maior distribuição em área. É representada indistintamente pelas áreas desprovidas de vegetação arbórea, por campos, pastagens e por áreas desmatadas. No setor norte, onde predominam as atividades de silvicultura (florestas de eucaliptos), algumas áreas foram identificadas como campos e/ou pastagens, mas estes locais são, certamente, áreas plantadas/exploradas por esta atividade, que na época do registro da imagem se apresentavam desnudas.

### 5.3.4 SILVICULTURA

A Unidade Silvicultura restringe-se ao plantio de eucaliptos, predominantemente em terras pertencentes às mineradoras e companhias florestais instaladas no Município (CVRD, SAMARCO Mineração, CENIBRA, CAF). Esta atividade ocupa todo o setor norte-noroeste, estendendo-se além dos limites do Município de Mariana para as áreas dos Municípios de Ouro Preto, Catas Altas e Alvinópolis.

A finalidade principal é a recuperação de áreas degradadas pela mineração, sendo utilizada, também, para produção de carvão vegetal, comum na região de Bento Rodrigues. Nos últimos cinco anos, na região centro-sul do município, entre o distrito de Padre Viegas e os sub-distritos de Barro Branco e Mainart, esta atividade vem ganhando importância, com a finalidade de produção de carvão vegetal.

Também foram delimitadas no Mapa de Cobertura Vegetal, as áreas urbanas e as áreas mineradas do município. As áreas urbanas são representadas pela Sede do Município e pelas aglomerações urbanas dos Distritos, Sub-distritos e Localidades, identificadas como “manchas”, quando mapeáveis na escala adotada ou como pontos quando não.

As áreas mineradas são locais sem cobertura vegetal, totalmente modificados pela ação da mineração. Ocorrem, principalmente, na região noroeste do Município, inseridas na Unidade silvicultura, em uma área aproximada de 24 Km<sup>2</sup>. Delimitou-se, também, devido ao estado de modificação morfológica e paisagística herdado, a área pertencente à Cia. Minas de Passagem, onde foram desenvolvidas atividades de

extração de ouro no Século XVIII. As atividades de extração de pedra sabão e de gnaise, existentes no setor centro-leste do Município, não foram inseridas por não terem representatividade na escala de trabalho.

#### **5.4 REDE HIDROGRÁFICA**

O Município de Mariana está inserido regionalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Entretanto, para a abordagem a que se propõe este trabalho, torna-se necessário uma setorização da Bacia dentro dos limites do Município. Foram delimitadas sete bacias/sub-bacias, nomeadas segundo o principal curso de água existente. Hierarquicamente foram consideradas como bacias hidrográficas os rios Gualaxo do Norte, Gualaxo do Sul e o Ribeirão do Carmo. Como sub-bacias hidrográficas foram definidos o Ribeirão do Caraça (Sub-bacia do Rio Piracicaba), Ribeirão Cachoeira do Brumado (sub-bacia do Gualaxo do Sul), Córrego Águas Claras (sub-bacia do Gualaxo do Norte) e ribeirões Boa Vista/Paciência (sub-bacia do Gualaxo do Norte) (Figura 5.7). As sub-bacias dos ribeirões Cachoeira do Brumado e Águas Claras, embora pertencentes a outras bacias (Gualaxo do Sul e Gualaxo do Norte, respectivamente), foram individualizadas pela sua extensão e importância. As sub-bacias dos ribeirões Boa Vista/Paciência e do Córrego do Caraça foram individualizadas por serem cabeceiras de outras bacias que confluem para os rios principais fora dos limites do Município (PDUAM, 2003).

Todas as bacias, com exceção do Ribeirão do Carmo tem suas cabeceiras no território de Mariana ou bem próximo as suas divisas com Ouro Preto (Gualaxo do Norte e Gualaxo do Sul), o que caracteriza a pouca influência de outros municípios nas águas superficiais e subsuperficiais do Município de Mariana. Além disso, apenas as drenagens da sub-bacia córrego do Caraça confluem para noroeste, diferentemente das demais que confluem para leste. A Tabela 5.3 sintetiza as principais características das bacias/sub-bacias:

Tabela 5.3 – Caracterização geral da Rede Hidrográfica do Município de Mariana.

| Bacia/sub-bacia                             | Área (Km <sup>2</sup> ) | Principais tributários  | Padrão de Drenagem                   | Localidades que abrange  |
|---|-------------------------|---|--------------------------------------|--|
| Bacia do Rio Gualaxo do Sul                 | 314,09                  | Rio Gualaxo do Sul<br>Rio Mainart<br>Ribeirão Dom José                      | Treliça tendendo a dendrítico        | Passagem de Mariana<br>Padre Viegas<br>Furquim   |
| Bacia do Ribeirão do Carmo                  | 261,60                  | Ribeirão do Carmo<br>Córrego Canela<br>Córrego do Seminário                 | Treliça                              | Passagem de Mariana<br>Mariana<br>Camargos<br>Bandeirantes<br>Monsenhor Horta<br>Furquim |
| Bacia do Rio Gualaxo do Norte               | 253,16                  | Rio Gualaxo do Norte<br>Córrego Santarém<br>Córrego Ouro Fino               | Treliça e dendrítico, ocasionalmente | Santa Rita Durão<br>Camargos<br>Monsenhor Horta<br>Furquim                               |
| Sub-bacia do Rio Piracicaba                 | 131,08                  | Rio Piracicaba<br>Córrego das Almas<br>Córrego Faria                        | Dendrítico                           | Santa Rita Durão   |
| Sub-bacia dos Ribeirões Boa Vista/Paciência | 42,13                   | Ribeirão Paciência<br>Ribeirão Boa Vista<br>Córrego do Trigo                | Dendrítico                           | Cláudio Manoel   |
| Sub-bacia do Ribeirão Águas Claras          | 88,73                   | Ribeirão Águas Claras<br>Córrego Caldereiro<br>Córrego da Pegada            | Dendrítico com porções tipo treliça  | Cláudio Manoel   |
| Sub-bacia do Ribeirão Cachoeira do Brumado  | 108,96                  | Ribeirão Cachoeira do Brumado<br>Córrego Água Limpa<br>Córrego Curral Velho | Dendrítico                           | Padre Viegas<br>Cachoeira do Brumado<br>Furquim  |

Figura 5.7 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Município de Mariana

## 5.5 USO DO SOLO

Principal agente modificador do meio físico, o homem ao ocupar uma região define vocações de usos a diferentes porções de um mesmo território. Cartograficamente é possível determinar-se áreas onde certas atividades são historicamente predominantes, não excluindo a possibilidade destas mesmas atividades serem desenvolvidas em outras regiões em escalas mais reduzidas. Elaborou-se um Mapa de uso do solo (Figura 5.8) derivado da conjugação das informações referentes à cobertura vegetal, das áreas urbanas, atividades de mineração, usinas hidrelétricas e das áreas de proteção ambiental existentes. Foram definidas 8 unidades principais que retratam o uso do solo para o Município, descritas a seguir.

### 5.5.1 ÁREAS DE SILVICULTURA

A silvicultura é uma atividade importante em Mariana, especialmente pelo espaço que ocupa no município. É desenvolvida em quase todo o setor norte, em uma área aproximada de 215,6 Km<sup>2</sup>. Caracteriza-se pelo monocultivo de eucalipto para a produção de carvão, celulose e recuperação das áreas degradadas pela atividade minerária de ferro. Segundo a EMATER destacam-se as atividades de reflorestamento, principalmente, nas áreas rurais de Santa Rita, Bento Rodrigues, Ponte do Gama, Camargos, Bicas e Caldereiros. Ocorrências menos expressivas são descritas em Monsenhor Horta, Padre Viegas, Passagem de Mariana e Mainart.

### 5.5.2 ÁREAS URBANAS

A unidade áreas urbanas é representada pela área urbana do Distrito Sede e pelas principais aglomerações urbanas dos distritos e sub-distritos. Como nem todas aglomerações têm representatividade na escala de trabalho, muitas destas ficaram indicadas apenas por pontos no mapa.

Figura 5.8 – Mapa de Uso do Solo do Município de Mariana

### *5.5.3 ÁREAS DE CAMPOS DE ALTITUDE*

A unidade campos de altitudes foi definida para representar áreas do território onde não existe um uso específico dos terrenos e nem a possibilidade de desenvolvimento de outros usos, resguardando-se o potencial turístico. Nela predominam afloramentos rochosos e áreas desprovidas de vegetação e/ou campos rupestres de altitude que se caracterizam pela quase ausência de coberturas de solos. Possui pequena distribuição em área, apenas 51,1 Km<sup>2</sup>, ocorrendo, principalmente, nas porções oeste e norte do Município, nas zonas de maior altitude. As Serras do Caraça, a norte, as Serras do Gambo e Cruz das Almas, a noroeste, as Serras do Itacolomi e Ouro Preto na porção centro leste e a Serra do Cibrão, a sudoeste do município são as feições mais representativas desta unidade.

### *5.5.4 ÁREAS DE COBERTURA FLORESTAL*

A unidade cobertura florestal foi obtida a partir do mapa de cobertura vegetal elaborado, abrangendo sem distinção matas em topo de elevações, em encostas, matas de galeria e de vegetação ciliar. Ocorre nos setores centro e sudoeste do Município, perfazendo uma área de 369,0 Km<sup>2</sup>, o que representa 30,75% de todo o território. Esta unidade de uso tem sua preservação relacionada diretamente ao relevo mais acidentado e acessos mais restritos e ao reduzido potencial agrícola do solo, refletindo em um baixo índice de ocupação. Entretanto, apesar destas áreas possuírem um grande potencial ambiental ainda não explorado, a falta de uma política Municipal de conservação ameaça a integridade física das mesmas, constantemente afetadas por queimadas e pela extração ilegal de espécies vegetais e de madeiras.

### *5.5.5 ÁREAS DE USO AGROPECUÁRIO*

A unidade áreas de uso agropecuário representa as porções onde predominam pastos (naturais e plantados), campos desnudos e também matas de topo remanescentes, identificados a partir da cartografia da cobertura vegetal. Ocupa, principalmente, a porção leste do Município, mas também as regiões central, nas imediações dos Distritos de Bandeirantes, Padre Viegas e Monsenhor Horta e extremo sudoeste, nas imediações das localidades de Palmital, Serra do Carmo, Engenho e do sub-distrito de Vargem.

Abrange 35,84% da área total do Município.

A produção agrícola é pouco representativa (voltada para subsistência) dentro da economia municipal, o que pode ser percebido através da utilização inexpressiva (5,4%) das terras rurais para implantação de lavouras permanentes e temporárias (IBGE, 1996). A pecuária é considerada a atividade principal, em comparação com a agricultura. Contudo, o desenvolvimento das atividades agropecuárias se vê prejudicado por fatores de ordem natural, destacando-se a baixa qualidade dos solos e o relevo acidentado.

#### *5.5.6 ÁREAS DE MINERAÇÃO*

São as áreas sem cobertura vegetal, diretamente modificadas pelas atividades de mineração onde são ou foram desenvolvidas estruturas a elas ligadas (escritórios, oficinas, etc.), cavas das minas e barragens de rejeitos.

A atividade de mineração é desenvolvida principalmente na região noroeste do Município, destacando-se nesse cenário a exploração do minério de ferro e ferromangânês, pelas empresas Companhia Vale do Rio Doce e SAMARCO Mineração, com uma produção anual de 35 milhões de toneladas. Em menor escala e em algumas vezes com representação pontual em mapa, são descritas atividades de extração de quartzito pela empresa Quartzito do Brasil na região centro-oeste, próximo ao Distrito de Passagem de Mariana; atividade mineraria de bauxita, no distrito de Padre Viegas, explorada pela Alcan; atividades ligadas à extração de pedra sabão, comuns no setor centro-leste do Município, entre o sub-distrito de Barro Branco e o Distrito de Furquim; e, finalmente, a exploração de pedra britada no Distrito de Monsenhor Horta.

#### *5.5.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL*

Compõe-se por duas unidades de conservação, que estão inseridas no Município de Mariana: O Parque Estadual do Itacolomi e a Área de Proteção Ambiental (APA) da Mata do Seminário.

O Parque Estadual do Itacolomi foi criado em 14 de junho de 1967, pela Lei Estadual 44.095. Ocupa uma área de 7.543 ha, entre os municípios de Ouro Preto e Mariana. Em Mariana abrange uma área de 49,36 Km<sup>2</sup> ao sul da sede do Município,

onde o Pico do Itacolomi é a feição mais marcante. Entretanto, o Parque do Itacolomi, como a maioria dos Parques Nacionais e Estaduais de Minas Gerais, carece de um plano de manejo integrado de seus diferentes ecossistemas.

A Área de Proteção Ambiental da Mata do Seminário, de propriedade da Arquidiocese de Mariana, foi criada pelo Decreto Estadual nº 23.564, de 11 de Maio de 1984. Ocupa uma área de 59 alqueires de terras, situada no domínio de Sant'Ana, Mãe D'água e Cachoeira, no entorno da área urbana do distrito sede. A responsabilidade pela fiscalização e administração da área é do Estado de Minas Gerais, por meio da Secretaria de Ciência e Tecnologia - Comissão de Política Ambiental (COPAM), o que na prática não é verificado. A extração ilegal de madeira, principalmente para a queima e usos diversos e a exposição às queimadas nas épocas da seca são os problemas mais freqüentes constatados.

#### *5.5.8 ÁREA DE DOMÍNIO DAS BARRAGENS*

Esta unidade de uso do solo refere-se às áreas do entorno das PCHs de Caldeirões, Fumaça e Furquim, de propriedade da Alcan Alumínio do Brasil, que foram construídas integralmente ou parcialmente nos domínios do Município de Mariana. As áreas do entorno são consideradas áreas de uso restrito pela legislação ambiental. As barragens foram instaladas nos rios Gualaxo do Sul e Carmo. No Gualaxo do Sul, na divisa com o Município de Diogo de Vasconcelos, foram projetadas as PCHs que possuem as maiores áreas de influência (Caldeirões e Fumaça), cerca de 40,0 Km<sup>2</sup>. Já a do Rio do Carmo foi construída nas proximidades da área urbana do Distrito de Furquim, com área de influência reduzida em relação às outras, cerca de 0,7 Km<sup>2</sup>.

## Capítulo 6

### RECONHECIMENTO DO MEIO FÍSICO DA SEDE

---

Este capítulo vem apresentar as principais características geoambientais da Sede do Município de Mariana e adjacências, na escala 1:5.000, descrevendo o arcabouço geológico no qual está inserida. Tem-se como objetivo principal fornecer subsídios para a elaboração da cartografia geotécnica, de risco e ordenamento territorial da Sede. Com esse propósito executou-se o mapeamento dos litotipos presentes e suas relações petrográficas, geomorfológicas e, subordinadamente, estruturais. A área em questão é determinada por um polígono regular, delimitado pelas coordenadas UTM, 661.000 / 7742.536, 661.000 / 7750.036, 666.806 / 7750.036, 666.806 / 7742.536.

#### 6.1 SÍNTESE GEOLÓGICA LOCAL

O arcabouço geológico da área urbana de Mariana e suas adjacências constitui-se por rochas pertencentes a seqüências metassedimentares químicas e clásticas, correlacionadas litoestratigraficamente às unidades regionalmente consagradas e citadas na bibliografia por Dorr *et al* (1957, 1969), Alkmim e Marshak (1998).

As unidades reconhecidas e mapeadas foram agrupadas em dois grupos distintos: afloramentos rochosos e depósitos de cobertura. Os litotipos que compõem a unidade afloramentos rochosos foram descritos da base para o topo considerando o empilhamento litoestratigráfico para o Quadrilátero Ferrífero proposto por Alkmim e Marshak (1998) (Figura 6.1). Já os depósitos de cobertura, referem-se aos terrenos compostos por depósitos aluviais, coluviais, tálus e canga laterítica, compondo o mapa litológico proposto (Figura 6.2).

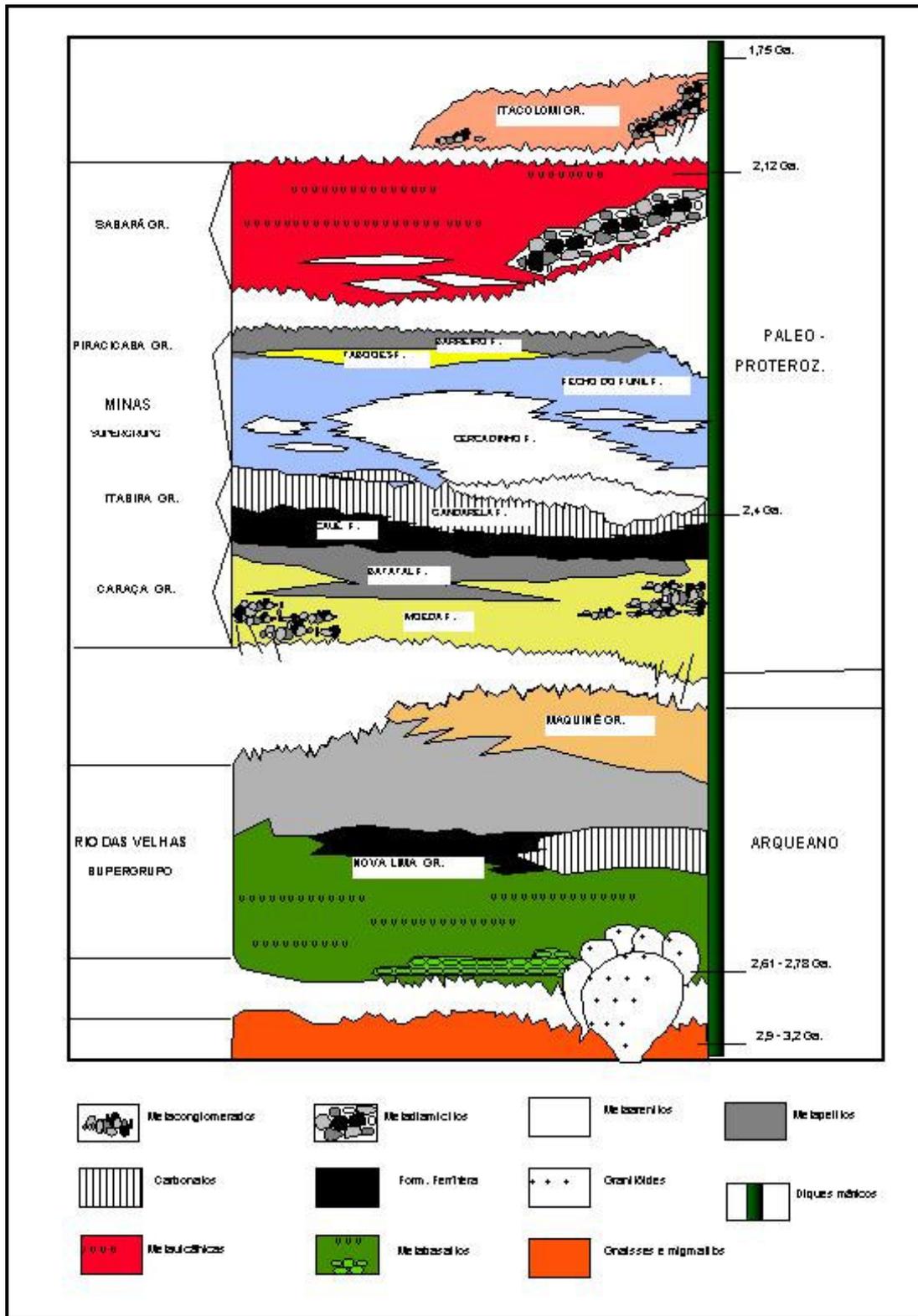


Figura 6.1 - Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, Modificada.

Fonte: Alkmim e Marshak, 1998.

Figura 6.2 – Mapa Litoestrutural da Sede do Município de Mariana

### *6.1.1 AFLORAMENTOS ROCHOSOS*

#### **6.1.1.1 Grupo Nova Lima**

As rochas metavulcânicas e metassedimentares clásticas que compõem o Grupo Nova Lima, representam a Unidade basal na estratigrafia local. Na região é constituída por sericita – quartzo – xistos de coloração vermelha – arroxeadas, comumente cortados por veios de quartzo recristalizados e boundinados concordantes com a foliação da rocha.

Ocorre em duas faixas principais, uma primeira de direção N-S, a leste da área, bordejando o perímetro urbano, e uma outra na porção oeste, no interior da estrutura antiformal, perfazendo cerca de 29% da área total mapeada.

O alto grau de alteração em que se encontram as rochas desta unidade é reflexo do intenso processo de intemperismo a que foram submetidas. As exposições menos alteradas são observadas no núcleo do antiforme, em cortes ao longo da rede ferroviária.

#### **6.1.1.2 Grupo Caraça**

Constituída por quartzitos e quartzitos sericíticos de granulação fina a média, pertencentes à Formação Moeda, intercalados tectonicamente por filitos prateados da Formação Batatal, esta unidade ocorre em 6,6% da área, distribuída entre as porções oeste e nordeste. O contato com a Unidade inferior (Nova Lima) é estrutural e com aquela que lhe é sobrejacente (Unidade Cauê), abrupto. Observa-se, ainda, a existência de uma cobertura de solo pouco expressiva e uma vegetação predominantemente rasteira. Nos últimos anos, as rochas quartzíticas da Formação Moeda vem sendo exploradas como rocha ornamental, sendo extraídas, principalmente, nos afloramentos que bordejam a rede ferroviária que liga Mariana ao Distrito de Passagem de Mariana.

#### **6.1.1.3 Formação Cauê**

Este domínio litológico ocorre segundo uma faixa que se estende de sudoeste, nas imediações do distrito de Passagem de Mariana até a porção noroeste da área, na aba do Anticlinal de Mariana. Ocorre, também, à noroeste da malha urbana do Município nas regiões das minas de Maquiné e Del Rey, perfazendo cerca de 13,4% da

área total.

Constitui-se por rochas itabiríticas configuradas pela alternância de lâminas milimétricas de hematita e quartzo. Possui uma coloração que varia de cinza escuro a preto e uma granulação variando de fina a grossa.

Ocorrem localmente dobras abertas e assimétricas, de pequeno e médio porte, além da presença de *boudins* de quartzo estirados, paralelos à foliação. De forma geral as rochas apresentam-se semifriáveis. Quando compactas, encontram-se intensamente fraturadas, o que favorece a percolação de água durante os períodos chuvosos.

#### **6.1.1.4 Formação Gandarela**

Com pequenas exposições a sudoeste, no vale do Ribeirão do Carmo e à noroeste, bordejando o antiforme, esta unidade é composta por rochas dolomíticas e dolomitos ferruginosos com coloração variando de creme a róseo. Possui uma distribuição em área de aproximadamente 0,33 Km<sup>2</sup>, não alcançando 1% da área total mapeada.

#### **6.1.1.5 Formação Cercadinho**

A Unidade Formação Cercadinho é composta por bandas métricas de filitos cinza-prateados intercalados em pacotes de quartzitos sericíticos e quartzitos ferruginosos. Ocorre em uma área aproximada de 4,9 Km<sup>2</sup>, o que corresponde percentualmente a cerca de 9,4% da área. Suas maiores exposições são a oeste do Município, bordejando a estrutura antiformal e a leste do mesmo segundo uma faixa de direção principal N-S. Expressam-se no relevo através de sucessivas cristas separadas por suaves patamares esculpidas pela erosão diferencial de camadas mais resistentes (quartzitos) e camadas menos resistentes a erosão (filitos), gerando assim no conjunto um relevo de aspecto estriado facilmente reconhecido no campo e em aerofotos. A leste da sede do Município, próximo ao trevo para o Município de Ponte Nova, o contato entre os litotipos que compõem a Formação Cercadinho e os litotipos do Grupo Nova Lima representam o limite leste do Quadrilátero Ferrífero, delineado pela Zona de Falha da Água Quente, que “joga” através de um movimento reverso com vergência para

oeste, o Supergrupo Rio das Velhas sobre o Supergrupo Minas.

Comumente são descritas dobras abertas, lineações de crenulação nos filitos e sistemas de fraturas que às vezes se encontram preenchidas por quartzo. O avançado processo de alteração observado é consequência da baixa resistência ao intemperismo.

#### **6.1.1.6 Formação Fecho do Funil**

A Formação Fecho do Funil foi cartografada a sudoeste do Município nas proximidades do Distrito de Passagem de Mariana. Compõem-se por filitos, filitos dolomíticos e quartzitos dolomíticos em contato gradacional com a Formação Cercadinho que lhe é subjacente. Ocorre apenas em 0,6 % da área total.

#### **6.1.1.7 Formação Taboões**

A Formação Taboões é constituída basicamente por quartzitos interestratificados de granulação variando de fina a muito fina, freqüentemente alterados e friáveis. A escala de mapeamento proposta (1:5.000) permitiu a sua cartografia apenas a oeste do Bairro Rosário, fora do perímetro urbano do Município, em uma área aproximada de 0,57 Km<sup>2</sup>.

#### **6.1.1.8 Formação Barreiro**

A Unidade Barreiro é constituída, principalmente, por filitos carbonosos e grafitosos de coloração variando de cinza escuro a negra. Abrange cerca de 3,5% da área total cartografada. Ocorre a oeste e leste da área urbana do Município. A oeste segundo uma faixa que se estende da Av. Nossa Senhora do Carmo, no Bairro Vila do Carmo, até o Bairro Morado do Sol, passando pelos Bairros Santo Antônio, Rosário e Fonte da Saudade. Já a leste, ocorre ao longo de uma faixa delgada de direção N-S, no limite do perímetro urbano do Município. Na maior parte de suas exposições, o filito apresenta-se bastante alterado, com um aspecto terroso, fosco e pulverulento quando seco, o que facilita o desenvolvimento de processos erosivos. A intercalação ocasional de níveis quartzosos da Formação Cercadinho com níveis carbonosos da Formação Barreiro evidencia um contato transicional entre estas duas unidades.

#### **6.1.1.9 Grupo Sabará**

Este domínio litológico é constituído por quartzo-sericita xistos, sericita-quartzo-xistos e xistos granatíferos de coloração vermelho acastanhado, amarelo avermelhado a cinza prateado. As rochas desta unidade são, provavelmente, as que se encontram em estágios mais avançados de alteração, preservando assim muito pouco da composição mineralógica original.

Esta Unidade perfaz cerca de 5,95% da área total, na qual, juntamente com os depósitos colúviais, que na maioria das vezes a recobrem, insere-se grande parte da ocupação urbana do Município.

#### **6.1.1.10 Grupo Itacolomi**

Ocorrendo no extremo sul do Município, esta Unidade é constituída por quartzitos de granulação grossa, metaconglomerados e níveis centimétricos de filitos, estando disposta discordantemente sobre as rochas do Grupo Sabará. Em área corresponde a apenas 0,9% do território. O sistema de fraturas existente destaca-se frente à feição morfológica de escarpa que contrasta no relevo.

### *6.1.2 DEPÓSITOS DE COBERTURA*

#### **6.1.2.1 Depósitos Aluviais**

Os depósitos aluviais são os depósitos recentes observados, principalmente, às margens e no canal do Ribeirão do Carmo, do Ribeirão Canelas e do Córrego do Seminário, formando as planícies de inundação dos mesmos. Representam 3,9% da área estudada e são constituídos em sua maioria por sedimentos arenosos com fragmentos inconsolidados de itabiritos, quartzitos, xistos e filitos, acumulados a partir de processos fluviais e por atividades antrópicas. Nesse cenário destaca-se a atividade secular de mineração de ouro, que muito contribuiu para a configuração do panorama atual. As planícies aluviais representam as áreas com menor declividade (< 8%) e foram intensamente ocupadas ao longo do processo de urbanização instalado na cidade.

### **6.1.2.2 Tálus**

Localizado na porção sul da sede do Município de Mariana, no sopé da Serra do Itacolomi, o depósito de tálus é resultado da acumulação de fragmentos desprendidos da Unidade Itacolomi por efeito da gravidade, ao longo do tempo geológico. Recobre uma área aproximada de 2,25 Km<sup>2</sup> com espessura variando entre 20 e 30m. Ocorrem blocos rochosos cujas dimensões atingem até uma dezena de metros, com composições predominantemente quartzíticas, imersos em uma matriz argilo-siltosa. As declividades estão entre 8 e 30%. A falta de controle na expansão urbana em Mariana propiciou rápida ocupação desta área nos últimos dez anos.

### **6.1.2.3 Colúvio**

Os depósitos coluvionares são resultado do acúmulo de agregados heterogêneos de rochas transportados por ação da gravidade e contribuição da água de escoamento superficial. Difere do depósito de tálus quanto à dimensão reduzida dos fragmentos imersos na matriz homogênea de cor avermelhada.

Esta unidade possui uma grande distribuição em área no Município, cerca de 14,3%, na qual grande parte da malha urbana está instalada, destacando-se os Bairros São Pedro, Cruzeiro do Sul, Jardim dos Inconfidentes, São Sebastião e parte do Centro Histórico.

Geralmente recobrem os xistos do Grupo Sabará como, por exemplo, na Rua Raimundo Gamarano no Bairro São Pedro e na estrada MG 129, na entrada para o Bairro Santana.

### **6.1.2.4 Canga**

O Depósito de Canga recobre as rochas da unidade ferrífera (Formação Cauê), ocorrendo na porção norte do Município em uma área aproximada de 2,5 Km<sup>2</sup>. É resultado do processo de remoção de sílica por lixiviação da unidade ferrífera com conseqüente enriquecimento do solo em ferro e alumina. Comumente os seixos de hematita encontram-se alterados em limonita e/ou goethita. O acúmulo de fragmentos detríticos de itabiritos, xistos, quartzitos, filitos, etc., imersos em uma matriz

ferruginosa, cria uma cobertura resistente contra os processos erosionais.

Apenas a Vila Del Rey e parte do Bairro Maquiné foram instalados sobre estes terrenos.

## **6.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL**

A Seqüência litoestratigráfica da região estudada está alojada na porção SSE da megaestrutura denominada Anticlinal de Mariana, em uma faixa confinada ao norte pela Serra de Ouro Preto e ao sul pela Serra do Itacolomi.

A complexidade do arcabouço estrutural correlaciona-se à superposição de várias fases de deformação que configuraram a estruturação geológica do Quadrilátero Ferrífero. O número de eventos e a magnitude dos mesmos são ainda hoje objeto de estudo de vários pesquisadores, existindo diferentes interpretações acerca da evolução tectônica do QF.

Nalini (1993), em estudo realizado na região do Anticlinal de Mariana propõe uma evolução polifásica com dois eventos deformacionais distintos. O primeiro teria caráter extensional e teria sido responsável pela nucleação do Sinclinal Dom Bosco, do Anticlinal de Mariana e das dobras parasíticas. O segundo, por sua vez, teria sido compressional, diferenciando-se em três fases distintas, responsáveis pela geração dos dobramentos e cavalgamentos, pelas falhas direcionais E-W e pela reativação do sistema de falhas e geração do sistema de fraturamentos.

A região do Anticlinal de Mariana apresenta numerosas faixas de empurrão que condicionaram a geometria e a morfologia das estruturas em escala micro, meso e megascópia. São identificadas também falhas subsidiárias que provocam as repetições e inversões das camadas. A xistosidade possui direção geral NW mergulhando para NE na porção setentrional da área e direção NE com mergulho para SE na porção meridional, acompanhando a inflexão da grande estrutura antiformal. O sistema de fraturas descrito refere-se às fraturas observadas em escala de afloramento, principalmente nas Formações Moeda, Cauê, Barreiro e Cercadinho. As direções preferenciais são N70E e N30W com mergulhos subverticalizados. Comumente as mesmas encontram-se preenchidas por quartzo e apresentam geometria planar e caráter

longitudinal (paralelo ao eixo do dobramento regional).

### 6.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para uma representação detalhada e um melhor entendimento da morfologia local, elaborou-se um mapa hipsométrico retratando a geomorfologia geral da área em termos de altitude, um mapa de declividades com a distinção de cinco classes de declives específicas, um modelo digital de terreno e um mapa de unidades morfológicas territoriais com as principais unidades de paisagens.

#### 6.3.1 MAPA HIPSOMÉTRICO

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do mapa topográfico em escala 1:5.000 (equidistância das curvas de nível de 10 em 10m), com a diferenciação de classes de altitudes a cada 100m. Sua concepção foi importante ao passo que permitiu a realização de uma análise simplificada da morfologia geral da área. Além da representação em planta, através do *software* AutoCadMap (Figura 6.3), a hipsometria também foi conjugada ao modelo digital de terreno gerado, através do programa *Er Mapper* (Figura 6.4). Este procedimento nos permitiu realizar as seguintes descrições gerais:

- As altitudes são superiores a 600 – 700m na região central da sede do Município, ultrapassando os 1000m na porção sul e nos topos das vertentes a oeste. A grande estrutura do antiforme de Mariana a oeste e a porção periclinal da Serra do Itacolomi ao sul são as porções mais elevadas, contrastando com a planície do Ribeirão do Carmo na região central;
- Os vales estão condicionados pela estrutura regional (Anticlinal de Mariana), com direções gerais N-S e inflexão para noroeste e SW-NE e inflexão para leste, na qual se encaixa o ribeirão do Carmo.

Figura 6.3 – Mapa Hipsométrico da Sede do Município de Mariana.

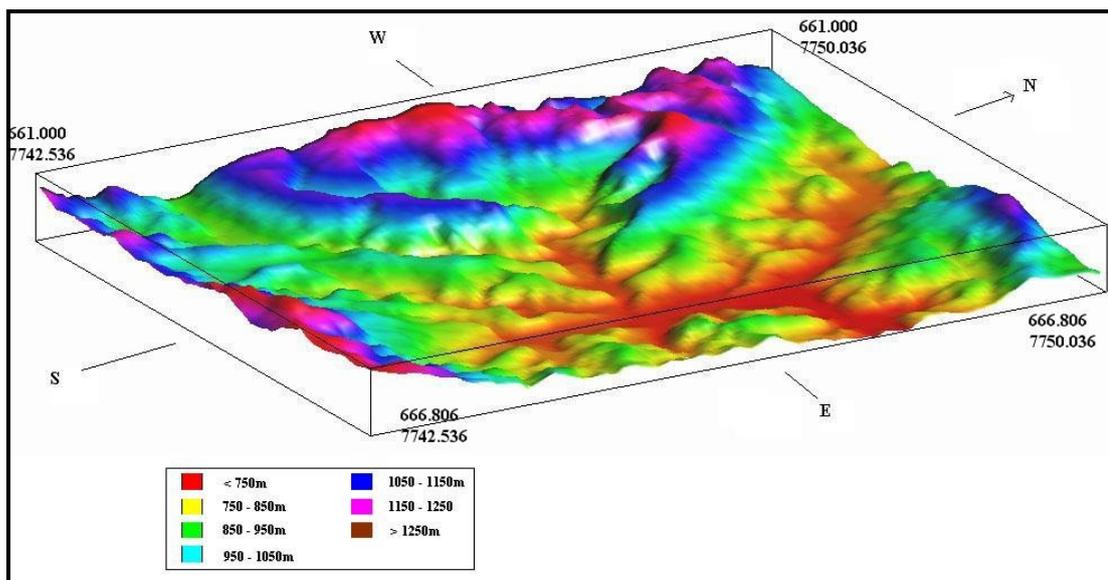


Figura 6.4 – Hipsometria Conjugada ao Modelo Digital de Terreno da Sede do Município de Mariana.

### 6.3.2 MAPA DE DECLIVIDADES

A elaboração do mapa de declividades objetivou subsidiar as análises da geomorfologia local, das aptidões ao uso do meio físico, bem como estabelecer parâmetros para o mapeamento/cartografia de risco e o ordenamento territorial da área da sede.

Sua obtenção também se baseou na execução de uma modelagem numérica de terreno, a partir do mapa topográfico, através do *software* SPRING. Foram utilizados interpoladores de grades Retangular e Triangular dos tipos *delaunay* e *linear*, respectivamente.

A metodologia empregada para a definição das respectivas classes de declives fundamentou-se como se segue:

- 1) Correlação do índice de declividade com a extensão das áreas inundáveis quando do período de chuvas, na área da sede do Município;
- 2) Lei 4.771, de 15/09/1965 instituindo o Código Florestal Brasileiro em seu Artigo 2º, item e, que dispõe sobre as áreas de preservação permanente. Segundo a mesma, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive, são

consideradas área de preservação permanente.

3) Lei 6.766, de 19/12/1979 que dispõem sobre o Parcelamento do Solo Urbano, CAPÍTULO I – Disposições preliminares, parágrafo único. Não é permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações antes de tomadas às providências para assegurar o escoamento das águas. Não é permitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.

Da conjugação destas premissas optou-se pela divisão de cinco classes de declives (Tabela 6.1) com base nas principais formas do relevo (Figura 6.5).

Tabela 6.1 – Classes de Declives e Formas de Relevo estabelecidas para a área urbana do Município de Mariana.

| <b>CLASSE</b> | <b>GRADIENTE (%)</b> | <b>RELEVO</b>  |
|---------------|----------------------|----------------|
| 1             | < 8                  | Plano          |
| 2             | 8 – 30               | Suave          |
| 3             | 30 – 50              | Suave Ondulado |
| 4             | 50 – 100             | Montanhoso     |
| 5             | 100 - 200            | Escarpado      |

A classe 1 ocupa 12% do território e corresponde à área com incidência de declives menos acentuados, inferiores a 8%. Geralmente retrata planícies aluviais e os topos aplainados de várias colinas. O setor onde mais se destaca é o centro-norte, representado pelas planícies aluviais dos ribeirões do Carmo, Canelas e do Seminário.

A classe 2 ocupa cerca de 38% do território. Abrange as regiões com gradientes variando de 8 a 30%. Segundo a Lei 6.766 estes gradientes englobariam os terrenos mais adequados para a instalação de edificações, salvo as condições geotécnicas dos mesmos.

A classe 3, por sua vez, ocupa 21% da área e representa as variações de gradiente entre 30 e 50%. Destaca-se ao norte, principalmente, no flanco do antiforme de Mariana e nas porções leste e sudeste, nas imediações do perímetro urbano.

A classe 4 refere-se a declives acentuados com gradientes variando de 50 a 100%, ocupando cerca de 28% da área total. Nota-se uma acentuação em sua ocorrência na região oeste, nas vertentes da estrutura antiformal e ao sul, na Serra do Itacolomi.

Figura 6.5 – Mapa de Declividade da Sede do Município de Mariana

A classe 5 engloba os declives mais acentuados, com gradientes superiores a 100%, e é a que possui menor representação em área, cerca de 1%. Limita-se a faixas estreitas em algumas porções da região oeste e sul.

### *6.3.3 MAPA DE UNIDADES MORFOLÓGICAS TERRITORIAIS*

As unidades morfológicas para a área da sede do Município de Mariana foram definidas em estudo geoambiental desenvolvido por Sobreira (2000). Abrange no presente trabalho as diferentes formas do relevo através da conjugação de trabalhos de campo, da elaboração de um modelo digital de terreno (ver Figura 6.4) e de fotointerpretações em escala 1:25.000. Seis unidades principais foram adotadas a partir do trabalho de Sobreira (2000), ampliando-se a área de estudo: Unidade Relevo de Planície Aluvial, Unidade Relevo Suave, Unidade Relevo de Rampa, Unidade Relevo de Vales Encaixados, Unidade Relevo de Colinas, Unidade Relevo Escarpado (Figura 6.6).

#### **6.3.3.1 Unidade Planícies Aluviais**

Essa unidade apresenta declives inferiores a 8% e altitudes próximas aos 700m, com distribuição espacial condicionada pelos principais cursos d'água. As planícies são as zonas de aporte de materiais provenientes dos relevos mais elevados, comportando nesse caso, principalmente, sedimentos da fração silte, areia e cascalho. Grande parte da ocupação urbana do município ocorreu neste domínio, acompanhando o relevo plano nas áreas adjacentes ao Ribeirão do Carmo, Córrego do Seminário e Córrego do Catete, o que inclui a planície aluvial dos mesmos.

#### **6.3.3.2 Unidade Relevos Suaves**

A unidade relevos suaves possui declives suaves com gradientes de 10 a 20% e altitudes variando de 700 a 750m. Corresponde à transição entre as planícies aluviais e as unidades vertentes e colinas, representando muitas vezes o sopé das mesmas. Ocorre, principalmente, no setor centro-norte da área urbana. Comporta parte da ocupação urbana presente na região, destacando-se parte do centro Histórico e os Bairros São José e Jardim dos Inconfidentes (Foto 6.1).

Figura 6.6 – Mapa Geomorfológico



Foto 6.1 – Unidade morfológica relevos escarpados e relevos suaves em primeiro plano. Bairro Jardim dos Inconfidentes ao centro. Fonte: Sobreira, 2000.

### 6.3.3.3 Unidade Relevo de Rampa

A morfologia de rampa abrange declividades não muito acentuadas, predominando gradientes entre 8 e 30%. Cobre uma área de aproximadamente 3Km<sup>2</sup>, podendo ser facilmente detectada ao sul da área, representada pelo depósito de tálus que forma uma rampa coluvionar nas bordas da Serra do Itacolomi. Atualmente esta unidade engloba os Bairros Cartucha, Santa Rita de Cássia e Cabanas, cuja ocupação vem se intensificando nos últimos anos (Foto 6.2).

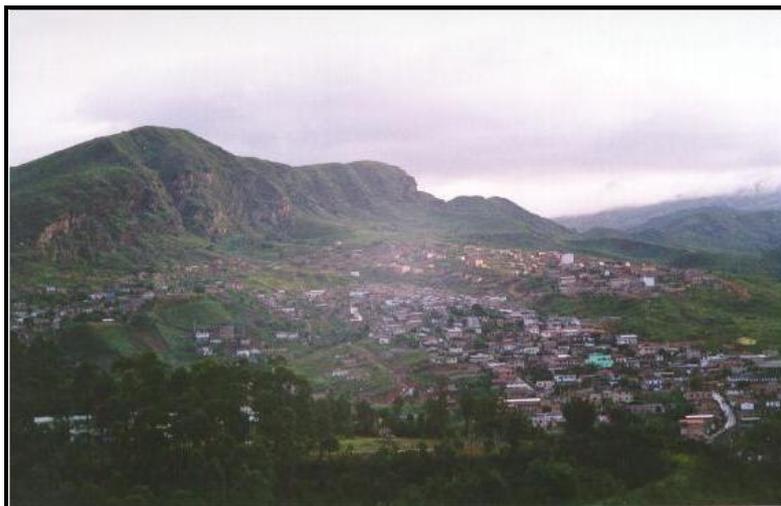


Foto 6.2 – Unidade morfológica relevos escarpados e relevo de rampa ao centro. Bairros Cabanas, Santa Rita de Cássia e Cartucha. Fonte: Sobreira, 2000.

#### **6.3.3.4 Unidade Relevo de Vales Encaixados**

Esta unidade representa as linhas de drenagem profundas instaladas em vales com declividades superiores aos 45%. Ocorre disseminada na área, em altitudes e litologias variadas. Estas áreas são importantes por comportarem, durante os períodos de chuva, um grande fluxo de água, cuja intensidade pode vir a provocar corridas de lama e detritos, quando associados a movimentos de massa deflagrados em suas cabeceiras e vertentes.

#### **6.3.3.5 Unidade Colinas**

A unidade Colinas foi individualizada na região central da área, representada por faixas de direção aproximada norte-sul em transição com as unidades morfológicas planícies aluviais, relevos suaves e relevos escarpados. Destaca-se por altitudes que variam de 830 a 870m e relevo variando de ondulados a levemente ondulado, sofrendo um aplainamento no topo. Os declives se encontram na faixa de 20% a 40% nas pendentes, assumindo valores menores em direção ao topo (até < 8%). A distribuição litológica nesta unidade mostra contatos em solo entre xistos do Grupo Sabará e filitos da Formação Barreiro, geralmente recobertos por um extenso depósito coluvionar com espessura variável. Quanto à ocupação urbana, esta unidade é a mais densamente ocupada, destacando-se entre os vários bairros existentes, parte do Centro Histórico, o Bairro São Sebastião (Colina) e os Bairros Rosário e São Gonçalo (Foto 6.3).

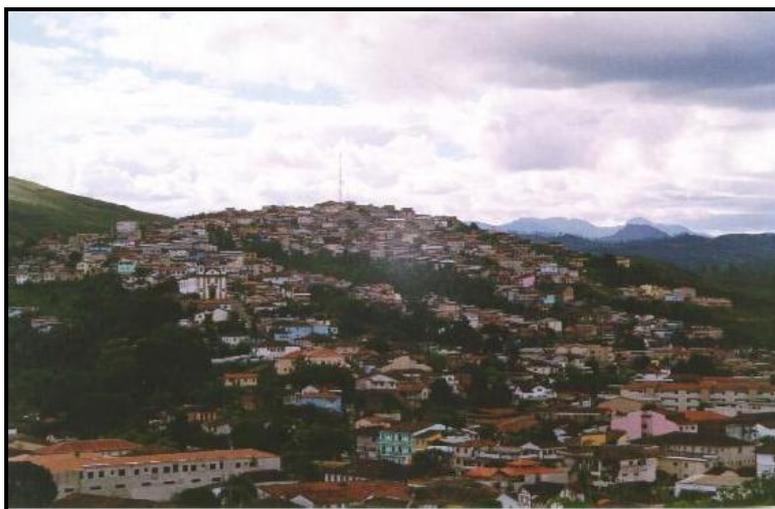


Foto 6.3 – Unidade morfológica colinas. Bairro Rosário. Fonte: Sobreira, 2000.

### **6.3.3.6 Unidade Relevos Escarpados**

A Unidade Relevos Escarpados distribui-se espacialmente na porção oeste da zona urbana abrangendo a grande estrutura antiformal e a leste, na transição entre as rochas que compõem o Supergrupo Minas e o Supergrupo Rio das Velhas (Falha da Água Quente). A oeste ocorrem as maiores altitudes, com valores variando de 1000 aos 1200m. Quanto à declividade, possui valores médios de 40% a 70%, podendo chegar até a declives superiores aos 100%. No que se refere a distribuição litológica nesta unidade, predominam as rochas do Grupo Caraça, os Itabiritos da Formação Cauê e os Xistos do Grupo Nova Lima, a oeste, e os Filitos da Formação Cercadinho e os Xistos do Grupo Novo Lima, a leste. Esta unidade destaca-se pelos processos geodinâmicos superficiais instalados, descrevendo-se feições erosivas, ravinamentos, voçorocas pretéritas, movimentos localizados de rastejo e, principalmente, escorregamentos.

## **6.4 REDE HIDROGRÁFICA**

Os recursos hídricos constituem importantes indicadores das condições dos ecossistemas, principalmente, no que se refere às interferências de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem). Neste contexto, a compartimentação geográfica de bacias e sub-bacias hidrográficas têm se tornado um importante instrumento para o planejamento integrado e sustentado do uso e ocupação dos espaços urbanos. Especificamente para a sede do Município de Mariana, a abordagem enfoca prioritariamente os problemas relacionados ao controle de inundações e ao abastecimento doméstico e industrial.

O principal curso d'água que corta a sede é o Ribeirão do Carmo, sendo seus tributários mais importantes os Córregos Canelas na porção norte, Matadouro, a leste, Seminário, na porção sudeste e o Córrego Catete no setor centro-sul. As bacias/sub-bacias hidrográficas delimitadas estão representadas na Figura 6.7 e suas principais características são descritas a seguir.

Figura 6.7 – Mapa de Sub-bacias Hidrográficas.

#### *6.4.1 BACIA DO RIO DO CARMO*

A Bacia do Ribeirão do Carmo abrange a calha do Ribeirão que lhe dá o nome e as drenagens que desembocam diretamente neste. A representação em área, cerca de 11,1Km<sup>2</sup> e a extensão, abrangendo grande parte da ocupação urbana, permitiu a sua diferenciação em três bacias hierarquicamente inferiores (sub-bacias):

- Sub-bacia do Carmo, a oeste, onde o Rio do Carmo tem direção SW-NE, englobando o Distrito de Passagem de Mariana, o Bairro Santo Antônio e parte do Bairro Rosário;
- Sub-bacia Morada do Sol, na margem esquerda do Rio do Carmo, no trecho em que este rio corre na direção sul-norte, englobando os bairros Barro Preto, Fonte da Saudade, Morada do Sol e parte dos Bairros Rosário e Jardim dos Inconfidentes;
- Sub-bacia Colina, na margem direita do rio, no trecho em que este corre na direção sul-norte, englobando os bairros Galego, Santana e São Sebastião.

#### *6.4.2 BACIA DO CÓRREGO CATETE*

A Bacia do Córrego Catete drena o setor centro-sul da malha urbana, em uma faixa de aproximadamente 4,7km<sup>2</sup>. Abrange os bairros Vila do Carmo, São Gonçalo e parte do Centro. O Córrego do Catete teve seu curso natural alterado e foi parcialmente canalizado em decorrência da ocupação urbana e implantação da Avenida Nossa Senhora do Carmo. Deságua no Rio do Carmo no Centro da cidade.

#### *6.4.3 BACIA DO CÓRREGO CANELAS*

A Bacia do Córrego Canelas tem a maior representação em área, cerca de 9,3km<sup>2</sup>. Drena o setor norte da área urbana, abrangendo os bairros Vila Gogo, Vila Del Rei, São Cristóvão, Maquiné e parte do Jardim dos Inconfidentes. O Córrego Canelas tem um curso natural com direção SW-NE e deságua no Ribeirão do Carmo, no trecho em que o mesmo sofre uma inflexão para leste, defronte ao Bairro São Sebastião.

#### *6.4.4 BACIA DO CÓRREGO MATADOURO*

A Bacia do Córrego Matadouro, por sua vez, abrange os bairros Vila Matadouro, Cruzeiro do Sul, Bandeirantes e parte dos bairros Galego e Santana. Drena parte do setor leste da cidade, tendo uma área de 1,4km<sup>2</sup>. O Córrego Matadouro, principal curso d'água, deságua no Ribeirão do Carmo na altura do Bairro Santana.

#### *6.4.5 BACIA DO CÓRREGO DO SEMINÁRIO*

A Bacia do Córrego Seminário capta as águas pluviais e drena vários cursos d'água de todo o setor sul-sudeste da área. Como a Bacia do Rio do Carmo, foi subdividida em bacias hierarquicamente inferiores, a saber:

- Sub-bacia Seminário Principal, que abrange uma área de 1,5km<sup>2</sup> e engloba o Bairro São Pedro, uma pequena parte do Bairro Santa Rita e o setor do centro da cidade onde o Córrego do Seminário deságua no Ribeirão do Carmo;
- Sub-bacia Cabanas, com área de aproximadamente 0,7km<sup>2</sup>, abrangendo parte dos bairros Cabanas, Cartucha e Santa Rita de Cássia;
- Sub-bacia Cartucha, que drena o setor sul-sudeste em uma área de 2,25km<sup>2</sup>, abrangendo parcialmente os Bairros Cartucha, Cabanas e São José;
- Sub-bacia Mata do Seminário, que possui uma área aproximada de 2,05km<sup>2</sup>, na qual insere-se uma das Estações de Tratamento de água da cidade. Esta sub-bacia abrange apenas parte do Bairro São José, onde o seu curso principal deságua no Córrego do Seminário.

Completando a compartimentação geográfica da rede hidrográfica da Sede do Município, foram ainda individualizadas mais quatro Bacias Hidrográficas, cujos limites não atingem o perímetro urbano:

- A Bacia do Córrego Seco, na porção centro-oeste, no núcleo do Anticlinal de Mariana, abrangendo uma área de 6,8km<sup>2</sup>;
- Bacia Ribeirão Belchior no limite sul da área;
- Bacias Maquiné e Córrego da Água Funda, no extremo nordeste, com áreas aproximadas de 2,3km<sup>2</sup> e 0,6km<sup>2</sup>, respectivamente.

## **6.5 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA**

A caracterização geotécnica aqui apresentada baseou-se em observações de campo, trabalhos de laboratório e em estudos anteriormente realizados para o Quadrilátero Ferrífero (Silva, 1990), e nos Municípios de Ouro Preto (Carvalho, 1982; Sobreira, 1990) e Mariana (Sobreira, 2000).

Carvalho (1982) ressalta que é impossível definir-se domínios ou unidades com comportamentos geotécnicos distintos, para as rochas do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas, mediante a heterogeneidade litológica, a variabilidade do estado de alteração e a estruturação existente. Segundo este autor, a caracterização deve ser realizada de forma qualitativa, através da descrição das propriedades geotécnicas, levando-se em consideração as unidades geológicas cartográficas.

Para o perímetro urbano da cidade de Mariana, em decorrência do aumento considerável dos problemas relacionados a instabilização de encostas nas últimas décadas, a abordagem geotécnica visou enfatizar a relação entre as propriedades geotécnicas dos materiais e o comportamento geral dos terrenos quanto à estabilidade e suscetibilidade aos processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa.

Em decorrência do grau de alteração e variabilidade litológica local, foram consideradas as unidades geológicas anteriormente descritas (afloramentos rochosos e depósitos de cobertura), que possuem representação em área e importância do ponto de vista de uso e ocupação do território. O grau de alteração das rochas foi avaliado através dos critérios definidos pela ISRM (1983), cujas características são apresentadas na tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Classificação quanto as estado de alteração proposta pela ISRM, 1983.

| GRAU    | TERMO                        | DESCRIÇÃO  |
|---------|------------------------------|--|
| W1 – W2 | Rocha Sã a pouco alterada    | Não há sinais de alteração e/ou com pequenos sinais junto às descontinuidades. Descoloração do material rochoso e perda de brilho. Resistência original muito pouco afetada pela alteração.  |
| W3      | Rocha moderadamente alterada | Alteração visível em todo maciço, com descoloração intensa e evidências de oxidação. A resistência original é afetada pela ação do intemperismo e do processo de lixiviação.   |
| W4      | Rocha muito alterada         | Alteração mineralógica acentuada, oxidação intensa e material rochoso decomposto e desintegrado em solo. Sistema de fraturas mais aberto e preenchido por materiais resultantes da alteração. São comuns deslocamentos ao longo da foliação. |
| W5      | Rocha completamente alterada | Todo material rochoso está decomposto /alterado, mas ainda preserva a estruturação original.   |
| W6      | Solo residual                | Solo, estruturação original da rocha inexistente e alteração do volume.  |

Já a caracterização dos solos baseou-se na análise táctil-visual, executada nos trabalhos de campo e de ensaios de laboratório. Foram coletadas e analisadas 15 amostras das principais unidades geológicas locais, das quais duas são do material do Depósito Coluvionar, uma do solo residual da Formação Taboões, quatro dos solos residuais da Formação Barreiro, seis dos solos residuais do Grupo Sabará e duas dos solos residuais da Formação Cercadinho. Complementarmente, foram recuperados os resultados dos ensaios de 17 amostras de solos realizados por Sobreira (2000), em parte da área urbana do Município de Mariana. Neste trabalho foram analisadas onze amostras do material coluvial, três da matriz do Depósito de Tálus, duas dos solos residuais do Grupo Sabará e uma dos solos residuais da Formação Cercadinho.

A classificação textural baseou-se na escala granulométrica proposta pela ABNT e no Diagrama Triangular de Classificação de Solos. A classificação geológica levou em consideração a gênese do solo, a morfologia do terreno e a estratigrafia local. A classificação geotécnica convencional adotada foi o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) (Vargas, 1978), que se baseia nos ensaios de granulometria e nos

Limites de *Atterberg* (limites de liquidez e plasticidade).

Na figura 6.8 estão apresentadas as distribuições granulométricas das 15 amostras de solo analisadas e das 17 amostras de solo recuperadas, segundo o Diagrama Triangular de Classificação.

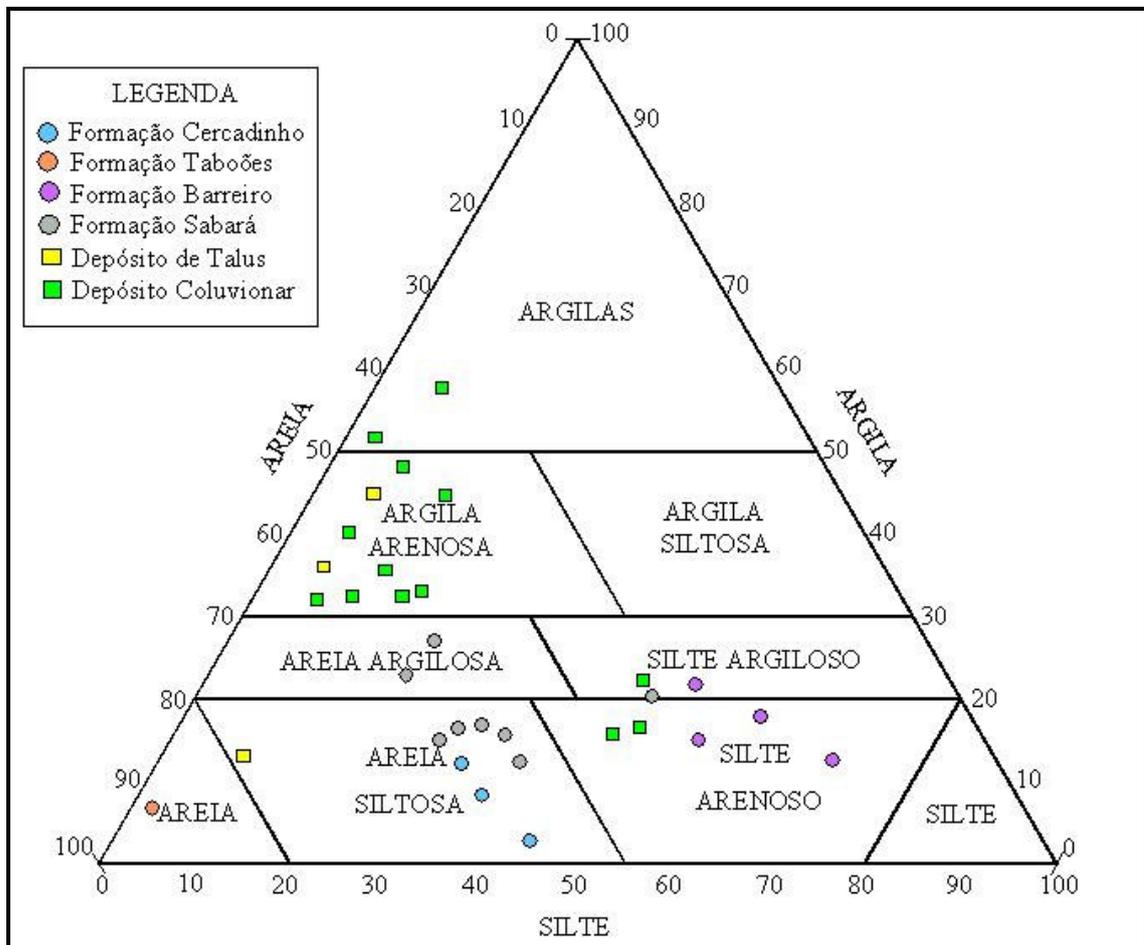


Figura 6.8 – Diagrama Triangular de Classificação de Solos com a representação dos materiais analisados na área da Sede do Município de Mariana.

A tabela 6.3 sintetiza os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica executados e compilados, baseando-se na classificação SUCS e na Classificação proposta pela ABNT, segundo as normas técnicas NBR10838 (Massa específica aparente de solos e grãos), NBR07181 (Análise granulométrica), NBR06459 (Determinação do limite de liquidez) e NBR07180 (Determinação do limite de plasticidade).

Tabela 6.3

Tabela 6.3

## 6.5.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

### 6.5.1.1 Xisto Nova Lima

Os litotipos que a compõem ocorrem à leste do Município, segundo uma faixa de direção N-S e a oeste do mesmo, no núcleo do Anticlinal de Mariana. As rochas possuem coloração variando de marrom claro a marrom avermelhado, aspecto untoso, foliação proeminente e um sistema de fraturas com famílias de descontinuidades fechadas e abertas. Segundo Silva (1990), embora o material possua uma baixa permeabilidade e conseqüentemente tenha uma baixa taxa de infiltração, os planos de fratura possibilitam à percolação de água e a intensificação dos processos de alteração. Este autor destaca, ainda, que a erodibilidade característica, varia de moderada a alta.

A baixa resistência mecânica e o grau de alteração, variando de moderado a completamente alterado (W 3,4,5), aliados a estruturação geológica complexa e a morfologia irregular, conferem a estes terrenos uma grande suscetibilidade a ravinamentos e à deflagração de escorregamentos, principalmente segundo os planos de foliação da rocha (Carvalho, 1982). A existência de uma abundante cobertura vegetal contribui para a diminuição do escoamento superficial e conseqüentemente à intensificação dos processos erosivos.

### 6.5.1.2 Formação Cauê

A Formação Cauê tem suas maiores exposições nas porções noroeste e sudoeste da área urbana. Compõe-se por rochas itabiríticas com coloração variando de cinza a preto. Os fatores estrutural e geomorfológico controlam a estabilidade. Do ponto de vista estrutural os mergulhos para SE e NE da foliação principal faz com que ela esteja sempre desconfinada, podendo assim, ocorrerem escorregamentos com superfícies de ruptura voltadas para SE e NE, respectivamente. Do ponto de vista geomorfológico, a posição estratigráfica da Formação proporciona boas condições de drenagem natural e a existência, no topo, de uma cobertura de canga, confere ao material uma proteção adicional. O sistema de fraturas é irregular, a porosidade da rocha é alta e a resistência mecânica variada. No período de chuvas, a percolação de água ocasiona a saturação do “pacote” rochoso. A proteção da cobertura de canga e o baixo grau de alteração,

classificado como W2,3 (ISRM, 1983), contribuem para o baixo índice de problemas geotécnicos nesta unidade. Entretanto, a remoção da cobertura propicia a deflagração de erosões localizadas e profundas, deslizamentos de blocos e processos de abatimento. Nas imediações do Distrito de Passagem de Mariana, a morfologia foi intensamente modificada pela ação da Mineração durante o Ciclo do Ouro e pela instalação da Rodovia que liga os Municípios de Mariana e Ouro Preto.

#### **6.5.1.3 Formação Cercadinho**

Ocorrendo segundo duas faixas principais a leste e a oeste do perímetro urbano, a Formação Cercadinho é constituída pela intercalação de quartzitos finos com coloração clara e filitos variados com coloração variando de cinza a prata. Os aspectos fisiográficos, litoestratigráficos e estruturais são os fatores relevantes nos mecanismos de instabilização das encostas.

As rochas encontram-se parcialmente alteradas a muito alterados (W4-5). Os quartzitos possuem boa permeabilidade e geralmente estão muito fraturados. Os filitos, por sua vez, possuem baixa permeabilidade e estão geralmente dobrados e fraturados, sendo os afloramentos do Bairro Morada do Sol e o às margens da MG 129 nas proximidades da Vila Del Rey, os mais representativos. O conjunto de características acima descrito confere aos materiais comportamento heterogêneo e anisotrópico quanto à resistência ao cisalhamento e à escavabilidade.

Do ponto de vista fisiográfico, as encostas naturais voltadas para NE são em princípio as que possuem menores estabilidades, dado o desconfinamento das estruturas planares mais importantes (foliação). Nessa direção, são possíveis movimentos naturais envolvendo volumes expressivos de material. Diferentemente das encostas voltadas para NE, nas encostas voltadas para SW os movimentos naturais ficam limitados a volumes pequenos, condicionados ao longo dos sistemas de fraturas não confinados, podendo ocorrer, entretanto, complexas rupturas em cunha.

As análises de três amostras de solo desta unidade caracterizaram um solo com densidade média, material não plástico e textura areno-siltosa, de acordo com o Diagrama Triangular (Figura 6.8) e com o Sistema Unificado de Classificação (Tabela

6.6). As curvas granulométricas obtidas estão representadas no gráfico 6.1.

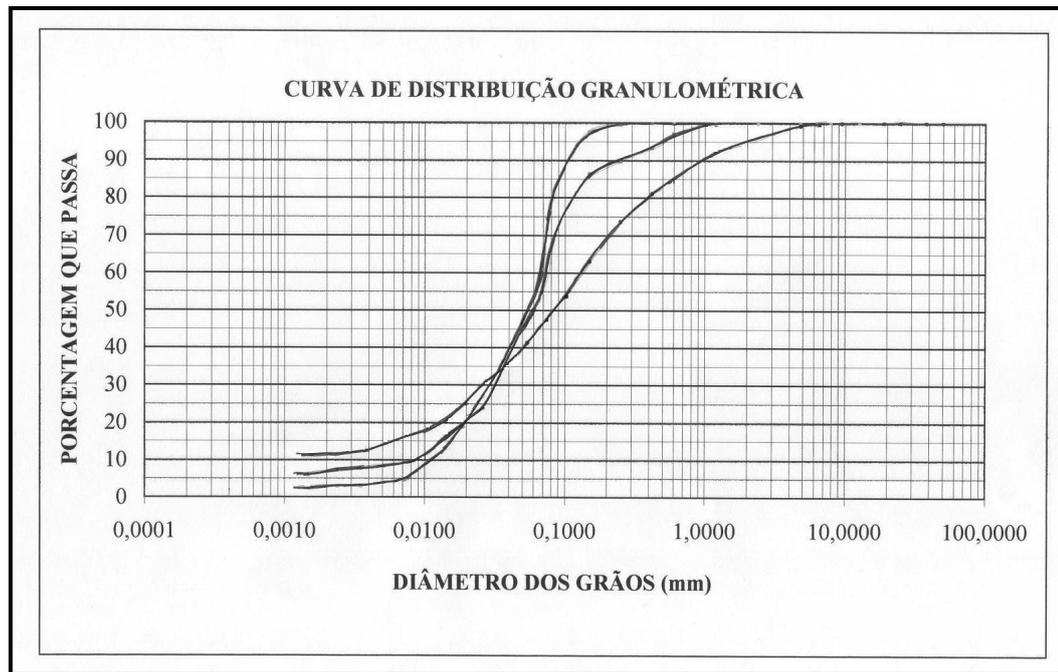


Gráfico 6.1 – Curva de Distribuição Granulométrica Obtida do Material da Formação Cercadinho.

Silva (1990), ao estudar o comportamento geotécnico das rochas do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas, concluiu que, de forma geral, a Formação Cercadinho é constituída por materiais com erodibilidade moderada, em decorrência do complexo sistema de fraturas e da permeabilidade elevada nas porções mais próximas à superfície.

#### 6.5.1.4 Formação Barreiro

Correspondendo a uma faixa com direção geral N-S, na porção central da área estudada, a Formação Barreiro é composta essencialmente por filitos grafitosos com coloração variando de cinza escuro a preto. Os materiais que a compõem possuem um aspecto untoso, principalmente quando saturados, e podem ser classificados como moderadamente alterados a muito alterados (W3,4,5). Estruturalmente a unidade é controlada por algumas famílias de descontinuidades e pela foliação da rocha, cujas atitudes principais são concordantes à inflexão da estrutura antiformal (55/40 a norte e 120/38 ao sul).

Segundo Silva (1990) o grau de coesão é médio, a permeabilidade é muito baixa e a erodibilidade é moderada. O fator estrutural controla a estabilidade. O mergulho para SE e NE da foliação principal aliado aos sistemas de fraturas existentes faz com que ela esteja sempre desconfinada, podendo assim, ocorrer escorregamentos com superfícies de ruptura voltadas para SE e NE (Foto 6.4).

Dentre os principais problemas deflagrados no Município referentes a esta unidade, destacam-se os relacionados à erosão hídrica e aos escorregamentos em solo e rocha (Foto 6.5). Os relacionados à erosão hídrica são resultantes da baixa taxa de infiltração característica e à concentração inadequada das águas superficiais. Já os escorregamentos estão relacionados, principalmente, à intervenção antrópica inadequada, através da execução de cortes acentuados e da construção subdimensionada do sistema de drenagem pluvial.



Foto 6.4 – Escorregamento translacional à esquerda da foto, em materiais da Formação Barreiro. Desconfinamento do maciço após execução de corte.

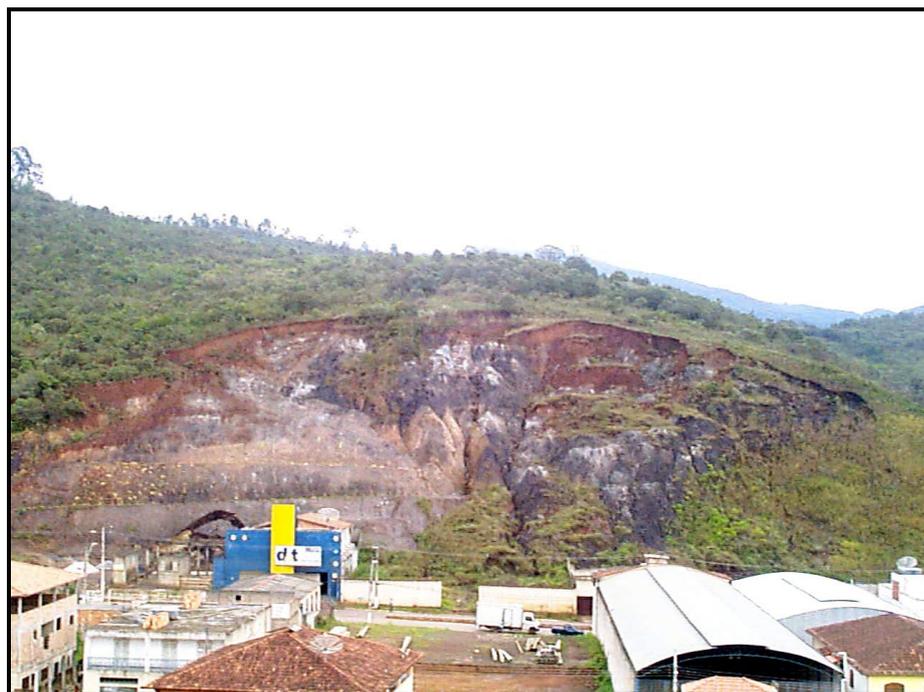


Foto 6.5 – Erosão hídrica e escorregamentos rotacionais em materiais da Formação Barreiro. Degraus de abatimento no contato com os materiais do depósito de cobertura (colúvio). A esquerda da foto é possível identificar uma tentativa de retaludamento da encosta e o aparecimento de novos sulcos e superfícies de escorregamentos.

Desta unidade foram analisadas quatro amostras de solo, sendo duas do talude da Av. Nossa Senhora do Carmo, na entrada da cidade, uma do Bairro Rosário e uma da área de expansão urbana proposta pelo Plano Diretor Urbano Ambiental do Município, a oeste do Bairro Jardim dos Inconfidentes. Os materiais foram classificados como silte/argila pouco plástica (CL – ML) de acordo com a classificação SUCS e como silte argiloso e silte arenoso segundo o Diagrama Triangular de Classificação. No Gráfico 6.2 estão representadas as quatro curvas granulométricas obtidas para os materiais amostrados.

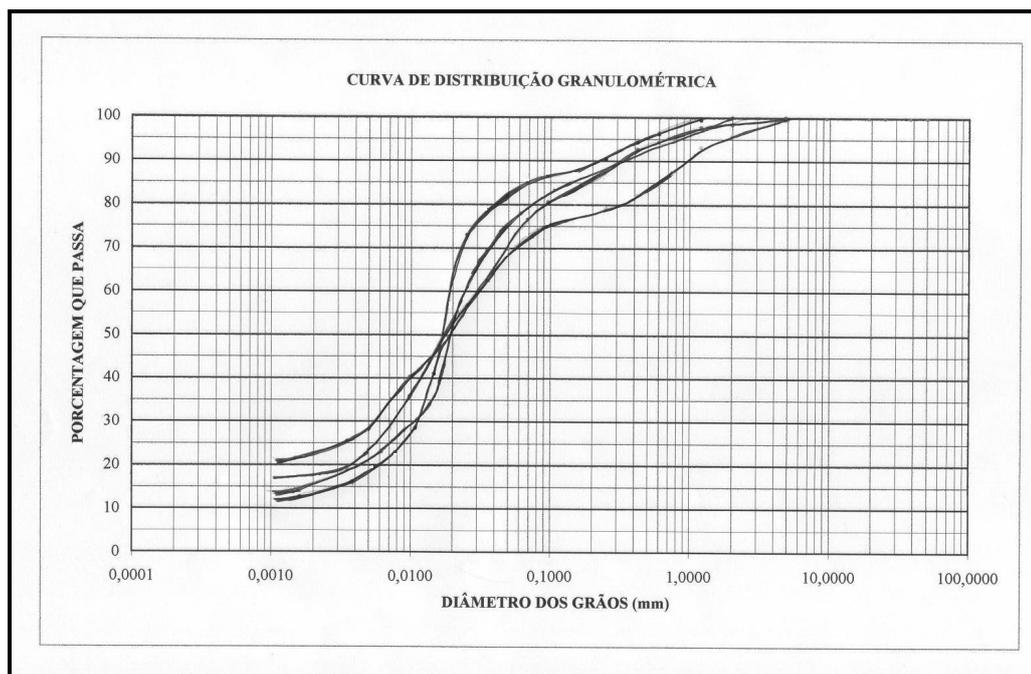


Gráfico 6.2 - Curva de Distribuição Granulométrica Obtida do Material da Formação Barreiro.

#### 6.5.1.5 Grupo Sabará

Composto predominantemente por xistos sericíticos, o Grupo Sabará ocupa a faixa central do perímetro urbano da cidade de Mariana. Os litotipos possuem uma coloração variando de marrom amarelado a cinza, encontram-se em diferentes estágios de alteração (W3,4,5) e estão comumente recobertos por depósitos coluviais. Silva (1990), em estudos realizados no Município de Belo Horizonte, caracterizou as rochas deste Grupo como de coesão média, permeabilidade muito baixa e resistência à erosão moderada.

A estabilidade das encostas é controlada, principalmente, pelas atitudes da foliação e pelo grau de alteração. Nos topos das colinas e nas encostas mais íngremes voltadas para NW e SW, o comportamento mecânico dos litotipos é bom, nas encostas voltadas para NNE e SSE é regular e nas encostas voltadas para SE e NE, principalmente quando a xistosidade não se encontra confinada, é ruim.

Os domínios nas baixas encostas apresentam como fatores adversos um estado de alteração mais intenso, maiores teores de umidade e a ocorrência frequente de

coberturas coluviais e de materiais descartados (lixos, entulhos e aterros). Segundo Carvalho (1982) nestes domínios o papel da estrutura geológica é significativamente atenuado.

Como na Formação Barreiro, nas áreas onde se verifica a exposição direta dos litotipos que compõe este Grupo, tendem a ocorrer, erosão hídrica, com a concentração inadequada das águas superficiais e formação de sulcos e ravinas, e escorregamentos em solo e rocha (Fotos 6.6). Os escorregamentos em cunha são pouco expressivos e os escorregamentos planares estão relacionados, principalmente, à intervenção antrópica inadequada, através da execução de cortes muito acentuados, como verificado no Bairro São Cristóvão e na Av. Nossa Senhora do Carmo. Movimentos mais complexos envolvendo os depósitos superficiais, os materiais descartados e, eventualmente, o substrato, são comuns nas porções mais baixas das encostas.



Foto 6.6 – Escorregamento Rotacional em material do Grupo Sabará. Talude no Bairro São Cristóvão as margens da Rodovia MG – 129. Detalhe para o rompimento da canaleta de drenagem.

Foram analisadas oito amostras de solo desta Unidade, sendo uma do Bairro São Cristóvão, uma do Bairro Maquiné, uma do Bairro São Sebastião, uma do Bairro Bandeirantes, uma do Bairro Cruzeiro do Sul e duas do Centro. Os materiais foram

classificados quanto a textura como areia siltosa/areia argilosa/argila magra arenosa (SM/SC/CL) de acordo com a classificação SUCS e como areia siltosa/areia argilosa segundo o Diagrama Triangular de Classificação. As curvas granulométricas obtidas estão representadas no Gráfico 6.3.

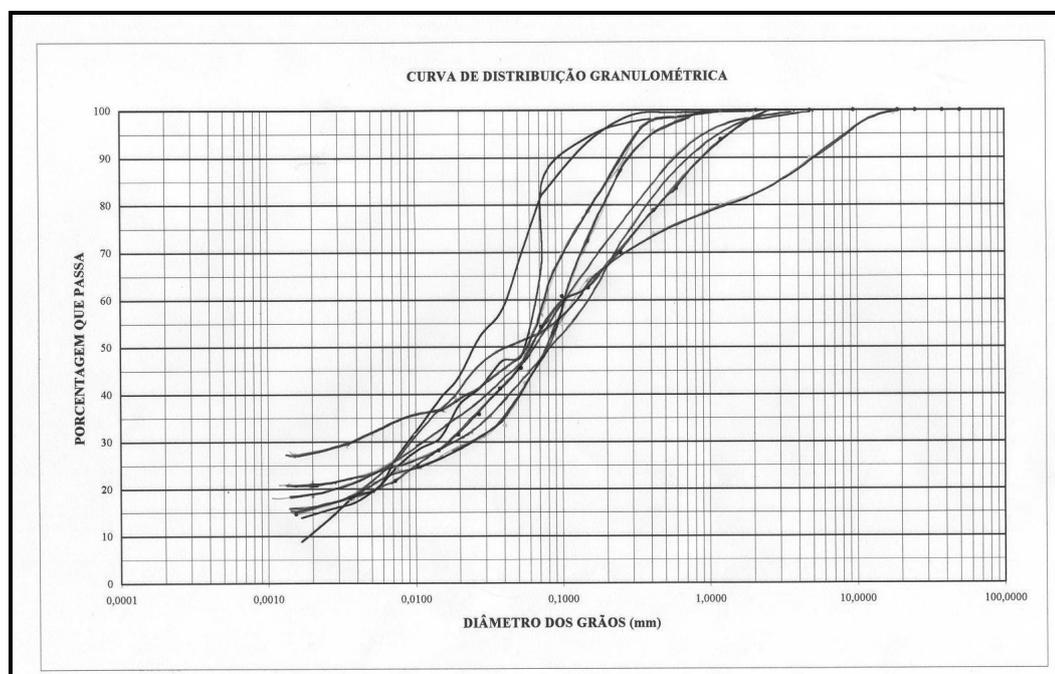


Gráfico 6.3 - Curva de Distribuição Granulométrica Obtida do Material da Formação Sabará.

#### 6.5.1.6 Depósitos Coluvionares

Importantes por sua abrangência e ocupação urbana instalada, os depósitos coluvionares ocorrem segundo uma faixa que se estende do limite sudoeste da área estudada, bordejando a rodovia dos Inconfidentes, até a porção centro leste da área urbana do Município, interrompida pelos depósitos aluvionares do Ribeirão do Carmo e de seus principais afluentes (Córregos do Seminário, Matadouro, Catete e Canelas).

Oriundos do retrabalhamento das unidades superiores constituem-se de solos heterogêneos com coloração avermelhada, espessura variando de centímetros a alguns metros, geralmente capeando as rochas do Grupo Sabará e da Formação Cercadinho. O relevo tipicamente suave e a fácil escavabilidade tornou estas áreas atraentes para uma eventual expansão da malha urbana. O comportamento mecânico está relacionado a

morfologia das vertentes e ao grau de saturação. Nestes domínios os escorregamentos ocorrem, geralmente, condicionados ao contato dos materiais do depósito com a Formação geológica subjacente, aproveitando-se das diferenças de permeabilidade dos terrenos e resistência ao cisalhamento dos mesmos.

Dentre os principais problemas deflagrados nesta unidade, destaca-se a erosão hídrica, em decorrência da ausência de infra-estrutura urbana (redes pluviais e de esgoto) e escorregamentos rotacionais, principalmente relacionados à execução de cortes, desconfinando os maciços e aterros para construção de moradias.

As análises recuperadas (11) e executadas (2) caracterizaram solos com densidades médias e pouco plásticos. Quanto à textura, os materiais foram classificados de acordo com o Sistema Unificado de Classificação (Tabela 6.3), como areia argilosa (SC) em três amostras, argila magra arenosa/argila pouco plástica (CL) em outras cinco amostras, areia argilo siltosa (SC – SM) em duas amostras e silte elástico arenoso (MH) em duas amostras. Com relação ao Diagrama Triangular (Figura 6.7), oito amostras foram classificadas como argilas arenosas, duas como argila, duas como silte arenoso e uma como silte argiloso. As curvas granulométricas obtidas estão representadas no Gráfico 6.4.

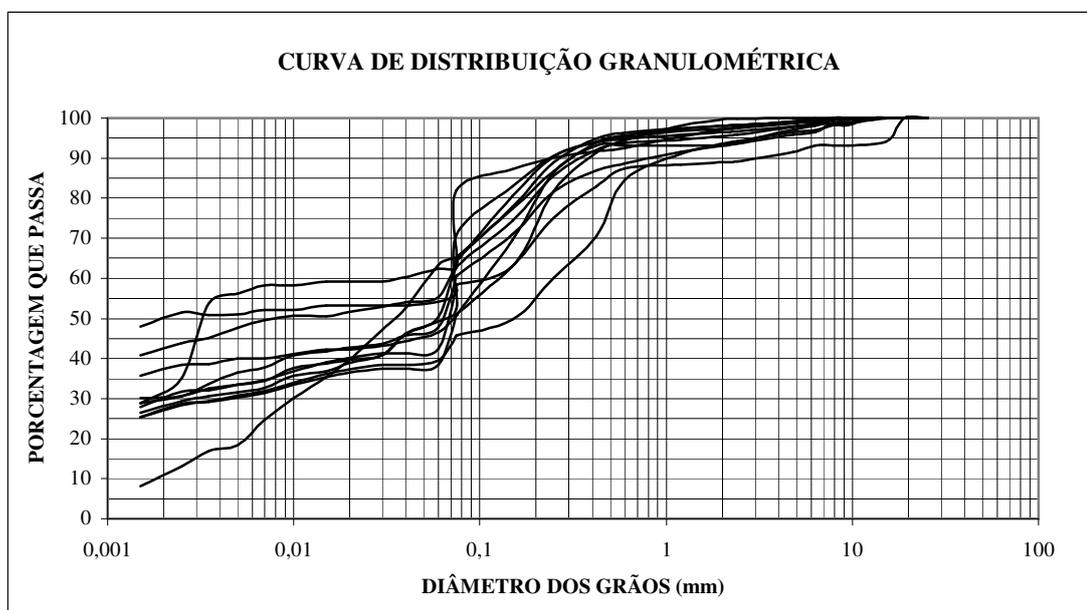


Gráfico 6.4 - Curva de Distribuição Granulométrica Obtida do Material Coluvionar.

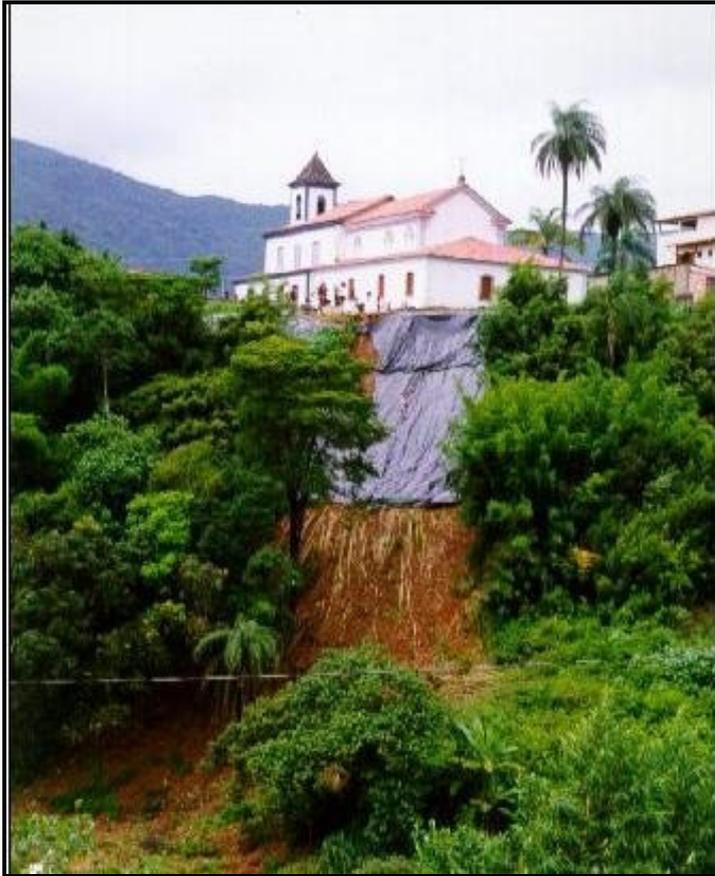


Foto 6.7 – Escorregamento em Material do Depósito Coluvionar. Fonte: Sobreira – 2000

#### **6.5.1.7 Depósito de Tálus**

Ocorrendo na porção sul do perímetro urbano, a Unidade Depósito de Tálus é resultado do acúmulo de agregados heterogêneos, fragmentos de rocha e de blocos cujas dimensões atingem até uma dezena de metros, com composições predominantemente quartzíticas, imersos em uma matriz argilo-siltosa.

Foram analisadas três amostras de solo da matriz fina desta Unidade, sendo uma do Bairro Santa Rita, uma do Bairro Cabanas e uma do Bairro Cartucha. Os materiais foram classificados quanto à textura como areia argilosa (SC) de acordo com a classificação SUCS e como areia siltosa e argila arenosa segundo o Diagrama Triangular de Classificação. As curvas granulométricas obtidas estão representadas no Gráfico 6.5.

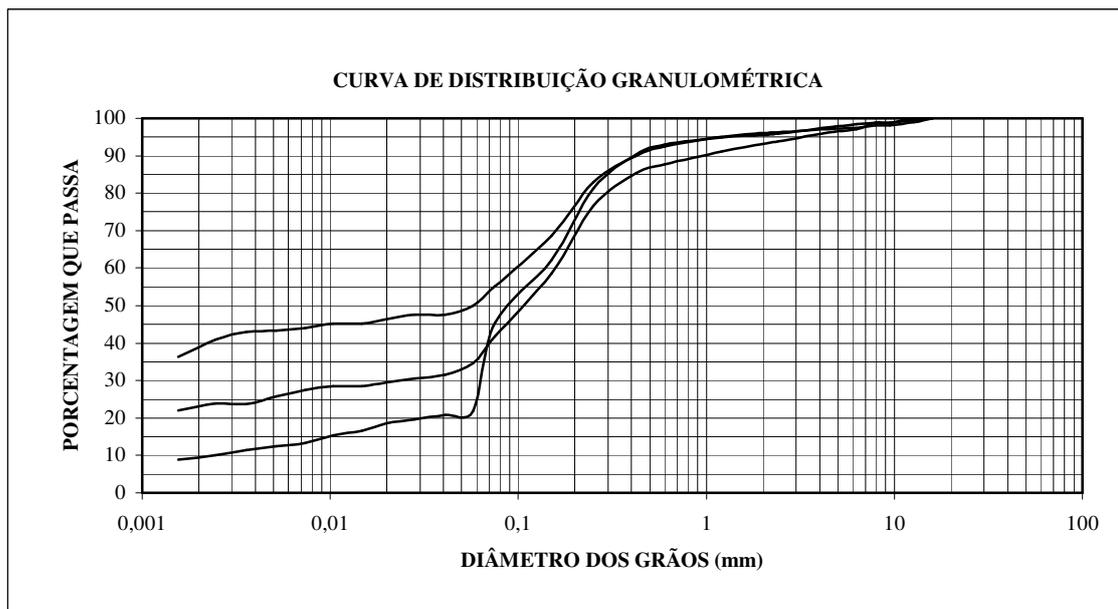


Gráfico 6.5 - Curva de Distribuição Granulométrica Obtida do Material do Depósito de Tálus.

Sobreira (2000), ao estudar o comportamento geotécnico destes terrenos e tomando como base a morfologia dos depósitos e a classificação textural, concluiu que possuem uma alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos do tipo rastejo, quando saturados, o que pode ser verificado à Rua Astolino Dutra, no Bairro Cabanas. Entretanto, os problemas mais frequentes estão relacionados à concentração inadequada das águas superficiais e servidas, formando sulcos e ravinas e à erosão interna, formando cavidades que facilitam a infiltração de água e, conseqüentemente, o carreamento das partículas mais finas. Os resultados mais imediatos são a desestruturação e abatimentos localizados dos terrenos. Como a área é densamente ocupada, são comuns as ocorrências envolvendo o descalçamento dos blocos existentes e, conseqüentemente, à movimentação localizada dos mesmos, cujo reflexo mais imediato são o surgimento de trincas nos terrenos e nas residências ali instaladas (Foto 6.8).



Foto 6.8 – Ocupação do Depósito de Tálus no Bairro Santa Rita de Cássia. Corte e aterro na matriz do depósito e lançamentos de água e esgoto sem infra-estrutura. Fonte: Sobreira – 2000.

## Capítulo 7

### SUSCEPTIBILIDADES E RISCOS GEOLÓGICOS

---

O município de Mariana foi assolado nos últimos anos por intensas chuvas que ocasionaram acidentes geológicos e geológico-geotécnicos, provocando inúmeros danos aos sistemas de drenagem pluvial, às vias públicas, equipamentos urbanos e a domicílios particulares. Somente nos últimos sete anos, dada a gravidade dos problemas instalados, o Município declarou por duas vezes Estado de Emergência, notificados através dos Decretos 0001/1997 de 03/01/1997 e 2.986/2003 de 11/01/2003.

Inúmeros são os problemas decorrentes da falta de planejamento urbano, que geralmente leva a uma má utilização do meio físico, tanto no que tange à instalação de moradias, quanto à implantação da infraestrutura (ruas, sistemas de água, esgoto e iluminação etc.). A desconsideração das peculiaridades geológicas e geomorfológicas locais, o crescimento acelerado da população a partir da década de setenta, após a consolidação da indústria extrativa mineral e a inexistência de políticas públicas de planejamento urbano, ajudaram a configurar o quadro atual de risco geológico-geotécnico.

#### 7.1 ANÁLISE DAS SUSCEPTIBILIDADES E RISCOS

A partir da previsibilidade da ocorrência dos processos geológicos (susceptibilidade), é possível localizar-se espacialmente as áreas onde poderá haver a deflagração de acidentes geológicos (áreas de risco) (ABGE, 1995). Na sede do Município de Mariana, a análise da susceptibilidade de riscos aos processos geológicos fundamentou-se na técnica do cruzamento de informações cartográficas compiladas e elaboradas, aliada a observações e descrições pontuais de campo. A metodologia adotada para o zoneamento e classificação da predisposição ao risco geológico levou em consideração a análise da susceptibilidade aos processos geológicos executada por Sobreira (2000), o Mapa Geoambiental elaborado pela equipe consultora do Plano Diretor Urbano Ambiental, o cadastro das ocorrências de processos geodinâmicos elaborado no decorrer deste trabalho e, principalmente, trabalhos de campo, para a identificação das situações de risco associadas a ocorrência de processos geodinâmicos.

Sobreira (2000) analisou a suscetibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em parte da sede do Município de Mariana tomando como base, principalmente, os elementos litoestruturais e morfológicos e as observações pontuais de campo por ele executadas. O produto da análise foi uma carta de suscetibilidade aos processos geológicos, representando as áreas mais prováveis de sua ocorrência. Entretanto esta carta não hierarquizou as unidades, mas sim localizou as áreas mais suscetíveis a cada tipo de processo. As áreas consideradas mais problemáticas em relação aos processos geológicos na área urbana de Mariana foram as partes baixas, susceptíveis aos problemas de inundação, as áreas de encostas, classificadas como susceptíveis à ocorrência de escorregamentos associados a erosões, e as escarpas rochosas e áreas adjacentes, onde foi relatada a predisposição de deflagração de processos de queda de blocos e lascas rochosas. Os riscos geológicos na área urbana de Mariana, por sua vez, foram avaliados a partir da correlação entre a análise das informações da Carta de Suscetibilidade e a representação da malha urbana. Em decorrência da não disponibilidade de dados mais precisos sobre as ocorrências, não foi possível hierarquizar os graus de risco.

## **7.2 ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS**

Além dos componentes geológicos e geomorfológicos, a ação antrópica e a urbanização mais recente, por vezes conduzida sem critérios técnicos e urbanísticos, têm contribuído intensamente para o surgimento de problemas geoambientais (alterações na paisagem, ocupação de áreas inadequadas, desmatamentos, alteração dos cursos das drenagens, poluição das águas fluviais com efluentes líquidos e pelo descarte irregular de resíduos sólidos e entulhos diversos).

Os aspectos geoambientais da área urbana foram analisados no âmbito do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana com o propósito de se elaborar um diagnóstico geral dos problemas de índole geológica e ambiental que atingem a área urbana da Sede, buscando subsidiar medidas planejadoras para a ocupação do meio físico urbano, assim como orientar medidas preventivas e mitigadoras dos problemas (Figura 7.1). Nesta análise, os produtos cartográficos elaborados tiveram grande importância tanto na fase de análise como de diagnóstico do referido Plano.

Figura 7.1 – Mapa Geoambiental

Constatou-se neste levantamento que na sede de Mariana ainda restam alguns fragmentos de cobertura vegetal localizados em áreas de difícil acesso. São porções que deveriam ser valorizadas ou reabilitadas e para tanto mereceriam projetos específicos. As áreas maiores de cobertura vegetal estão localizadas, principalmente, no entorno das áreas mais densamente ocupadas e por isso também merecem atenção sob o aspecto paisagístico e por hospedarem importantes nascentes e mananciais. Outro fato de importância ambiental é a proximidade que existe entre as unidades de conservação da biodiversidade (UCs) do Município e o ambiente urbano da sede. Tanto o Parque do Itacolomi como a APA do Seminário se localizam, respectivamente, na parte sudoeste e sudeste da área urbana da sede.

Quanto aos recursos hídricos, apesar de bastante abundantes, constatou-se que os principais trechos dos córregos e rios que drenam a sede recebem intensa carga orgânica dos domicílios, já que não existem em Mariana sistemas de tratamento de esgoto. Algumas fontes pontuais de lançamento de poluentes foram, também, registradas (postos de gasolina, marmorarias e polimento de pedras ornamentais, depósitos de ferro velho e sucatas, etc).

No que se refere aos problemas decorrentes do mau uso do solo, verificou-se que estes estão ligados, principalmente, aos riscos geológicos (escorregamentos, erosões e inundações) e a degradação ambiental (alteração dos cursos de água, contaminação e poluição por atividades diversas e disposição de resíduos sólidos e líquidos). Após as chuvas de janeiro de 2003 foi possível executar a verificação ou calibragem do modelo geoambiental proposto, através da comprovação de algumas áreas de risco de escorregamentos e inundação/alagamento, indicadas neste levantamento.

A situação geoambiental da sede do Município remontou a um diagnóstico qualitativo de degradação ambiental bastante significativo, exigindo investimentos públicos tanto na área de saneamento como de planejamento urbano e de intervenções geotécnicas, já que em alguns casos somente obras de contenção e de melhorias urbanísticas melhorariam a qualidade de vida e a segurança da população.

### 7.3 CADASTRO DAS OCORRÊNCIAS

Como a maioria dos Municípios brasileiros, a Prefeitura de Mariana não possui em sua estrutura administrativa e técnica um Órgão ou Secretaria devidamente preparado para a avaliação e registro de eventuais acidentes geológico-geotécnicos;

Por este motivo, a coleta de informações para a elaboração do cadastro de ocorrências requereu uma minuciosa avaliação dos laudos expedidos pelo Corpo de Bombeiros Voluntários, pela Guarda Municipal, pela Polícia Militar, pela Prefeitura Municipal (Secretarias de Meio Ambiente e Ação Social) e pela Comissão Municipal de Defesa Civil (CONDEC), já que a contextualização técnica nem sempre foi executada. Foram descartados todos os laudos que geraram dúvidas quanto à data de sua execução, a tipologia do problema descrito e a sua localização geográfica.

Todos os arquivos pesquisados estavam registrados em papel, tendo-se encontrado apenas informações dos anos de 1997, 2000, 2001, 2002 e 2003. Algumas vezes os mesmos relatos foram registrados integralmente com autorias distintas. Nestes casos, considerou-se apenas uma ocorrência.

Os dados levantados foram cadastrados em um banco de dados digital, através da utilização do programa *Microsoft Excel* (Figura 7.2), segundo uma estruturação funcional que considerou:

- Bairro da descrição;
- A rua onde ocorreu o problema;
- O número da casa diretamente envolvida na avaliação do problema;
- O ano, mês e dia da avaliação;
- A ocorrência (O) ou a possibilidade de ocorrência (P);
- As características dos problemas descritos.

A diferenciação das avaliações em “Ocorrências” e “Possibilidades de Ocorrências” considerou a metodologia proposta por Salaroli (2003), na qual o termo “ocorrência” refere-se à deflagração efetiva do processo, com ou sem relato de prejuízos econômicos, enquanto que o termo “possibilidade de ocorrência”, foi utilizado para caracterizar a potencialidade de ocorrência avaliando-se a gravidade da situação frente à iminência de deflagração efetiva.

| BAIRRO       | RUA                          | Nº   | ANO  | MÊS | DIA | O/P                                | CARACTERÍSTICAS DA OCORRÊNCIA                         |
|--------------|------------------------------|------|------|-----|-----|------------------------------------|---|
| BARRO PRETO  | Av Manoel Leandro Correa     | 325A | 2003 | 1   | 11  | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Beira Linha              | 453  | 2003 | 1   | 13  | P                                  | Risco de Desabamento da Residência                    |
|              | Rua Bom Jesus                | 508  | 2000 | 1   | 25  | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Bom Jesus                | 546  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Relatado Como Ocorrência Com Imóvel Danificado        |
|              | Rua Bom Jesus                | 581  | 2003 | 1   | 12  | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Bom Jesus                | 606  | 2000 | 1   | 25  | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Bom Jesus                | 650  | 2000 | 1   | 25  | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Cascalheira              | 594  | 2001 | 1   | 30  | P                                  | Risco de Desabamento da Residência                    |
|              | Rua Monsenhor Rafael Coelho  | 60   | 2001 | 2   | 5   | P                                  | Risco de Desabamento da Residência                    |
|              | Trav Monsenhor Rafael Coelho | 60   | 2003 | 1   | 10  | O                                  | Inundação   |
| CABANAS      | Rua Araguaia                 | 280  | 2001 | 1   | 23  | P                                  | Risco de Desabamento da Residência                    |
|              | Rua Lafaiete                 | 120  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Lavras                   | 119  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Lavras                   | 91   | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Pitangui                 | 360  | 2002 | 1   | 4   | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Pitangui                 | 360  | 2003 | 3   | 22  | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Rio Casca                | 110  | 2001 | 1   | 23  | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Rio Casca                | 121  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Santa Luzia              | 50   | 2001 | 9   | 27  | O                                  | Escorregamento de Solo                                |
|              | Rua Realeza                  | 85   | 2001 | 1   | 1   | O                                  | Escorregamento de Solo e Ruptura de Muro de Contenção |
|              | Rua Lafaiete                 | 100  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Inundação   |
|              | Rua Diamantina               | 181B | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Movimentação de Blocos                                |
|              | Rua Ouro Preto               | 170  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Movimentação de Blocos                                |
|              | Rua Sabará                   | 90   | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Movimentação de Blocos                                |
|              | Rua Uberlândia               | 81   | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Movimentação de Blocos                                |
|              | Rua Viçosa                   | 130  | 1997 | 1   | 2   | O                                  | Movimentação de Blocos                                |
| Rua Lafaiete | 291                          | 2003 | 2    | 3   | P   | Muro Inapropriado                  |   |
| Rua Lafaiete | 340                          | 1997 | 1    | 2   | P   | Relatado Apenas Como Área de Risco |   |

Figura 7.2 – Estruturação em *Microsoft Excel* do banco de dados digital dos laudos de vistoria das áreas de risco, com representação parcial do cadastro.

O cadastro elaborado englobou 310 laudos de avaliação de áreas de risco, dividido entre número de possibilidades de ocorrências e número de ocorrências propriamente ditas. Os problemas mais comuns registrados foram: escorregamento de solo, movimentação de blocos, inundações, trincas em solo e em residências.

### 7.3.1 DISTRIBUIÇÃO ANUAL E MENSAL DAS OCORRÊNCIAS

Levando-se em consideração as datas das ocorrências e possibilidades de ocorrências, duas foram as análises realizadas. Uma primeira valorizando a distribuição dos laudos ao longo dos anos avaliados e uma segunda, ressaltando a distribuição mensal dos mesmos.

O gráfico 7.1 retrata a distribuição dos laudos de vistoria ao longo dos anos de 1997, 2000, 2001, 2002 e 2003.

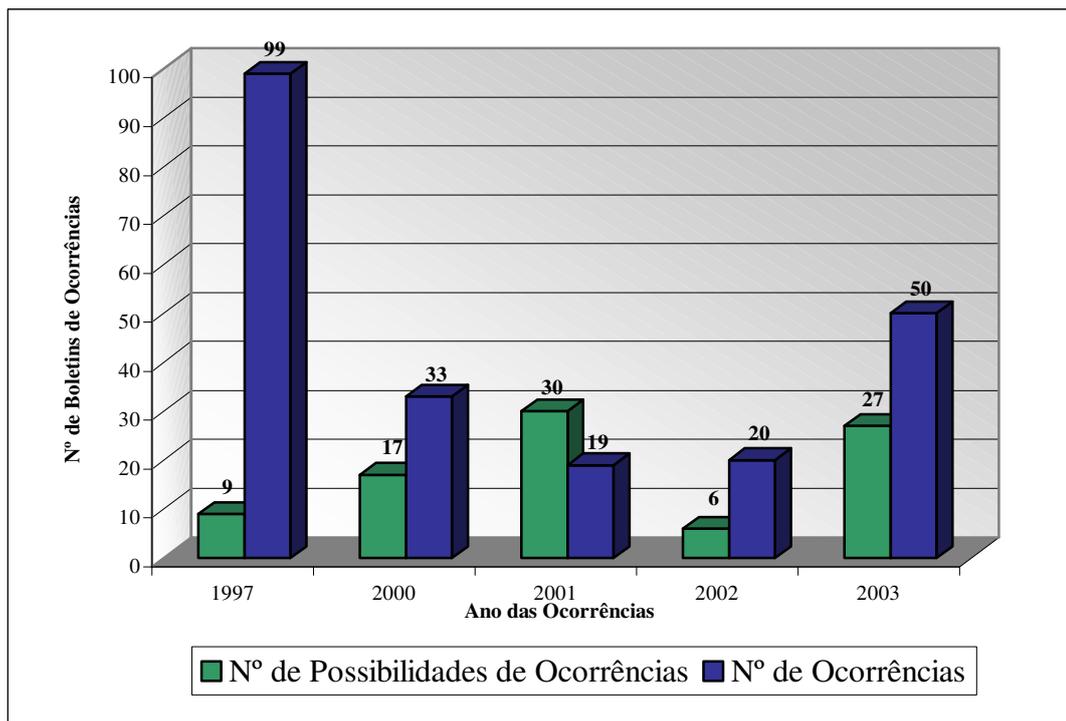


Gráfico 7.1 – Distribuição anual dos laudos de vistoria das áreas de risco no município de Mariana.

Os anos de 1997 e 2003 são os que detêm o maior número de registros de ocorrência e, não por acaso, foram nestes dois anos que o Município declarou Estado de Emergência, mediante a gravidade dos problemas então deflagrados. O ano de 2001 foi o único que apresentou um número de possibilidades de ocorrências maior que o número de ocorrências, o que pode ser explicado pela atuação preventiva do Corpo de Bombeiros Voluntários, recém criado naquela ocasião, e pela inclusão na Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura do Município de um geólogo responsável pela avaliação das áreas de risco.

O Gráfico 7.2, por sua vez, retrata a distribuição mensal das ocorrências e possibilidades de ocorrências para os mesmos cinco anos analisados anteriormente.

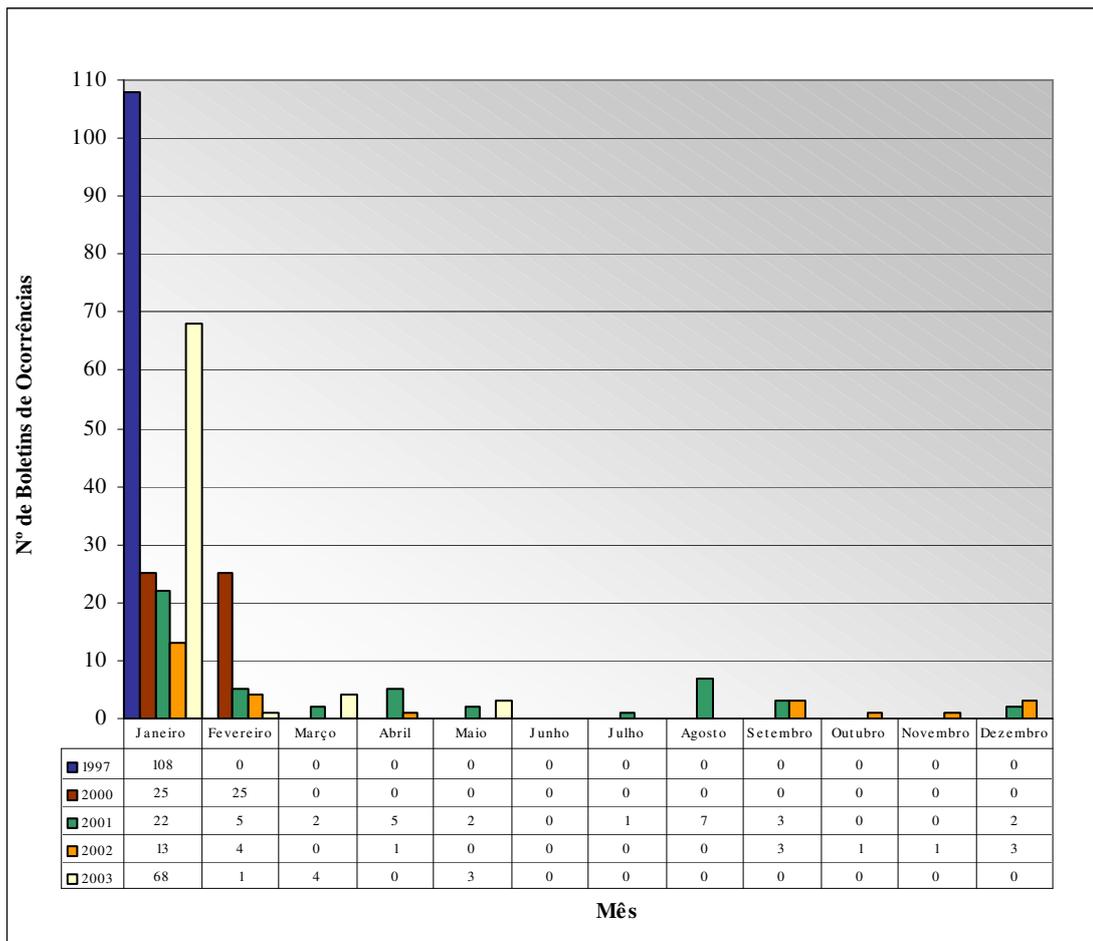


Gráfico 7.2 – Distribuição mensal dos laudos de vistoria das áreas de risco do Município de Mariana de 1997 a 2003.

Através deste gráfico torna-se evidente a representatividade dos meses de janeiro e fevereiro, em decorrência do período chuvoso, que somados respondem por cerca de 80% do número total de registros entre os anos de 1997 e 2003.

### 7.3.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS REGISTROS

A elaboração de um banco de dados digital possibilitou o cruzamento entre as informações pontuais, adquiridas a partir das avaliações das áreas de risco, e o mapa cadastral urbano da sede do município de Mariana (Figura 7.3). Este procedimento permitiu a visualização dos locais e/ou bairros com maior número de ocorrências durante o período avaliado (Gráfico 7.3).

Figura 7.3 – Distribuição Geográfica Pontual dos Registros de Ocorrências e Possibilidades de Ocorrências na Cidade de Mariana. Os Pontos em vermelho referem-se ao ano de 1997, em Verde Escuro ao Ano de 2000, em Azul Escuro a 2001, em Amarelo a 2002, em azul claro a 2003.

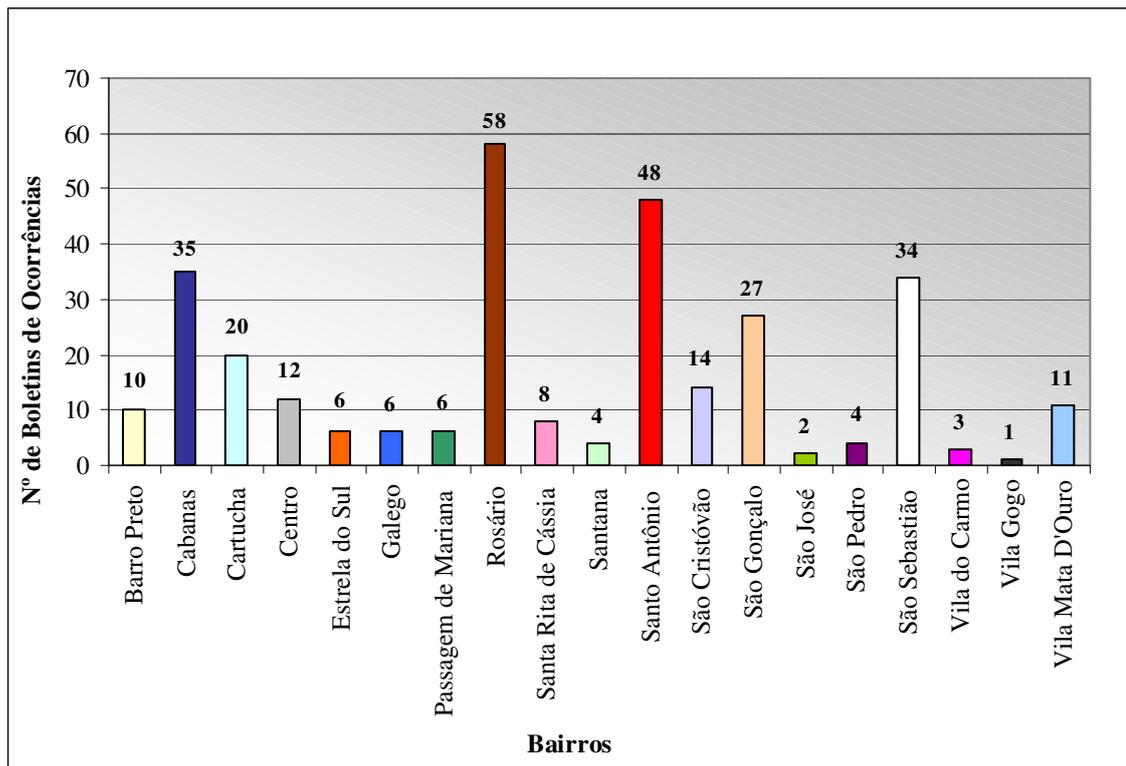


Gráfico 7.3 – Distribuição dos laudos de vistoria das áreas de risco do Município de Mariana de 1997 a 2003.

Dentre os bairros com maior incidência de ocorrências pode-se destacar: os Bairros Cabanas e Cartucha foram implantados sobre o depósito de tálus que ocorre ao sul da cidade, sendo os processos de rastejo, erosão superficial e movimentação de blocos os principais processos geodinâmicos deflagrados. Nos Bairros Rosário e São Gonçalo os escorregamentos em solo e os processos erosivos ocorrem com maior intensidade, condicionados, principalmente, pelos filitos da Formação Barreiro, mas com uma forte influência antrópica (cortes e aterros). Já nos Bairros Santo Antônio e São Sebastião foram observados problemas de inundação, nas áreas ocupadas da planície aluvial do Ribeirão do Carmo, bem como processos erosivos e escorregamentos localizados nas porções mais elevadas.

#### 7.4 TIPOLOGIA DOS PROCESSOS GEODINÂMICOS SUPERFICIAIS

A análise e diferenciação dos principais problemas de natureza geológica-geotécnica, na área da sede, tiveram como base a observação de uma série de aspectos,

tais como, tipo de material (rocha, solo residual, colúvio, tálus, aterro, lixo, etc.), características geológico-geotécnicas do material (litotipo, foliação, fraturamento, grau de alteração, coesão, erodibilidade, textura, etc.), morfologia da encosta (declividade e forma), uso e ocupação do solo (densidade de ocupação, interferência nas redes de drenagem, operações de corte e aterro) e feições e indicativos de movimentação dos terrenos (trincas, degraus de abatimento, feições erosivas e cicatrizes de escorregamento, estruturas deformadas, infiltrações, elevação do nível de água etc), com o propósito de se definir a susceptibilidade de ocorrerem processos geodinâmicos. Os processos geológicos mais comuns observados na área urbana de Mariana estão sintetizados na tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Processos Geodinâmicos Atuantes no Município de Mariana

| PROCESSO                        | TIPO   | SIMBOLOGIA | FATORES   |
|---------------------------------|--|------------|---|
| <i>Movimentos de Massa</i>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escorregamento – <b>Me</b></li> <li>▪ Rastejo – <b>Mr</b></li> <li>▪ Corrida - <b>Mc</b></li> <li>▪ Queda de bloco - <b>Mq</b></li> </ul> | <i>M</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Descontinuidades</li> <li>▪ Grau de alteração</li> <li>▪ Relações de contato</li> <li>▪ Declividade</li> </ul> |
| <i>Erosão</i>                   |  | <i>E</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Morfologia da encosta</li> </ul>   |
| <i>Inundações e alagamentos</i> |  | <i>I</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Assoreamentos</li> <li>▪ Ocupação das planícies aluviais</li> </ul>  |

#### 7.4.1 ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS E TRANSLACIONAIS

Os escorregamentos são movimentos rápidos de curta duração, com superfície de ruptura bem definida, que permite a distinção entre material escorregado daquele que não se movimentou. Geralmente são divididos em translacionais e rotacionais, levando-se em consideração a forma da superfície de ruptura e o tipo de material em movimento. Dentre os movimentos de solos e rochas, os escorregamentos são os de maior alcance na área da sede. Ocorrem, principalmente, na unidade morfológica colinas e na interface desta com a unidade relevos escarpados, com declividades superiores aos 25%, onde predominam as coberturas coluvionares e/ou a transição brusca do solo residual imaturo para o substrato rochoso.

Os movimentos rotacionais possuem uma superfície de ruptura curva, côncava, ao longo da qual se dá um movimento rotacional da massa de solo, típicos de solos homogêneos dotados de coesão nos horizontes superficiais. Entretanto, os volumes de material mobilizados tendem a ser pequenos. Nas áreas de transição entre os solos residuais ou de cobertura com o substrato rochoso, o escoamento de águas sub-paralelo à superfície de contato constitui fator agravante a instabilidade, fato este verificado no talude da Avenida Nossa Senhora do Carmo, com expressiva mobilização de material. O início do movimento está muitas vezes associado a cortes na base desses materiais, sejam eles artificiais, como na implantação da MG-129 no Bairro São Cristóvão, ou mesmo naturais, originados, por exemplo, pela erosão fluvial no sopé da encosta.

Os movimentos translacionais possuem uma superfície de ruptura com forma planar a qual acompanha, de modo geral, descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. A intercalação de materiais com resistências diferenciadas, onde as estruturas planares mais importantes (xistosidades e contatos litológicos) encontram-se desconfiadas, condiciona movimentos planares naturais com mobilização de grandes volumes de material. Os litotipos mais susceptíveis a estes processos na sede são os filitos da Formação Barreiro, os quartzitos sericíticos da Formação Cercadinho e, secundariamente, os filitos do Grupo Sabará. Em Mariana as principais áreas susceptíveis à ocorrência destes processos geodinâmicos estão nos Bairros São Cristóvão, Rosário, Vila do Carmo e Galego.

#### *7.4.2 QUEDA E ROLAMENTO DE BLOCOS*

Os processos geodinâmicos de queda e rolamento de blocos são movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rochas caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento. São favorecidos pela presença de descontinuidades na rocha, tais como fraturas e bandamentos composicionais, assim como pelo avanço dos processos de intemperismo físico e químico. Ocorrem nas encostas íngremes da escarpa rochosa da Serra do Itacolomi e contribuem decisivamente para a formação do depósito de tálus a jusante.

Estão restritos a região sul da área urbana, englobando os Bairros Santa Rita de Cássia, Cabanas, Cartucha, São José, que se desenvolveram neste setor da malha

urbana, inseridos na cabeceira da bacia hidrográfica do Córrego do Seminário. Condicionam a intensidade do fenômeno à declividade acentuada do terreno (> 45%) e o estado de semiconfinamento do maciço quartzítico fraturado.

#### *7.4.3 RASTEJOS*

Os processos de rastejo são movimentos lentos e contínuos de material das encostas, envolvendo muitas vezes grandes volumes de solos, sem que apresente uma diferenciação visível entre o material em movimento e o material estacionário. Podem ocorrer tanto em materiais de alteração como em depósitos de cobertura. São constatados através do aparecimento de trincas no terreno e árvores inclinadas e ocorrem tanto por processos naturais, quanto por causas antrópicas. Na área de estudo estão relacionados ao depósito de tálus, face as suas características, como por exemplo, no final da Rua da Cartucha, no Bairro que leva o mesmo nome e na Rua Astolino Barbosa, no Bairro Vale Verde, onde os movimentos de rastejo são freqüentes.

#### *7.4.4 CORRIDAS*

As corridas (ou fluxos) são movimentos rápidos e estão geralmente associadas à concentração excessiva dos fluxos de água superficiais e deflagração de um processo de fluxo contínuo de material terroso (caráter hidrodinâmico). Muitas vezes, a origem de uma corrida deve-se a vários escorregamentos na vertente de um vale. Na história recente de ocupação do Município este processo possui pouca expressão no que se refere à intensidade dos eventos. Podem ocorrer, principalmente, restritos aos vales encaixados, dependendo da energia do evento pluviométrico deflagrado. Entretanto, embora estes vales estejam em sua maioria fora da área urbana do Município, sua caracterização é importante face os efeitos catastróficos que tais eventos podem proporcionar.

#### *7.4.5 INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS*

Os processos de inundação e alagamento são fenômenos complexos porque dependem de uma associação de fatores, destacando-se entre eles o climático, o fisiográfico, o geológico e o antrópico. Em Mariana as principais áreas susceptíveis a

inundação são as planícies do Ribeirão do Carmo, do Córrego do Seminário e do Córrego Canela, englobando parte do Centro Histórico, o Bairro Santo Antônio e o Bairro São Sebastião.

Segundo Sobreira (2000), a susceptibilidade ao risco está condicionada a natureza das drenagens e das planícies e a estruturação geológica em nível regional. Entretanto, a alteração nas capacidades de vazão nestas drenagens, seja em decorrência do assoreamento pelas atividades de mineração e garimpo nos séculos passados, seja pela diminuição das planícies de inundação por motivos de ocupação e execução de aterros, têm tornado mais freqüentes as inundações, mesmo para níveis de precipitação menores.

Geralmente são processos mais lentos e contínuos, que permitem à população, pelo menos, tomar providências tais como a remoção dos principais móveis e pertences e o deslocamento para locais mais seguros. Entretanto, a falta de planejamento para o crescimento do município e a contínua ocupação das planícies aluviais, tem agravado os problemas referentes a estas áreas, diminuindo cada vez mais a previsibilidade da magnitude deste fenômeno e, conseqüentemente, aumentando cada vez mais o risco existente. No período de chuvas de dezembro de 2003 a janeiro de 2004 foi possível acompanhar em campo a evolução deste processo, bem como a extensão do mesmo, comprovando a delimitação proposta no mapa geoambiental elaborado.

#### *7.4.6 EROSÃO LINEAR*

Os processos erosivos caracterizam-se pela velocidade sazonal variável e pela influência direta das atividades antrópicas. Comumente estão relacionadas a episódios de escorregamentos. A fisiografia da área determina a vulnerabilidade ao escoamento superficial e o poder erosivo do mesmo. As características geológico-geotécnicas dos materiais determinam o grau de erodibilidade dos terrenos. A associação dos dois fatores condiciona a instalação dos processos erosivos. Em Mariana, tais processos estão relacionados, principalmente, à remoção da cobertura vegetal e a concentração do escoamento superficial. Os horizontes mais superficiais das Formações Barreiro e Cercadinho são os que têm maior susceptibilidade a abrigarem tais processos, fato este

verificado na Avenida Nossa Senhora do Carmo e nos Bairros Santo Antônio, São Sebastião e alto do Rosário.

## **7.5 OCUPAÇÃO RECENTE E SUAS PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS**

A partir da segunda metade da década de 70, o impulso econômico gerado com a instalação de companhias de mineração no Município de Mariana promoveu uma considerável expansão da malha urbana da sede, com a implantação de vários bairros como Santo Antônio, Samitri, Rosário, Galego, Cabanas, Vila do Carmo, São Cristóvão, Maquiné etc. Entretanto, o avanço ocorreu de maneira desordenada e as diversas formas de uso e ocupação tem contribuído intensamente para o surgimento de situações problemáticas, através da alteração das paisagens, ocupação de áreas naturalmente susceptíveis a processos geodinâmicos (zonas alagáveis ou sujeitas a inundações, encostas naturais anteriormente preservadas e terrenos com más características geotécnicas ou com fortes declives), desmatamentos, alterações dos cursos das drenagens, contaminação e poluição das águas fluviais, cortes inadequados, aterros lançados, lançamentos de águas provocando erosão, etc., potencializando a deflagração de processos geodinâmicos, bem como, a indução de situações de risco a propriedade e população. Este quadro permanece até os dias de hoje e após tantas intervenções antrópicas a Sede do Município de Mariana apresenta problemas generalizados, convivendo constantemente com situações de risco.

Algumas avaliações de risco pontuais envolvendo processos geodinâmicos foram executadas em algumas das principais áreas da sede do Município de Mariana (Anexo 1) e algumas áreas de ocupação recente chamam a atenção pela situação mais crítica e pelos conseqüentes riscos gerados:

O Bairro São Sebastião localiza-se no setor nordeste da área urbana e possui dois setores distintos. A parte baixa do bairro esta situada na planície de inundação do Ribeirão do Carmo, tendo como principal problema as constantes inundações, principalmente nas Ruas Ônix, Diamante, Rubi e Turquesa. As ocorrências de enchentes em janeiro de 2003 confirmam o relatado. Além de inadequada, a ocupação da planície do rio dificulta qualquer projeto urbanístico ou de combate à inundação.

O Bairro Santana embora possua uma malha urbana bem consolidada, caracteriza-se por se localizar na confluência de dois cursos d'água de diferentes bacias (Matadouro e Seminário) com o Ribeirão do Carmo e na planície de inundação deste último. O principal problema geoambiental existente refere-se a inundações e alagamentos em épocas de precipitação elevada, e o assoreamento do leito do Ribeirão do Carmo, contribuindo para a suscetibilidade do local a inundações.

No Bairro Matadouro concentra-se os maiores problemas geoambientais da bacia do Córrego do Matadouro, por estar inserido na planície de inundação do mesmo. Todo o bairro está suscetível a inundações e alagamentos freqüentes, como comprovado nas chuvas de 2003. Nas vertentes íngremes do vale erguem-se barracos e habitações precárias, caracterizando mais uma frente de expansão desordenada na sede.

O Bairro Rosário é um dos mais extensos de Mariana e está inserido geologicamente sobre os filitos da Formação Barreiro. A Rua Perimetral Sucupira está sendo ocupado por um conjunto de casas de baixo padrão, caracterizando o início de uma frente de expansão desordenada. Os cortes executados no filito para a construção das casas são comuns, ocasionando em épocas chuvosas escorregamentos de portes diversos. Os processos erosivos são resultado do direcionamento inadequado das águas pluviais (provocado principalmente por obras hidráulicas mal localizadas e dimensionadas). Além disso, em alguns pontos, vem sendo lançado material proveniente de operações de aterros e entulhos de construção, dando origem a “bota foras” passíveis de serem ocupadas futuramente. No Alto Rosário o quadro é ainda pior, inexistindo arruamento regular, rede de esgoto e de águas pluviais. Durante as chuvas de janeiro de 2003, foram registrados vários escorregamentos na área. As ruas Cerejeira, Ipê e Jequitibá foram afetadas em alguns trechos por grandes movimentos de massa, sendo que algumas casas estão estruturalmente comprometidas, em decorrência do colapso do terreno. Aos fundos da Rua Bonsucesso são freqüentes escorregamentos com registro de danos parciais e totais de algumas residências.

O Bairro Santo Antônio foi implantado na planície de inundação do Ribeirão do Carmo, estendendo-se para as vertentes a montante (em direção ao Bairro São Gonçalo). A infraestrutura urbana é precária com moradias de baixo padrão construtivo. Muitos são os problemas geoambientais, sendo os principais, a suscetibilidade à inundação na

parte baixa e escorregamentos diversos nas vertentes. A montante do bairro, as atividades de mineração desenvolvidas no passado desencadearam processos erosivos acelerados, que a cada chuva geram materiais finos, provocando o assoreamento das ruas e o entupimento de galerias pluviais.

O Bairro Barro Preto tem como principal problema os constantes alagamentos que atingem a Avenida Manoel Leandro Corrêa, Praça Avelino de Souza Vieira e final da Rua Praia do Canela, uma vez que as galerias de drenagem existentes não foram projetadas para receber todo o volume de água proveniente dos Bairros Morados do Sol, Fonte da Saudade, Estrela do Sul e a parte mais nova do Bairro Rosário. Nos últimos anos o problema vem se agravando pelo assoreamento das galerias e obstrução parcial das mesmas por construções irregulares e despejo de lixos e entulhos.

O Bairro São Cristóvão desenvolveu-se às margens do Córrego Canelas ocupando sua planície de inundação e a vertente da margem direita, sendo altamente susceptível a ocorrência de inundações e alagamentos. Caracteriza-se por uma urbanização precária e registro de vários pontos de despejo de esgoto a céu aberto e lançamento de entulhos diversos.

O Bairro Vila do Carmo é resultado da retificação, em 1986, do antigo acesso rodoviário à cidade de Mariana, seguindo parcialmente o traçado do córrego do Catete. Os taludes da margem norte da avenida Nossa Senhora do Carmo são resultado de trabalhos de terraplenagem que envolveu grande movimentação de material terroso e rochoso, com a execução de vários cortes e aterros. Problemas de instabilidade e registros de ocorrências de processos geodinâmicos remontam desde o início de execução das obras e são constantes durante os períodos chuvosos. A jusante do corte foram criados terrenos planos que começaram a ser ocupados imediatamente depois de concluídos os trabalhos, além de desvios, retificações e a canalização da rede de drenagem natural (Córrego Catete). Com a canalização parcial do Córrego Catete, freqüentemente ocorre a extravasão do mesmo, em seu setor canalizado, provocando rupturas da tubulação e o colapso da pista da Avenida Nossa Sra do Carmo. O subdimensionamento da estrutura em relação às vazões possíveis no córrego do Catete acaba por provocar a recorrência do problema a cada período de chuvas. O traçado do

canal no final da Rua do Catete, com duas inflexões em ângulo reto, também contribui para a retenção das águas do córrego, agravando ainda mais o problema.

No Bairro Santa Rita de Cássia, o desenvolvimento de processos erosivos nas vias foi favorecido pela inexistência de pavimentação e rede de drenagem pluvial. No setor sul a ocupação alcançou a base da escarpa rochosa da Serra do Itacolomi, local com alta suscetibilidade a ocorrência de queda de blocos, caracterizando uma área de alto risco.

O Bairro Cabanas, embora também tenha se estabelecido de forma desordenada, conta com melhor infra-estrutura. As situações de risco existentes são pontuais, destacando-se apenas o abatimento de algumas ruas por ocasião de chuvas mais intensas, devido à natureza do depósito de tálus.

No Bairro Vale Verde o principal problema refere-se a Rua Astolino Barbosa, onde ocorrem, freqüentemente, movimentos de rastejo. Entretanto, a área continua sendo ocupada. Outros problemas localizados referem-se a erosões por ravinamento, em ruas e continuidades das mesmas, relacionados à falta de boa infra-estrutura (pavimentação, galerias pluviais).

No Bairro São José a ocupação se deu sem respeitar os domínios do Córrego Cartucha e várias residências ficam submetidas ao risco por ocasião de enxurradas. Parte da Rua José Gomes Sobrinho está sujeita a alagamentos, principalmente próximo à confluência do Córrego Cartucha com a drenagem proveniente do Bairro Vale Verde. Este problema recorre a cada chuva mais intensa, como verificado em janeiro de 2003.

## **7.6 MAPA DE RISCO NA ESCALA 1:5.000**

Para a determinação das zonas de risco e de sua classificação, de acordo com os níveis de evolução dos processos instabilizadores no terreno, foram confrontadas as características físicas, geológicas e geotécnicas da área, com o mapeamento dos agentes instabilizadores presentes (cadastro de escorregamentos e inundações) e das ações antrópicas identificadas como desencadeadoras de situações de risco.

As áreas de risco englobam porções com formas e tamanhos irregulares, com características geológico-geotécnicas e tipologia ocupacional próprias. Abrangem várias

moradias e podem ou não conter pontos de risco de graus diferentes.

A partir do mapa geomorfológico foram compartimentadas quatro zonas para as respectivas avaliações:

- ❶ Áreas planas e vertentes retilíneas ou convexas, bem drenadas, de baixa declividade ( $< 8\%$ );
- ❷ Vertentes retilíneas ou convexas de declividade média ( $8 - 30\%$ ),
- ❸ Vertentes retilíneas ou convexas de alta declividade ( $> 30\%$ ) e côncavas de declividade média ( $8 - 30\%$ ),
- ❹ Áreas planas mal drenadas e vertentes côncavas de alta declividade ( $> 30\%$ ).

Definidas estas zonas, classificou-se para cada uma delas a predisposição à ocorrência dos diferentes tipos de processos que atuam na região de Mariana, através do cruzamento com os mapas de cadastro dos processos geodinâmicos, litoestrutural e geoambiental da área da sede. Foram avaliados como processos de instabilização predominantes o escorregamento de solo/rocha, o rastejo e a corrida de solo, a queda e rolamento de blocos, as feições erosivas e os processos de inundação.

Na integração dos dados não foram adotados procedimentos de ponderação e cruzamento automático, visto que a escala de mapeamento e a extensão da área possibilitaram a verificação dos produtos, na medida que estes foram sendo obtidos. No presente caso, embora haja alguma desvantagem pela subjetividade do julgamento, o nível de detalhe e a repetição das situações compensaram esta deficiência.

Os mapas temáticos anteriormente elaborados e digitalizados (cadastro de ocorrências, geológico e cadastral urbano) foram superpostos para a análise da frequência de ocorrências em cada unidade geológica (Tabelas 7.2 e 7.3). Não foram considerados para efeito de correlação os laudos que indicavam risco de ordem construtiva, ou seja, onde não foram descritos processos geodinâmicos e/ou indicativos de movimentação do terreno, para efeito de análise de risco. Os laudos restantes, cujas descrições abordavam ocorrências e susceptibilidade de deflagração de processos geodinâmicos, foram plotados na forma de pontos, sem a caracterização do tipo de processo instalado.

A correlação entre o ambiente geológico e o cadastro de escorregamentos

ocorreu com o auxílio da ferramenta *AutoCadMap*, facilitando a combinação dos dados e a visualização da distribuição espacial dos escorregamentos e inundações no Município de Mariana.

Tabela 7.2 – Correlação inventário versus processos geológicos

| <b>PROCESSO GEODINÂMICO</b>            | <b>NÚMERO DE OCORRÊNCIAS</b> |
|--|------------------------------|
| Inundação                              | 35                           |
| Indicativos de movimentação do terreno | 34                           |
| Movimentos de massa                    | 208                          |

Tabela 7.3 – Correlação inventário versus unidades geológicas

| <b>UNIDADES GEOLÓGICAS</b> | <b>NÚMERO DE OCORRÊNCIAS</b> | <b>FREQÜÊNCIA DE OCORRÊNCIAS (%)</b> |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Grupo Itacolomi            | 2                            | 0,72                                 |
| Grupo Sabará               | 33                           | 11,91                                |
| Planícies Aluviais         | 36                           | 13,00                                |
| Depósito de Tálus          | 38                           | 13,72                                |
| Depósito Coluvionar        | 55                           | 19,86                                |
| Formação Cercadinho        | 55                           | 19,86                                |
| Formação Barreiro          | 58                           | 20,93                                |

O processo de inundação restringe-se às planícies aluviais e a abrangência destas explica o número de ocorrências realizadas.

Quanto aos escorregamentos, percebeu-se que há uma concentração nos depósitos de encostas, nos domínios de filitos, depósitos coluvionares e de tálus e, principalmente, ao longo das áreas de contato entre as Formações Cercadinho e Barreiro, Formação Sabará e depósito coluvionar.

Entretanto, a influência da ação antrópica como agente potencializador na deflagração de acidentes geológico-geotécnicos é cada vez mais evidente, seja através da escavação de taludes para abertura de vias públicas (Avenida Nossa Senhora do Carmo e Mg-129), seja através da execução de cortes e aterros para construção de residências (Bairros Rosário e Cabanas).

Para a avaliação das intensidades de cada modalidade de eventos e processos ao risco, o produto da correlação entre o ambiente geológico e o cadastro de escorregamentos foi conjugado à ocupação atual dos terrenos, possibilitando a análise dos riscos geológicos para a sede do Município de Mariana (Figura 7.4).

A hierarquização do risco ocorreu a partir da observação relativa de situações de risco, ou seja, a partir da comparação de casos extremos, nas áreas mais críticas onde o risco foi considerado alto, com casos mais amenos, onde não foram observados processos geológicos deflagrados ou em vias de deflagração, sem, entretanto, diminuir a importância dos mapas de declividade, litoestrutural e geoambiental. A partir deste critério foram definidas três classes distintas:

1. Risco Alto
2. Risco Médio
3. Risco Baixo

As áreas classificadas como de risco alto são aquelas que abrangem um grande número de residências, onde o risco é evidente e por vezes iminente. Inserem-se nestas áreas as encostas naturais, em solo e rocha, sujeitas a movimentação e/ou com movimentação deflagrada nos últimos períodos de chuvas e as planícies de inundação. Entretanto, tais situações de risco podem na maioria dos casos, serem eliminadas através da execução de obras que contemplem a urbanização total das áreas mais precárias, como por exemplo, os Bairros Santa Rita, Cabanas, Cartucha e Santo Antônio. As áreas não ocupadas foram classificadas de acordo com a alta potencialidade de ocorrerem processos geodinâmicos.

Em alguns casos, por se tratar de locais inviáveis para a consolidação urbana (áreas de domínios da CEMIG, DER e planícies aluviais), sugere-se a remoção definitiva das famílias e a inserção das mesmas em áreas mais adequadas, através de políticas públicas de reassentamento. Obras de pequeno porte, do tipo contenção, impermeabilização e drenagem, recuperação de vias de acesso e etc., também contribuiriam para solucionar grande parte dos problemas.

As áreas classificadas com de risco baixo são aquelas onde a ocupação é menos densa ou inexistente, parcialmente ordenada e que as características geológico-

geotécnicas são favoráveis, salvo ocorram posteriores intervenções antrópicas inadequadas. Estas áreas abrangem, também, áreas densamente ocupadas com razoável infra-estrutura urbana e boas características geológico-geotécnicas. Nas áreas ocupadas os problemas existentes são passíveis de monitoramento, sendo que pequenas intervenções dos próprios moradores, devidamente orientados, solucionariam de imediato a progressão dos processos geodinâmicos. As áreas desocupadas são as mais adequadas para ocupação urbana, sendo preponderante a fiscalização para impedir ocupações desordenadas.

As áreas classificadas com de risco médio, por sua vez, são aquelas onde o risco geralmente está entre os dois extremos anteriormente descritos. Abrangem locais com características geológico-geotécnicas desfavoráveis, com ocupação esparsa e/ou inexistente, bem como áreas densamente ocupadas, susceptíveis à deflagração de processos geodinâmicos por ativação antrópica, face a caracterização geológica-geotécnica. Para a sede do Município de Mariana, nas áreas ocupadas classificadas como de risco médio, são necessárias algumas intervenções pontuais em parceria com os moradores, tais como, obras de contenção, impermeabilização e drenagem etc., minimizando assim a maioria dos problemas existentes. Nas áreas ainda não ocupadas, sugere-se que só o sejam depois de realizados estudos geológico-geotécnicos que garantam a inserção de moradias no local.

Nas áreas susceptíveis aos processos de inundação, pelo fato destas envolverem um número elevado de residências, o zoneamento foi subdividido tomando-se como base o histórico de ocorrências de inundações no município e à verificação da progressão e abrangência deste processo, a partir de trabalhos de campo executados durante o período de chuvas de dezembro de 2002 a janeiro de 2003. Duas sub-zonas foram caracterizadas:

#### **In – Áreas imediatamente inundáveis**

#### **I – Áreas Inundáveis**

As áreas imediatamente inundáveis são as primeiras áreas a serem afetadas pelos processos de inundação, inclusive quando ocorrem baixas taxas de pluviosidade.

Figura 7.4 – Mapa de Risco

É importante ressaltar que os problemas referentes á deflagração dos processos geodinâmicos se manifestam, principalmente, por ocasião de chuvas mais fortes, que na região ocorrem entre outubro a novembro e fevereiro a março. Entretanto, tais fenômenos já foram observados em outras épocas do ano, podendo-se então considerar que as áreas ocupadas e suscetíveis à ocorrência destes processos estão em risco permanente, embora as preocupações maiores se concentrem no período de chuvas.

Desta forma, o mapa de risco proposto representou um detalhamento do diagnóstico elaborado no âmbito do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana. É um documento fundamental para a análise do uso e ocupação dos terrenos e para a implementação de ações do próprio plano diretor, onde as áreas e zonas não foram assim detalhadas. Sugere-se, então, que o mesmo seja anexado ao escopo do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana, com posterior incorporação na próxima revisão prevista em Lei.

## Capítulo 8

### ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO E SEDE

---

A ordenação urbano-ambiental do município de Mariana teve por pressuposto a necessidade de regulação do espaço territorial, como instrumento de política urbana capaz de garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável na cidade. Ocorreu a partir da percepção das relações existentes entre o homem e o meio ambiente e da análise qualitativa dos resultados derivados da ação deste sobre o meio. No que tange ao desenvolvimento deste trabalho, as informações produzidas sobre o meio físico permitiram a elaboração do diagnóstico do Município e da área da Sede. As análises executadas foram fundamentais para subsidiar tanto o estudo do uso e ocupação do Município, base para o posterior zoneamento ambiental como, também, para a elaboração do mapa geoambiental da área da sede, base para a ordenação do espaço urbano.

A integração das informações da etapa de diagnóstico do meio físico, com os dados referentes ao parcelamento, uso e ocupação do território, áreas de sobreposição dos eixos municipais de desenvolvimento econômico e a necessidade de preservação do patrimônio cultural subsidiou a elaboração de um estudo propositivo de viabilização do desenvolvimento sustentável do Município de Mariana. Os critérios adotados para a elaboração das zonas propositivas ao ordenamento territorial da Sede e do Município, foram definidos pela equipe de consultores do Plano Diretor. O resultado imediato da associação dos dados das etapas de diagnóstico e propositiva foi a elaboração do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana, Lei Complementar 016, promulgada em 02 de janeiro de 2004.

#### 8.1 ZONEAMENTO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO

Para o Zoneamento Ambiental do Município de Mariana, a metodologia adotada para a elaboração e análise das unidades baseou-se em adaptações das metodologias desenvolvidas em Brandt (1994) e Sobreira (1995). Foram cruzadas as informações ambientais contidas nos mapas de uso do solo, de bacias hidrográficas, geomorfológico e de cobertura vegetal, adotando-se a mesma escala empregada nestes mapeamentos (1:50.000).

O zoneamento considerou as particularidades geoambientais e usos atuais, cujo enfoque foi o elemento orientador para a definição das unidades estabelecidas e as proposições de ações. Os limites estabelecidos para cada unidade não devem ser considerados *sensu strictu*, mas sim indicações de regiões ou zonas com características gerais, mas que podem conter certas particularidades locais (Figura 8.1). Entretanto, os resultados das análises permitiram a proposição de diretrizes gerais de ações, a médio e longo prazo, para cada uma das unidades estabelecidas, no que tange à preservação, conservação e/ou melhoria da “qualidade ambiental” destas áreas. Ressalta-se, entretanto, que as indicações propostas devem ser consideradas como ações globais, sem um caráter definidor ou restritivo de usos futuros.

Assim, tomando-se como critérios fundamentais o meio físico, a cobertura vegetal existente, as características gerais dos recursos hídricos superficiais, a tipologia das aglomerações urbanas, o grau de intervenção antrópica e a influência das atividades antrópicas, foram definidas quatro unidades ambientais (zonas) para a área do Município de Mariana.

#### *8.1.1 ZONA DE INTERESSE DE PROTEÇÃO AMBIENTAL*

A Unidade Zona de Interesse de Proteção Ambiental engloba a região centro-oeste e sudoeste do Município, a Serra do Caraça a noroeste e a região de Constantino, a sudeste. Compõem esta unidade todos os relevos de serra e parte dos relevos escarpados do município e os terrenos com atividade antrópica incipiente, onde o meio físico ainda não se encontra muito alterado. O principal elemento para sua definição foi a cobertura vegetal. Predominam os relevos ondulados e suave-ondulados. Dentre as principais características descritas, destaca-se:

- Cobertura vegetal florestal densa ou preservada;
- Recursos hídricos não degradados (inclusive as áreas de cabeceiras);
- Inexistência de aglomerações urbanas;
- Atividades antrópicas rarefeitas;
- Inexistência de atividades impactantes;
- Existência de áreas legalmente protegidas (Parque do Itacolomi, Mata do Seminário).

Figura 8.1 – Zoneamento Ambiental do Município

No âmbito da Lei do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana, dentre as principais indicações para estas áreas, destacam-se os usos futuros restritos a atividades não impactantes e pontuais; a manutenção das características atualmente existentes; a tentativa e o incentivo à recuperação das áreas degradadas ou mal utilizadas; o desenvolvimento de estudos fitogeográficos mais detalhados, buscando a avaliação da cobertura vegetal existente e seu potencial; o incentivo à criação de outras áreas de proteção, inclusive particulares; ações no sentido de desenvolver o turismo ecológico; a exploração sustentável dos recursos naturais e a elaboração de normas restritivas aos usos, em nível municipal.

#### *8.1.2 ZONA DE INTERESSE DE CONTROLE AMBIENTAL*

A Zona de Interesse de Controle Ambiental estende-se ao longo de toda a porção leste do município e em algumas manchas nas porções central e sudoeste. Esta unidade é representada pelas áreas com predomínio de campos e pastagens onde se destaca a atividade de agropecuária. A atividade de mineração, através da extração de pedra sabão e gnaíse, embora pontuais, também são importantes nestas zonas. O relevo distribui-se em suave ondulado, na porção nordeste, ondulado a leste e escarpado na porção sudeste. As principais particularidades que caracterizam esta zona são:

- Cobertura vegetal florestal rarefeita (matas remanescentes de topo, de encosta e galerias), com predominância de campos e pastagens;
- Recursos hídricos em bom estado de conservação ou não muito solicitados;
- Existência de aglomerações urbanas de pequeno porte;
- Existência de atividades antrópicas, principalmente agropastoris;
- Inexistência de atividades com impactos ambientais significativos.

Para esta Unidade o interesse mais imediato é a conservação e manutenção das características geoambientais atuais, sendo passíveis medidas e ações que não tragam maiores degradações ou que reduzam os impactos existentes. Como indicações gerais para estas zonas, segundo a Lei do Plano Diretor, tem-se o incentivo ao desenvolvimento de atividades com impactos controlados; a manutenção da cobertura vegetal florestal existente e incentivo a sua ampliação; a manutenção da qualidade e quantidade das águas; a avaliação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos

existentes, de seu estado de afetação e de seu potencial; a exploração sustentável dos recursos naturais (minerais, solos e águas); o desenvolvimento de estudos que busquem a avaliação do potencial agrícola, da qualidade dos solos e técnicas de melhoria desta; o desenvolvimento de atividades pecuárias com controle ambiental e, finalmente, a elaboração de normas, em nível municipal, que busquem disciplinar os usos atuais e futuros (PDUAM, 2003).

### *8.1.3 ZONA DE INTERESSE DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL*

Ocorrendo predominantemente na porção norte do Município, em exceção da região da Serra do Caraça, a Unidade Zona de Interesse de Reabilitação Ambiental engloba as áreas com uso atual intenso, centrado, principalmente, nas atividades de mineração e monocultura de eucalipto. Caracteriza-se por um relevo suave ondulado e ondulado e as particularidades de maior destaque são:

- Alteração total da cobertura vegetal e dos recursos hídricos, tanto qualitativamente quanto quantitativamente;
- Atividades antrópicas intensas (mineração e silvicultura);
- Possibilidade de reversibilidade dos principais impactos existentes.

Estas zonas, embora com usos muito intensos (mineração e silvicultura) e impactantes em vários níveis, são passíveis de ações que busquem a reabilitação ou o redirecionamento dos usos atuais, uma vez que o quadro existente pode ser revertido em médio e longo prazo. Para tal, necessitam de uma maior atenção no sentido de melhoria das condições ambientais e de normas mais rigorosas no que se refere à implementação de novas atividades e/ou regulamentação das atuais. As indicações gerais propostas no âmbito do Plano Diretor Urbano Ambiental foram a reabilitação dos locais mais degradados, destacando-se entre eles as áreas de mineração; a diversificação de usos nas áreas de monocultura de eucalipto; o desenvolvimento de estudos que busquem definir outros usos adequados no contexto ambiental existente; a avaliação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos existentes, bem como seu estado de afetação e seu potencial; o desenvolvimento de estudos que busquem a avaliação do potencial agrícola, da qualidade dos solos e técnicas de melhoria desta; o desenvolvimento de atividades de silvicultura com planos de manejo que assegurem o controle ambiental; a elaboração de

normas, em nível municipal, que venham garantir a reabilitação das áreas degradadas pelas atividades de mineração e a elaboração de normas, em nível municipal, que busquem disciplinar os usos atuais e futuros.

#### *8.1.4 ZONA DE INTERESSE DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL*

A Unidade Zona de Interesse de Adequação Ambiental compreende todas as aglomerações urbanas representáveis na escala de trabalho. Incluem a sede do município e a maioria dos distritos. O principal critério para a delimitação desta unidade foi o uso (urbano). As tipologias urbanas distintas e variadas e a menor extensão com relação às outras unidades, não impediram a definição de uma unidade em particular. Caracteriza-se pelas intensas atividades antrópicas, pelo grau e densidade de ocupação e alteração ambiental, além da sua importância, visto que abrigam a grande maioria da população do Município. A sede do Município é a principal área e a que apresenta os problemas acima citados mais agravados. As principais características dessas áreas urbanas são:

- Remoção total da cobertura vegetal original;
- Alteração do meio físico (ocupação por edificações, grandes movimentações de terras, ocupações inadequadas, etc.);
- Degradação total da drenagem natural (canalização de cursos d'água, poluição orgânica, ocupação da calha e das margens, lançamento de resíduos e entulhos, execução de aterros, etc);
- Atividades antrópicas intensas, provocando impactos negativos de magnitude elevada (geração de resíduos, poluição, tráfego, etc).

Os níveis de usos (urbanização) e os impactos gerados são diversificados. A sede e as aglomerações dos distritos e sub-distritos caracterizam-se pela desordem urbana e pela degradação ambiental. Nas aglomerações de menor porte estes problemas são de pequena dimensão e facilmente reversíveis. Por outro lado, as aglomerações mais populosas, principalmente na sede, Cachoeira do Brumado e Passagem de Mariana necessitam de controle mais rígido, no sentido da reversão do quadro atual.

Para estas zonas, as indicações gerais foram a manutenção do uso atual, com mudança de postura em relação ao meio ambiente; a elaboração de planos e diretrizes que busquem a ordenação do território urbano e a melhoria da qualidade de vida da população; a elaboração de normas rígidas que garantam o uso mais adequado do meio físico e disciplinem as intervenções públicas e privadas; a implantação de saneamento básico; o levantamento do patrimônio histórico e cultural existente, buscando sua preservação e a implementação de ações que busquem o desenvolvimento econômico, turístico e a sustentabilidade destas áreas.

## **8.2 ORDENAMENTO TERRITORIAL DA SEDE**

O ordenamento do distrito-sede foi resultado do conhecimento da realidade físico-territorial da cidade, considerando as questões ambientais e urbanas. Somou-se a estas questões à identificação das características sócio-econômico-culturais, elaborada no âmbito do Plano Diretor Urbano Ambiental (PDUAM, 2003).

A abordagem exposta optou por uma análise qualitativa do ambiente, levando-se em consideração as atividades desenvolvidas ou passíveis de serem desenvolvidas dentro do perímetro urbano do Distrito Sede. As aptidões de uso e os impactos existentes foram avaliados a partir do conhecimento adquirido nas etapas anteriores do trabalho. Foram definidas apenas as principais capacidades do território e as atividades mais desejáveis ou indesejáveis para cada zona.

Diante do exposto, os critérios adotados para a definição das porções do território com características comuns, devendo ser reguladas segundo diretrizes semelhantes (zonas), foram o ambiente urbano existente, as ações antrópicas sobre o meio e a existência de um patrimônio natural ou cultural preservado, a ser protegido (Figura 8.2).

Algumas parcelas do território indicaram a necessidade de se implantar diretrizes especiais para sua regulação. Em outras áreas são necessárias intervenções prioritárias, através da implantação de projetos urbanísticos com o propósito de adequar o ambiente ao seu uso. Manteve-se como princípio geral o perfil urbanístico atual, no qual predominam edificações horizontais e a utilização do solo para fins urbanos restrita ao perímetro hoje urbanizado e seu entorno imediato (PDUAM, 2003).

Figura 8.2 – Mapa de Ordenamento Territorial da Sede

### *8.2.1 ZONAS DE PROTEÇÃO*

As zonas de proteção são as porções do território que possuem valores culturais, ambientais ou paisagísticos a serem preservados.

#### **8.2.1.1 Zonas de Proteção Cultural**

A zonas de proteção cultural são aquelas onde a ocupação urbana é antiga e consolidada, englobando conjuntos com tipologia setecentista bastante preservados e outros diferenciados, com desenhos e materiais diversos. Abrange a área proposta pelo IPHAN para tombamento do conjunto urbano (redefinição do tombamento, atualmente sem delimitação) e abriga diversos monumentos tombados pela União.

Para este Zona é necessária a implantação de mecanismos que venham garantir a preservação das características urbanas e arquitetônicas setecentistas, principalmente, no que tange à preservação do traçado urbano original, a forma de parcelamento do solo, a tipologia de implantação das edificações nos lotes e a escala volumétrica.

#### **8.2.1.2 Zona de proteção ecológica**

As zonas de proteção ecológica são aquelas onde a cobertura vegetal é expressiva e, principalmente, onde as atividades antrópicas são rarefeitas. São necessárias diretrizes que garantam a preservação da cobertura vegetal e dos recursos ambientais existentes. Para uma melhor regulação dos usos, dentro da zona de proteção ecológica foram individualizadas áreas cujas vocações indicam a necessidade de proteções paisagísticas, ambientais e de valorização ambiental.

As áreas de proteção paisagística são as áreas não ocupadas, vegetadas, que circundam o núcleo urbano, garantindo sua ambiência e a paisagem envoltória. As áreas de proteção ambiental são aquelas que estão inseridas na malha urbana ou adjacente à mesma, garantindo a preservação de recursos naturais, como nascentes e cursos d'água. As áreas de valorização ambiental, por sua vez, são pequenas “manchas” no interior da malha urbana, remanescentes de cobertura vegetal original ou plantada. Não são passíveis de ocupação. São necessárias medidas que garantam a recuperação das áreas

degradadas e a manutenção das demais, dada a importância destes espaços verdes entre grandes massas ocupadas.

### 8.2.2 ZONAS DE CONTROLE URBANÍSTICO

São aquelas onde a ocupação urbana está consolidada e a tipologia urbana é bastante mesclada. Inserem-se, também, as áreas ocupadas pela população de baixa renda, com construções mais precárias. Entretanto, embora sejam supridas por infraestrutura, serviços e equipamentos urbanos, e que algumas áreas não sejam tituladas, não ocupam áreas de risco alto. No PDUAM são indicadas diretrizes que garantam a manutenção e/ou a melhoria das condições urbanas, com parcelamento adequado do solo e a garantia da presença de áreas verdes.

### 8.2.3 ZONAS DE REABILITAÇÃO URBANA E AMBIENTAL

As zonas indicadas para reabilitação, englobam as parcelas do território degradadas, onde se verificam problemas urbanos e/ou ambientais, que necessitam de intervenções específicas para garantia da segurança e da qualidade de vida. São necessárias ações específicas para cada área, que garantam a mitigação dos impactos já existentes, bem como a proibição de usos e ocupações que, porventura, possam comprometer a reabilitação das mesmas. Desta forma na Lei Complementar 016 de 02 de janeiro de 2004, foram individualizadas áreas onde são necessárias intervenções no sentido de melhorar a urbanização atual, áreas onde é preciso implantar políticas públicas de urbanização e as áreas não passíveis de abrigar quaisquer tipos de ocupação.

As áreas de melhorias urbanas possuem ocupação urbana em processo de consolidação, com “qualidade” construtiva das edificações baixa, deficiência na prestação dos serviços públicos e na infra-estrutura urbana. As áreas de urbanização têm por características principais, o fato de abrigar frentes de ocupação urbana recentes e desordenada. Serão necessárias ações corretivas, tais como a redefinição do traçado urbano existente e a relocação das edificações que se encontram em áreas de risco. As áreas consideradas como “*non aedificandi*” são aquelas onde a ocupação humana atual é rarefeita ou inexistente, inadequadas à ocupação para edificação, por se tratarem de áreas caracterizadas como de riscos geológico-geotécnicos altos. Entretanto, são

necessárias ações de fiscalização para evitar a ocupação e garantir sua segurança, com a remoção da população instalada.

#### *8.2.4 ZONA DE URBANIZAÇÃO FUTURA*

Definidas as zonas que devem ser protegidas ou reabilitadas, faz-se necessário indicar as áreas adequadas para o crescimento natural do Município. Estas zonas foram individualizadas a partir dos estudos sobre o meio físico realizados, no que tange ao uso e ocupação atual e à susceptibilidade e risco de ocorrerem processos geodinâmicos. São áreas contíguas à malha urbana, que possuem características geotécnicas e ambientais que as habilitam à ocupação e condições de articulação com o sistema viário existente. Propõe-se na Lei Complementar 016 que sejam indicadas diretrizes para o parcelamento adequado do solo, com suprimento de infra-estrutura, locação de áreas verdes e para equipamentos públicos.

## Capítulo 9

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

Os aspectos geológicos, geomorfológicos e hídricos sempre condicionaram de alguma forma, a ocupação do meio físico. O estudo de ordenamento e planejamento ambiental fundamenta-se no conhecimento dos elementos da natureza geológica, elementos estes que, geralmente, terão influência direta ou indireta nos demais aspectos locais. A caracterização prévia dos terrenos é imprescindível para que se possa determinar as atratividades para suportar os diversos usos, os impactos resultantes destes usos e as medidas que podem ser adotadas para a prevenção dos problemas.

A utilização de produtos de sensoriamento remoto, associada aos trabalhos de campo, permitiu concluir que o uso de fotos aéreas, bases cartográficas, mapas cadastrais municipais e imagens de satélite são importantes instrumentos no planejamento da ocupação do espaço urbano, respeitando os aspectos ambientais. A análise espacial integrada ao trabalho de campo permitiu melhor identificar e selecionar áreas potenciais para expansão urbana, a delimitação de áreas de proteção ambiental e de áreas de preservação permanente.

O uso de técnicas de geoprocessamento digital é imprescindível para todas as atividades que utilizam mapas de variáveis distribuídas no espaço. O programa *AutoCadMap*, utilizado para a conversão das informações para o formato digital, facilitou a digitalização e a edição dos dados existentes em formato analógico, em especial em escalas grandes e no sistema de coordenadas UTM. O uso do programa *Spring* viabilizou a elaboração das cartas de declividades do Município e Sede. O programa *Er Mapper* possibilitou a elaboração do modelo digital do terreno e o tratamento da imagem de satélite da área. Os programas mostraram-se ferramentas eficientes quando usados de forma integrada.

A cartografia das informações referentes ao meio físico, às áreas urbanas, às atividades de mineração, às usinas hidrelétricas e às áreas de proteção ambiental existentes no Município possibilitou a delimitação de 8 unidades principais que retratam o uso do solo atualmente. Percebe-se que as atividades de agropecuária, mineração e de

silvicultura são as mais impactantes, por removerem toda a cobertura vegetal primária, desenvolvendo-se, predominantemente, nas áreas adjacentes aos distritos, sub-distritos e localidades. Entretanto, ao se comparar à extensão da área voltada para esta agropecuária e a representatividade econômica da mesma para o Município, fica evidente uma enorme discrepância e a necessidade da criação de políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável nessas áreas, diminuindo assim a migração do campo para a área da sede de Mariana.

As informações ambientais contidas nos mapas de uso do solo, associadas com as informações referentes a cobertura vegetal existente, as características gerais dos recursos hídricos superficiais, a tipologia das aglomerações urbanas, o grau de intervenção antrópica e a influência das atividades antrópicas foi o elemento orientador para a definição de quatro unidades ambientais (zonas) para a área do Município de Mariana: Zona de Interesse de Proteção Ambiental, Zona de Interesse de Controle Ambiental, Zona de Interesse de Reabilitação Ambiental e Zona de Interesse de Adequação Ambiental. Os resultados das análises permitiram a proposição de diretrizes gerais de ações, a médio e longo prazo, para cada uma das unidades estabelecidas, no que tange à preservação, conservação e/ou melhoria da “qualidade ambiental” destas áreas.

Quanto a área da Sede do Município, o presente trabalho associado a outros anteriormente desenvolvidos (Sobreira, 2000; PDUAM, 2003), acerca das áreas mais problemáticas e dos processos geodinâmicos deflagrados ou em via de deflagração, possibilitou a realização de um zoneamento apontando as áreas mais críticas.

As unidades geológico-geotécnicas Formação Barreiro, Formação Cercadinho, Depósito Coluvionar e Depósito de Tálus são as com maior incidências de ocorrências de movimentos de massa. Os materiais que compõem estas unidades são pouco resistentes à erosão e o comportamento dos mesmos está condicionado ao desconfinamento dos maciços, ao grau de saturação e às relações de contato rocha/depósito de cobertura.

Nos litotipos da Formação Cercadinho os aspectos fisiográficos, litoestratigráficos e estruturais são os fatores relevantes nos mecanismos de instabilização das encostas. As encostas naturais voltadas para NE são em princípio as

que possuem menores estabilidades, dado o desconfinamento das estruturas planares mais importantes (foliação).

Os litotipos da Formação Barreiro afloram na porção central da área estudada e são estruturalmente controlados por algumas famílias de descontinuidades e pela foliação da rocha, cujas atitudes principais são concordantes à inflexão da estrutura antiformal. O fator estrutural controla a estabilidade e o mergulho para SE e NE da foliação principal, aliado aos sistemas de fraturas existentes, fazendo com que ela esteja sempre desconfinada, podendo assim, ocorrer escorregamentos com superfícies de ruptura voltadas para SE e NE. São constantes os problemas relacionados à erosão hídrica, resultantes da baixa taxa de infiltração característica e da concentração inadequada das águas superficiais, e aos escorregamentos, resultantes da intervenção antrópica inadequada através da execução de cortes acentuados e da construção subdimensionada do sistema de drenagem pluvial.

Os litotipos do Grupo Sabará encontram-se em diferentes estágios de alteração e estão comumente recobertos por depósitos coluviais. A permeabilidade é muito baixa e a resistência à erosão moderada. A estabilidade das encostas é controlada, principalmente, pela relação atitude da foliação e grau de alteração da rocha. Nas áreas onde se verifica a exposição direta dos litotipos, ocorre erosão hídrica, com a formação de sulcos e ravinas e escorregamentos em solo e rocha.

Os depósitos coluvionares constituem-se de solos heterogêneos com espessura variável e estão, geralmente, capeando as rochas do Grupo Sabará e da Formação Cercadinho. A fácil escavabilidade do material e o relevo tipicamente suave faz com que estas áreas sejam atraentes para uma eventual expansão da malha urbana. A erosão hídrica, em decorrência da ausência de infra-estrutura urbana (redes pluviais e de esgoto) e os escorregamentos rotacionais, principalmente relacionados à execução de cortes desconfinando os maciços e aterros para construção de moradias são os problemas mais freqüentes.

No depósito de Tálus são comuns processos geodinâmicos do tipo rastejo, queda e rolamento de blocos, além de erosões externas e internas com colapso do material subjacente.

O aumento populacional acelerado e a inexistência de políticas públicas de planejamento urbano contribuíram para o quadro atual de predisposição a situações de risco geológico. Nas áreas mais íngremes e próximas aos talwegues a ocupação é geralmente mais recente e o adensamento é menor. Em contrapartida, nestes locais são sempre deficientes a infra-estrutura viária, de esgoto, água e luz, sendo também mais precárias as edificações. O acúmulo de lixo e entulho nos córregos acaba por reforçar o caráter degradado destas áreas.

As modificações hidrológicas, hidrogeológicas e geomorfológicas (operações de corte e aterro para ampliação de terrenos e instalação de moradias), em especial aquelas decorrentes da ocupação e/ou urbanização, são muitas vezes as principais causas da ativação de processos geodinâmicos, acelerando e ampliando os processos de instabilização. Conclui-se, também, que quanto mais recente é a ocupação, mais sujeita estará a problemas provenientes do risco geológico, devido à falta de investimento em contenções, impermeabilizações, etc, pelos moradores, e pela precariedade de infra-estrutura instalada.

O processo geodinâmico que ocorre com maior frequência no Município de Mariana é o escorregamento de solo, associado, geralmente, a taludes de corte com declividades acentuadas. A caracterização dos processos geodinâmicos (movimentos de massa e inundação) e a integração das informações obtidas em um cadastro de ocorrências permitiram um avanço no conhecimento do comportamento geotécnico dos materiais na área da Sede do Município. Os trabalhos de campo permitiram, também, identificar que as ocorrências de escorregamentos naturais significativos e inesperados é pouco representativo, sendo os mesmos, na sua grande maioria, induzidos e previsíveis.

Quanto a análise da susceptibilidade e riscos aos processos geológicos na sede do Município de Mariana, a metodologia adotada fundamentou-se na técnica do cruzamento de informações cartográficas compiladas e elaboradas, aliada a observações e descrições pontuais de campo. As zonas de risco foram classificadas de acordo com os níveis de evolução dos processos deflagrados, através da confrontação entre as características físicas, geológicas e geotécnicas da área, com o mapeamento dos agentes instabilizadores presentes (cadastro de escorregamentos e inundações) e ações antrópicas identificadas como desencadeadoras de situações de risco. O mapa de risco

elaborado é um documento fundamental para a análise do uso e ocupação dos terrenos e sua elaboração representou um detalhamento do diagnóstico elaborado no âmbito do Plano Diretor Urbano Ambiental de Mariana.

Devido ao quadro existente de risco são necessárias algumas intervenções nas áreas mais problemáticas, sejam elas preventivas, mitigadoras ou corretoras. Tratamento de encostas, estruturas de contenção, retaludamentos, obras de drenagem, saneamento e pavimentação são indicadas para minimização e/ou solução de muitos problemas. Nas áreas onde se constatou risco geológico alto e a execução de obras é inviável para o Município, sugere-se a remoção definitiva das famílias e o reassentamento das mesmas nas zonas propostas para a expansão.

Entretanto, em alguns casos, a convivência com o risco é inevitável, frente a inviabilidade econômica de execução de obras e/ou de reassentamento de moradias. Propõe-se à criação de um Programa Estrutural de Áreas de risco, com profissionais qualificados (Geólogos, Engenheiros Civis, Psicólogos etc.) para a realização de vistorias, elaboração de diagnósticos das áreas de risco e execução de obras de pequeno porte para sanar os problemas mais imediatos. Como Mariana ainda não possui uma guarnição do Corpo de Bombeiros, sugere-se a capacitação da Guarda Municipal do Município e sua atuação como Defesa Civil, vinculada ao Programa Estrutural de Áreas de Risco. Posteriormente faz-se necessário à implantação de um Plano Preventivo de Defesa Civil.

Sugere-se que os mapas elaborados e digitalizados apresentados neste trabalho sejam utilizados para a elaboração de um sistema de informações geográficas, contemplando também as informações sócio-econômicas do Município, a atualização periódica do Cadastro de Ocorrências de processos geodinâmicos e a realização de outros trabalhos buscando analisar as relações entre as precipitações horárias das chuvas e a ocorrência de processos geodinâmicos.

Finalmente, ressalta-se a importância do desenvolvimento deste trabalho, face aos poucos exemplos brasileiros de estudos geoambientais que serviram de base para a definição de uma Lei (Lei 016, de 02 de janeiro de 2004), regendo a ordenação do espaço urbano de um Município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABGE 1995. Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente. Coordenação Omar Bitar. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. IPT. Divisão de Geologia. 247p.
- ABGE 1998. Geologia de Engenharia. Oliveira, A M. S. e Brito, S. N (editores) São Paulo: ABGE/Oficina de Textos. 586p. 1998.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. 1998. Transamazonian Orogeny in The Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*. 90: 29-58.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1977. O Cráton do São Francisco. *R. Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7 (4): 349-64.
- ALMEIDA, F. F. M. 1981. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, 1, Salvador, 1981. *Anais*, Salvador, SBG, p. 1-10.
- AMARAL, C. P. 1996. Escorregamentos no Rio de Janeiro: Inventário, condicionantes geológicas e redução do risco. Departamento de Engenharia Civil, Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro. 269p. (Tese de Doutorado).
- ANON. 1981. Basic Geotechnical of rock masses ISRM. Commission on Classification Rock and Rock masses, *Int J. Rock Mech. Min. Sei. Geomech. Abstr.* 18, p 85 – 110.
- ANTOINE, P. 1975. Carta Zermos. B. R. G. M – S. G. N. – Géologie de l' aménagement du territoire, França.
- ANTOINE, P. 1977. Reflexions sur la Cartographie Zermos et Bitandes expériences en cones. *Bulletin du B. R. G. M (2ª série)*, Section III, nº ½, pp. 9-20.
- ARONOFF, S. 1989. *Geographical Information Systems: A management Perspective*. Ottawa, WDI Publications.
- AUGUSTO FILHO, O. 1994. Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta

- metodológica e sua aplicação no Município de Ilha Bela SP. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica/USP, 168p.
- BASTOS, G.; SOUZA, N. ., DE. 1996. Zoneamento geotécnico geral da região de Feira de Santana-BA. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE. São Carlos-SP. Anais... São Carlos-SP: ABGE, 1996, pp. 87-92.
- BONUCCELLI, T. J. 1999. Estudo dos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos com aplicação na área urbana de Ouro Preto (MG) - escala 1:10.000. Tese de Doutorado. 3 vol. 191p (EESC – USP).
- BRANDALISE, L. A. 1991. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB; Carta Geológica, Carta Metalogenético-Previsional da Folha Ponte Nova (SF.23-X-B-II), escala 1:100.000, Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- BRANDT. 1994. Manual para mapeamento de biótopos no Brasil: base para um planejamento ambiental eficiente/ Cadaval Bedê, et. Al. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt. 180p. 2ª edição.
- BROWN. L. Jr.; FISHER, W. L.; EXLEBEN, A. W.; MCGOWEN, J. H. 1971. Resource Capability Units. Their utility in land-and-water use management with examples form the Texas coastal zone. Geological Circular 71-1, The University of Texas at Austin Bureau of Economic Geology, USA, 22p.
- BURROUGH, P. A. 1986. *Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment*. Oxford, Oxford University Press.
- BURROUGH, P. A. 1990. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Oxford University. 194 p.
- CAMARA, G. 1993. *Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução*. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa.
- CAMARA, G. 1996. Álgebra de Geo-campos e suas aplicações. Smpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.;

- MEDEIROS, C. M. B. 1996. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto de Computação, UNICAMP, 197p.
- CARVALHO, E. T. 1982. Carta geotécnica de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 95p.
- CARVALHO, R. A. G. 2001. Hierarquização de Áreas Submetidas a Movimentos Gravitacionais de Massa e Processos erosivos no Bairro Santa Cruz - Ouro Preto / MG - escala 1:2.000. Dissertação de Mestrado. 2 vol. 165p.
- CENDRERO, A. 1975. Environmental geology of the Santander Bay area. Northern Spain. *Environmental Geology*, Springer Verlag, New York, vol 1, pp. 97-114.
- CENDRERO, A. 1980 – Geología ambiental: bases doctrinales y metodológicas, I Reunión Nac. Geol. Amb. y Ord. Territorio. Santander. vol. Ponencias: pp. 1-62.
- CERRI. 1990. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1990, Salvador, Anais... Salvador, ABGE, v1, pp. 309-317.
- CETEC. 1983. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1v. (série de publicações técnicas, 10).
- CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B. A. 1971. *Physical Geography – a systems approach*. Londres: Prentice-Hall Internacional. 370 p.
- CPRM, 1993. Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Mariana – Folha SF.23-XB-1. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Org. por Orisvaldo Ferreira Baltazar e Frederico Ozanam Raposo. Brasília, DNPM/CPRM. 196 p.
- DERBY, O. A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brasil. *J. Geol. Chicago*, 14(5): 374-401, July/aug.
- DIAZ DE TÉLAN, J. R. 1988. Tipos y metodologias de cartografias ambientales. Serie *Engenharia Ambiental*, Inst. Tecn. Geominero de España, Madrid, pp. 239-257.
- DISPERATI, L.; GUASTALDI, E.; RINDINELLA, A. 2003. Landslide Hazard Prediction in The North – Eastern Apennines (Italy). *Geophysical Research*

- Abstracts, vol. 5, 12401.
- DORR, J. V. N. II; GAIR, J. E.; POMERENE, J. B.; RYNEARSON, G. A. 1957. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero: Brasil, DNPM-DFPM, Avulso, 81, 31p.
- DORR, J. V. N. II. 1969. Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. U. S. Geol. Professional Paper. 641-A. 110p.
- FARRAIA, C. I. L..1989. Subsídios para o ordenamento do Conselho de Vila do Bispo. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. 1996. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 123-194.
- FRANCÉS, E.; DIAZ de TERÁN, J. R.; CENDRERO, A. (1990) – La aplicación de la cartografía geoambiental al diagnóstico de unidade territoriales: estabelecimento de directrizes de ordenacion. Livro de Homenagem ao Prof. Carlos Romariz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, pp 377-402.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. 1975. Plano de Conservação, Valorização e Desenvolvimento de Ouro Preto e Mariana. (Relatório Síntese). Belo Horizonte.
- GODFREY, A. E. 1977. A physiographic approach to land use planning. En: Environmental Geology, vol. 2, núm. 1, pp. 45-50.
- GRANT, K. 1974. The Puce programme for terrain calculation for Engineering Purpose – part2 procedure for terrain classification – tech paper nº 19, CSIRO Div. App. Geomechanics.
- GUIMARÃES, D. 1931. Contribuição à Geologia do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro, SGMB. 36P. Boletim 55.
- HIGASHI, R. R.; DIAS, R. D.; MARTINS, K. P. 2002. Utilização de um SIG no Desenvolvimento de um Banco de Dados Geotécnicos do Norte do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE

- ENGENHARIA E AMBIENTAL, 10º, Ouro Preto, Anais (CD-ROM).
- HUMBERT, M. 1977. La Cartographie en France des Zones esposes à des risques liés aux mouvemnts du sol, Carte Zermos – proceedings Symp. Int. Ass. Eng. Geology, Prague.
- IAEG. 1976. Engineering geological maps: a guide to their preparation. Paris: Unesco Press. 79 p.
- IBGE 1986. Censo demográfico brasileiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE 1996. Censo demográfico brasileiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE 2000. Censo demográfico brasileiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IPT. 1991. Manual de Ocupação de Encostas. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas. (publicação IPT nº 1831).
- JIANG, X.; LEI, M.; YU, L. 1994. The application of GIS to the evaluation of karst collapse. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAEG, 7, 1994, Lisboa, Portugal. Anais...Lisboa: IAEG, pp. 4575-4579.
- JORDT EVANGELISTA, H. J. 1984. Petrologische Untersuchungen im Gebiete zwischen Mariana und Ponte Nova, Minas Gerais, Brasilien. Clausthal-Aellerfeld, 183p. (Tese de Doutorado).
- LADEIRA, E. A. 1980. Metallogenesis of gold of the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. (Tese de doutorado, University of Western Ontario), s. e., 272p.
- LOPEZ CADENAS, F.; BLANCO, M. 1976. Hidrologia Forestal. ETS Ing. De Montes, Madrid.
- LUTTIG, G. 1975 – Geoscience and the potential of the natural environmental. In: Geoscientific Studies and the Potential of Natural Environmental. Ddeustche UNESCO-KOMMISSION, German, pp. 28-40.

- MARSHAK, S.; ALKIMIM, F. F. 1989. Proterozoic extension/contraction tectonics of the southern São Francisco Craton and adjacent regions Minas Gerais, Brazil. A kinematic model relating Quadrilátero Ferrífero, São Francisco Basin and Cordilheira do Espinhaço, *Tectonics*, 8(3): 555-571.
- MARSHAK, S.; ALKIMIM, F. F.; JORDT EVANGELISTA, H. J. 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of the dome and keel structure in archaean granite-greenstone terraine. *Nature* V. 357, p. 491-493.
- MASSON, M. P. Busquet et C. Allet 1990 – Application d'une cartographie géoenvironnementale au littoral du roussillon, *Proceedings, VI Int. Congr., I.A.E.G. Vol. 1 Amsterdam: pp. 195-203.*
- MEIRA, A. D. 1996. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas (GEOGIS) e sua Aplicação ao Distrito de Cachoeira do Campo (Ouro Preto-MG). Viçosa, MG, UFV. Vol1. 124p. (Dissertação de Mestrado).
- MINEROPAR. 1994. Mapeamento geológico-geotécnico da região do Alto Iguaçu. Curitiba: Convênio 04/93 Mineropar/Comec.
- MOPT 1992 – *Guia para la elaboracion de estudios del medio fisico*. Centro de Estudios de Ordenancia del Territorio y Medio Ambiente – Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, Madrid.
- MOREIRA, E. C. 1993. Uma Análise da Automação no Processo de Mapeamento Geotécnico. São Carlos, SP, Escola de Engenharia de São Carlos-USP, vol 1. (Dissertação de Mestrado).
- NALINI JR., H. A. 1993. Análise estrutural descritiva e cinemática do Flanco Sul e terminação periclinal do Anticlinal de Mariana e adjacências, região sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte. 132p. (Dissertação de Mestrado, IGC/UFMG).
- NBR 6459 (1984). Solo – Determinação do limite de Liquidez. Método de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, 6p.
- NBR 6508 (1984). Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. Método de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas,

- ABNT, Rio de Janeiro, 8p.
- NBR 7108 (1984). Solo – Determinação do limite de Plasticidade. Método de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, 3p.
- NBR 7181 (1984). Solo – Análise Granulométrica. Método de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, 15p.
- NBR 10838 (1984). Solo – Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas, com emprego da balança hidrostática. Método de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, 4p.
- PDUAM. 2003. Relatório Diagnóstico de Mariana. Equipe Consultora do Plano Diretor Urbano-Ambiental de Mariana. Inédito. 350p.
- RADAMBRASIL. 1983. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. 780p.
- RAGOZIN, A. L. 1994. Basic principles of natural hazard risk assessment and management proceedings, 7th International Congress of Engineering Geology, Lisboa, vol III, pp 1277 – 1286.
- RAMALHO, G. G. C. 1994. Mapeamento Geotécnico de Viçosa com Uso de Sistema de Informações Geográficas. Viçosa, MG, UFV. Vol 1. 110p. (Dissertação de Mestrado).
- RAMOS, A. *et al.* 1979. Planificación física y ecología. Modelos y Métodos. Edit. Magisterio Español, S. A. Madrid, 216 p.
- RAPOSO, F. O. 1991. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB; Carta Geológica, Carta Metalogenético – Previsional da Folha Rio Espera (SF.23 – X – B – IV), escala 1:100.000, Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- REIS, J. C. 1995. Proposição metodológica para estudo e mensuração do processo de assoreamento de reservatórios, utilizando sistema de informações geográficas. Viçosa, MG, UFV. 119p. (Dissertação de Mestrado).
- RODRIGUES, M. 1988. Geoprocessamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS CARTÓGRAFOS, 5. Presidente Prudente. Anais... Marília:

- Gráfica da UNESP, V.1, pp. 44-60.
- RODRIGUES, M.; QUINTANILHA, J. A. 1991. A seleção de software SIG para gestão urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 15., São Paulo. Anais... São Paulo, SBC, 1991, Vol.3, p. 513-9.
- SALAROLI, I. S. 2003. Movimentos de Massa no Município de Vitória – ES: Inventário, Caracterização e Indicativos de um Modelo Comportamental. Vitória, ES, UFES. Vol11. 148p. (Dissertação de Mestrado).
- SCHORSCHER, H. D. 1978. Komatiitos na estrutura “Greenstone Belt”, Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: XXX Cong. Bras. Geol., Recife, 1978. Res. Com., SBG, pp. 292-293, bol. 1.
- SILVA, J. T. G. 1990. Preliminary engineering geologic maps of Belo Horizonte, São Sebastião das Águas Claras, Nova Lima e Santa Luzia Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Máster Engineering – Colorado School of Mines, Colorado, USA. 147p.
- SOBREIRA, F.G 1995. Estudo Geoambiental do Concelho de Sesimbra. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. 347p. (Tese de Doutorado).
- SOBREIRA, F. G. 2000. Estudo Geoambiental da Área Urbana de Mariana: Ocupação do Meio Físico e Análise de Riscos Geológicos. DEGEO/UFOP.
- SOUZA, C. R. de G.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M. J.; TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; HOLL, M. C. 2000. A Cartografia Geotécnica no Sistema Integrador de Informações Geoambientais para a Zona Costeira de São Paulo (PROJETO SIIGAL).
- STEINITZ, C. *et al* 1975. The Santa Ana River Basin: An example of the use of computer graphics in regional plan evaluation. Report submitted to the: U. S. Army Engineer Institute for Water Resources (Fort Belvoir, Virginia). Steinitz Rogers Associates Inc., 291 p.
- TAGLIANI, C. R. A. 2000. Utilização de Um Sistema de Informações Geográficas para o Planejamento Ambiental em Rio Grande, RS-Brasil. Pesquisas em Geociências. Vol 27. n1. pp. 3-13.
- TEIXEIRA, A. L.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. 1992. *Introdução aos*

- sistemas de informação geográfica*. Rio Claro: Ed. do Autor.
- THALWEG. 1996. Execução de Mapeamento de Risco de Acidentes Associados a Escorregamentos nas Encostas do Morro da Serrinha, Rio de Janeiro – RJ. Relatório Técnico Final.
- VAN WESTEN, C. J. 1993. Training Package for Geographic Information System in Slope Instability Zonation. ITC, Publication nº 15.
- VAN WESTEM, C. J.; RENGERS, R.; SOETERS, R.; TERLIEN, M. T. J. 1994. An engineering geological GIS data base for mountainous terrain. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAEG, 7, 1994, Lisboa, Portugal. Anais...Lisboa: IAEG, pp. 4467-4475.
- VARGAS, M. 1978. Introdução à Mecânica dos Solos. São Paulo: McGraw – Hill/Edusp. 509p.
- VIEIRA. V.; CALIJURI, M. L.; MARQUES, E. A. G.; MEIRA, A. D. 2000. Caracterização preliminar do uso do solo na área urbana de viçosa (MG), Brazil. Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia. Nº 90, novembro de 2000. pp. 77-88.
- XAVIER-DA-SILVA, j.; SOUZA, M. 1987. *Análise ambiental*. Rio de Janeiro: Ed. da UFRJ.
- XAVIER-DA-SILVA, J. 2001. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro. 228p.
- WOLSKI, M. S.; ORTH, D. M.; DIAS, R. D. 1998. Contribuição à Cartografia Geotécnica de Grandes Áreas com o uso de Sistemas de Informações Geográficas: Uma Aplicação à Região do Médio Uruguai (RS). In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 3º, Florianópolis, ABGE/UFSC. Anais (CD-ROM).
- ZUQUETTE, L.V. 1987 - Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e proposta Metodológica para as condições Brasileiras -Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 3v.

## ANEXO I

A Tabela a seguir sintetiza as avaliações de risco envolvendo processos geodinâmicos, executadas em algumas das principais áreas da sede do Município de Mariana. As propostas para minimização e/ou mitigação dos problemas estão no escopo do Plano Diretor Urbano Ambiental do Município.

Tabela anexo 1 – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 1   |
|--|
| <b>Endereço:</b> Rua Lucy de Moraes, Bairro Matadouro.   |
| <b>Caracterização do Local:</b> Moradias construídas na calha do córrego e na baixa encosta.   |
| <b>Caracterização das Edificações:</b> Casas de Alvenaria, precárias e insalubres.   |
| <b>Processos Geodinâmicos:</b> Antigos e suscetibilidade a inundação, solapamento, erosão e escorregamentos superficiais.  |
| <b>Considerações:</b> Como já verificado, em eventos pluviométricos com maior intensidade, ocorre consideravelmente o aumento da vazão do córrego e à inundação da área. O fenômeno pode ser deflagrado rapidamente, cuja intensidade pode destruir e/ou arrastar as moradias. O nível de susceptibilidade de risco é alto. Há, também, a predisposição de ocorrerem escorregamentos superficiais, processos erosivos e solapamentos na baixa encosta.   |
| <b>Propostas:</b> Considerando-se as características do local, propõe-se a retirada das famílias e o remanejamento das moradias. Deve haver uma intervenção no local, com inserção de vegetação e pequenas medidas corretivas de processos erosivos e escorregamentos, não sendo aconselhável qualquer outro uso que não contemple sua preservação (área de lazer, por exemplo). A fiscalização da área se faz necessário, para que não ocorram novas ocupações, aumentando o número de famílias em risco. |

Tabela anexo 1 (Continuação) – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 2   |
|--|
| <b>Endereço:</b> Ruas Sumidouro e Ribeirão, Bairro Santa Rita.   |
| <b>Caracterização do Local:</b> Relevo de rampa, declividade entre 8 e 30%. Depósito de cobertura do tipo Tálus, imediatamente a jusante da escarpa rochosa da serra do Itacolomi.   |
| <b>Caracterização das Edificações</b> Casas de alvenaria, não estruturadas, precárias e insalubres. Barracos de lona e madeirite.  |
| <b>Processos Geodinâmicos:</b> Queda e rolamento de blocos da escarpa rochosa da serra do Itacolomi.   |
| <b>Considerações:</b> A ocupação desordenada e irregular se estendeu em direção ao sopé da escarpa. A avaliação do local comprova a recorrência do processo, com descrição de blocos com até dez metros de comprimento. A área foi caracterizada como de risco geológico-geotécnico alto.  |
| <b>Propostas:</b> Faz-se necessário a retirada das famílias e das moradias, reabilitação ambiental do local (vegetação e pequenas medidas corretivas de drenagem) e execução de barreiras protetoras (tela grampeada, cortinas vegetais ou muros de coleta) para dar maior segurança às casas mais distantes. Não é aconselhável qualquer outro uso que não contemple apenas a preservação do local. |

| ÁREA 3   |
|--|
| <b>Endereço:</b> Trecho da Rodovia MG 129 (jusante), Bairro São Cristóvão; Trecho da rua das Rosas (a montante), Bairro Jardim dos Inconfidentes.  |
| <b>Caracterização do Local:</b> Talude de corte para implantação da rodovia MG 129. Área de contato entre os filitos do Grupo Sabará e o depósito de cobertura coluvionar. A Rua das Rosas a montante do talude não é pavimentada não havendo sistema para drenagem pluvial. |
| <b>Caracterização das Edificações:</b> As residências foram construídas às margens da MG 129, com projeto e execução da Prefeitura Municipal de Mariana, em administrações anteriores. Casas de alvenaria, populares.  |

Tabela anexo 1 (Continuação) – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 3  |
|---|
| <p><b>Processos Geodinâmicos:</b> Escorregamento em solo e rocha (filito alterado) no talude aos fundos das casas implantadas às margens da MG 129. Indicativos de movimentação dos terrenos, tais como trincas de até cinco centímetros, degraus de abatimento, feições erosivas e cicatrizes de escorregamentos.</p>  |
| <p><b>Considerações:</b> O evento é recorrente, já tendo sido feitas intervenções (muro de contenção na base, retaludamento e canela de crista) recentes, que não resolveram o problema. Sete residências as margens da MG 129 estão na área de influência do escorregamento. O risco geológico-geotécnico é alto, considerando os condicionantes dos movimentos de massa e o volume de material envolvido. Na Rua das rosas uma residência já se encontra comprometida e atualmente está abandonada.</p> |
| <p><b>Propostas:</b> Para solucionar o problema, sem a retirada das famílias, será necessário executar uma obra estrutural. Entretanto, deve avaliar o custo da intervenção por obra, comparativamente ao valor necessário para se executar o remanejamento das famílias. Propõem-se, entretanto, a segunda solução e posteriormente a alteração da geometria do talude para evitar que eventuais escorregamentos atinjam a rodovia.</p>  |
| ÁREA 4  |
| <p><b>Endereço:</b> Trecho da rua Ipê, Bairro Rosário.</p>  |
| <p><b>Caracterização do Local:</b> Encosta de aterro com afastamento da crista de 2 a 3m. Filitos da Formação Barreiro, desconfinados. Em alguns pontos verifica-se lançamento de aterro. A declividade varia de 30 a 50%. Presença de vegetação rasteira e de grande porte.</p>  |
| <p><b>Caracterização das Edificações:</b> Casas de alvenaria.</p>   |
| <p><b>Processos Geodinâmicos:</b> Indicativos de movimentação do terreno (trincas) e cicatrizes de escorregamentos (superfície de ruptura). Os processos de escorregamentos de solo são recorrentes em épocas chuvosas, sendo suas últimas manifestações principais em 1997 e 2003.</p>   |

Tabela anexo 1 (Continuação) – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 4  |
|---|
| <p><b>Considerações:</b> Três residências foram afetadas estruturalmente e existem indicativos de movimentação do terreno nos fundos de outras residências da mesma rua. Caso o movimento se intensifique, várias residências podem ficar em situação de risco.</p>   |
| <p><b>Propostas:</b> Propõe-se a realização de estudos geotécnicos mais detalhados, para subsidiar uma solução técnica e econômica, visando a recuperação da área. Uma residência, já está totalmente comprometida sendo necessária a remoção da família e à demolição da moradia. No caso de realização de obra estrutural corretiva propõe-se que se mantenha o uso atual, residencial.</p>   |
| ÁREA 5  |
| <p><b>Endereço:</b> Rua Bonsucesso, Bairro Rosário.</p>   |
| <p><b>Caracterização do Local:</b> Área com declividade acentuada (30-50%). Contato entre os filitos da Formação Barreiro e os quartzitos/filitos da Formação Cercadinho.</p>   |
| <p><b>Caracterização das Edificações:</b> Casas de alvenaria, antigas.</p>  |
| <p><b>Processos Geodinâmicos:</b> São freqüentes os escorregamentos em solo e rocha.</p>  |
| <p><b>Considerações:</b> Várias residências estão em situação de risco, afetadas por movimentos de massa recentes. Associa-se aos escorregamentos, áreas com lançamentos de aterro/lixo e entulho.</p>  |
| <p><b>Propostas:</b> Realização de estudos geotécnicos mais detalhados para a avaliação da viabilidade técnica e econômica visando a recuperação das moradias. Caso seja inviável esta recuperação, as moradias deverão ser demolidas e as famílias remanejadas. Os terrenos não podem receber quaisquer usos que não contemplem a reabilitação ambiental do local. Caso seja realizada obra estrutural corretiva, uso residencial.</p> |

Tabela anexo 1 (Continuação) – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 6  |
|---|
| <b>Endereço:</b> Av Nossa Senhora do Carmo, Bairro Vila do Carmo.   |
| <b>Caracterização do Local:</b> Talude com aproximadamente 500 m de comprimento ao longo da Av. Nossa do Carmo. Ocorrem filitos do Grupo Sabará e da Formação Barreiro e depósitos superficiais coluvionares.   |
| <b>Caracterização das Edificações:</b> Residências com dois, três, ou quatro pavimentos.  |
| <b>Processos Geodinâmicos:</b> Ocorrências de escorregamentos rotacionais e translacionais, rastejos e processos erosivos acelerados (ravinamento). Existem indicativos de movimentação do terreno, tais como trincas no terreno, nas moradias, cicatrizes de escorregamentos, degraus de abatimento e feições erosivas. Para agravar a situação dois agentes potencializadores são descritos: Escavações na encosta e inserção de bananeiras.  |
| <b>Considerações:</b> A obra de abertura e implantação da avenida modificou a morfologia da encosta com a criação de um talude de grandes dimensões. A ocorrência dos processos geodinâmicos descritos é recorrente a cada chuva, com atingimentos parciais nas edificações localizadas a jusante. Algumas estão comprometidas, principalmente, aquelas que se estenderam para mais próximo da base da encosta através da execução de cortes. Os materiais carreados pelas águas pluviais se depositam na avenida e provocam transtornos diversos, como o entupimento das galerias pluviais.  |
| <b>Propostas:</b> Realização de estudos geotécnicos mais detalhados, para uma melhor avaliação do comportamento geotécnico do material, bem como as relações de contato entre as Formações Barreiro, o Grupo Sabará e os depósitos de cobertura. Uma obra corretiva, tratando toda a encosta, provavelmente só será possível no caso do Município realizar uma parceria com o Estado. Entretanto, diante do volume de material já escorregado, e dos indicativos de movimentação existentes, que levou a classificar a área como de risco geológico-geotécnico alto, sugere-se à remoção das famílias das edificações que se encontram na base do talude. |

Tabela anexo 1 (Continuação) – Algumas das principais áreas de risco da Sede do Município de Mariana

| ÁREA 7  |
|---|
| <b>Endereço:</b> Ruas Jorge Marques, Ônix, Diamante, esmeralda e adjacências, Bairro São Sebastião.   |
| <b>Caracterização do Local:</b> Planície aluvial do Ribeirão do Carmo.  |
| <b>Caracterização das Edificações:</b> Casas de alvenaria, muito precárias e em alguns casos insalubres.  |
| <b>Processos Geodinâmicos:</b> Inundação do Ribeirão do Carmo.  |
| <b>Considerações:</b> As moradias foram construídas dentro da planície aluvial do Ribeirão do Carmo, e por ocasião de cheias, toda a área é inundada, provocando perdas econômicas aos moradores. O risco é alto por se tratar de áreas imediatamente inundáveis.   |
| <b>Propostas:</b> Não há solução de engenharia economicamente viável para o local. A solução mais adequada seria a retirada das famílias mais próximas ao leito do rio, visto que o número de residências nesta área é grande, tornando elevados e inviáveis os custos de remanejamento. Intervenções paliativas e a implementação de um plano preventivo de defesa civil contribuiriam, face à necessidade de convivência com a situação de risco pelos moradores. |
| ÁREA 8  |
| <b>Endereço:</b> Trechos das ruas Manoel Leandro Correa e Bom Jesus, Bairro Barro Preto.  |
| <b>Caracterização do Local:</b> Área totalmente ocupada, plana, que liga os dois extremos do Município.   |
| <b>Caracterização das Edificações:</b> Casas de alvenaria com padrões variados.   |
| <b>Processos Geodinâmicos:</b> Alagamento das ruas e de casas localizadas nas partes mais baixas, devido ao subdimensionamento das galerias pluviais existentes.  |
| <b>Considerações:</b> São freqüentes os alagamentos trazendo prejuízos econômicos à população e ao poder público.   |
| <b>Propostas:</b> Propõe-se a realização de estudos hidrológicos que busquem a definição da obra hidráulica, corretiva mais eficiente e econômica para a área.  |

